

Univerzita Palackého v Olomouci
Přírodovědecká fakulta
Katedra ekologie a životního prostředí



Dekompozice ve výuce biologie na střední škole

Bc. Marek Zajíček

Diplomová práce

předložená

na Katedře ekologie a životního prostředí

Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci

jako součást požadavků

na získání titulu Mgr. ve studijním programu

Učitelství biologie a environmentální výchovy pro střední školy

Vedoucí práce: doc. RNDr. Mgr. Ivan Hadrián Tuf, Ph.D.

Olomouc 2025

Zajíček M. 2025. Dekompozice ve výuce biologie na střední škole [diplomová práce]. Olomouc: Katedra ekologie a životního prostředí PřF UP v Olomouci. 40 s. 6 příloh, česky.

Abstrakt

Dekompozice je jedním z klíčových procesů pro fungování ekosystémů. Umožňuje koloběh živin v přírodě a podílí se na vzniku půd. Na dekompozici je vázáno velké množství organismů. I přes velký význam se jedná o téma mezi žáky nepříliš populární. Podobnou pozici mají v rámci učiva biologie také bezobratlé organismy, které jsou na dekompozici navázané. Cílem této práce je navrhnout dlouhodobý pokus se zástupci půdní makrofauny zaměřený na dekompozici a pedogenezi. Žáci gymnázia absolvovali výuku, která začala teoretickou lekcí, následovalo založení mikrokosmů a sedm týdnů pozorování. V mikrokosmech žáci chovali oblanky sídelní (*Cylindroiulus caeruleocinctus*), stínky obecné (*Porcellio scaber*), zlatohlávky zlaté (*Cetonia aurata*) a žížaly hnojní (*Eisenia fetida*). Během pokusu žáci zaznamenávali, jakým způsobem aktivita zvířat proměňuje mikrokosmy. Tato data na konci vyhodnotili a vyvodili závěry. V rámci výzkumu byl hodnocen vliv těchto aktivit na vědomosti a postoje. Tyto výsledky byly porovnávány s kontrolními skupinami, které absolvovaly pouze teoretickou lekci. Badatelsky orientovaná výuka s živými modelovými organismy měla po dvou měsících vliv na zlepšení postojů k modelovým organismům, nebyl však prokázán signifikantní vliv na míru znalostí.

Klíčová slova: badatelsky orientovaná výuka, bioturbace, edafon, experiment, pedogeneze, postoje, vědomosti

Zajíček M. 2025. Education of decomposition at high school [master thesis]. Olomouc: Department of Ecology and Environmental Sciences, Faculty of Science, Palacký University Olomouc. 40 pp., 6 Appendice. Czech.

Abstract

Decomposition is one of the key processes for the functioning of ecosystems. It enables the cycling of nutrients in nature and contributes to soil formation. A large number of organisms contribute to and are reliant on decomposition. Despite its great importance, it remains a topic that is not particularly popular among students. Invertebrate organisms, which are closely linked to decomposition, hold a similarly marginal position within the field of biology education. The aim of this thesis is to design a long-term experiment with representatives of soil macrofauna, focused on decomposition and pedogenesis. Grammar school students participated in a learning sequence that began with a theoretical lesson, followed by the establishment of microcosms and seven weeks of observation. In the microcosms, students kept members of the species *Cylindroiulus caeruleocinctus*, *Porcellio scaber*, *Cetonia aurata*, and *Eisenia fetida*. During the experiment, students recorded the transformation of microcosms caused by the activities of these organisms. The data was analyzed at the conclusion of observation and the results were assessed. As part of the research, the impact of these activities on students' knowledge and attitudes was evaluated. The results were compared with control groups that only participated in the theoretical lesson. Inquiry-based education with living model organisms had an effect on improving attitudes towards model organisms after two months, but no significant effect on the level of knowledge was demonstrated.

Keywords: inquiry-based education, bioturbation, edaphon, experiment, pedogenesis, attitude, knowledge

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci *Dekompozice ve výuce biologie na střední škole* vypracoval samostatně pod dohledem vedoucího práce a uvedl všechny použité zdroje.

V Olomouci dne 2. května 2025

Marek Zajíček v. r.

Obsah

1. Úvod.....	1
1.1. Rámcový vzdělávací program	1
1.2. Badatelsky orientovaná výuka	1
1.3. Postup BOV	5
1.4. Zvířata ve výuce.....	7
1.5. Specifika využití živočichů v BOV	8
1.6. Půdní makrofauna a její význam v přírodě	9
2. Cíle výzkumu	11
3. Metodika.....	12
3.1. Příprava před zahájením pokusu	12
3.2. Účastníci výzkumu	12
3.3. Pre-test a post-test	12
3.4. Založení pokusu	12
3.5. Průběh pokusu	13
3.6. Ukončení pokusu	13
3.7. Vyhodnocení dat	14
4. Výsledky.....	15
4.1. Pokus	15
4.2. Výzkum.....	19
5. Diskuse.....	29
5.1. Dodržení postupu	29
5.2. Výsledky pokusných organismů	31
5.2. Vědomosti.....	33
5.3. Postoje.....	33
5.4. Hodnocení výuky	35
6. Závěr.....	37
Literatura.....	38
Seznam příloh	1

Seznam obrázků

Obr. 1. Hloubící aktivita stínek v průběhu pokusu.....	15
Obr. 2. Odkládání trusu stínkami v průběhu pokusu.....	16
Obr. 3. Hloubící aktivita oblanek v průběhu pokusu.....	16
Obr. 4. Odkládání trusu oblankami v průběhu pokusu.....	17
Obr. 5. Hloubící aktivita žížal v průběhu pokusu.....	17
Obr. 6. Odkládání trusu žížalami v průběhu pokusu	18
Obr. 7. Hloubící aktivita zlatohlávků v průběhu pokusu.....	19
Obr. 8. Odkládání trusu zlatohlávky v průběhu pokusu	19
Obr. 10. Změny sympatií žáků, kteří absolvovali úvodní hodinu podle jednotlivých druhů organismů	23
Obr. 11. Změny sympatií žáků, kteří neabsolvovali úvodní hodinu podle jednotlivých druhů organismů	23
Obr. 12. Změny sympatií žáků kontrolních skupin podle jednotlivých druhů organismů	24
Obr. 13. Změny postojů žáků, kteří absolvovali úvodní hodinu podle jednotlivých druhů organismů	25
Obr. 14. Změny postojů žáků, kteří neabsolvovali úvodní hodinu podle jednotlivých druhů organismů	25
Obr. 15. Změny postojů žáků kontrolních skupin podle jednotlivých druhů organismů	26
Obr. 16. Nejčastěji uvedená pozitiva pokusu	27
Obr. 17. Nejčastěji uvedená negativa pokusu	28

Seznam tabulek

Tab. 1. Počty respondentů jednotlivých skupin a podskupin	20
Tab. 2. Procentuální úspěšnost odpovědi na otázku 1. u jednotlivých skupin a podskupin.....	20
Tab. 3. Procentuální úspěšnost odpovědi na otázku 2. u jednotlivých skupin a podskupin.....	20
Tab. 4. Procentuální úspěšnost odpovědi na otázku 3. u jednotlivých skupin a podskupin.....	20
Tab. 5. Procentuální úspěšnost odpovědi na otázku 4. u jednotlivých skupin a podskupin.....	21
Tab. 6. Procentuální úspěšnost odpovědi na otázku 5. u jednotlivých skupin a podskupin.....	21
Tab. 7. Procentuální úspěšnost odpovědi na otázku 6. u jednotlivých skupin a podskupin.....	21
Tab. 8. Procentuální úspěšnost odpovědi na otázku 7. u jednotlivých skupin a podskupin.....	22
Tab. 9. Hodnocení přínosu pokusu podle jednotlivých skupin a podskupin.....	26

Poděkování

Tímto děkuji vedoucímu mé diplomové práce Ivanu Hadriánu Tufovi za přínosnou a hlavně příjemnou spolupráci a velkou trpělivost, kterou se mnou měl. Dále chci poděkovat Mgr. Marii Koutné a Mgr. Ondřeji Škrabalovi za možnost celý výzkum realizovat v jejich výuce na Mendelově gymnáziu v Opavě.

1. Úvod

1.1. Rámcový vzdělávací program

Klíčovým dokumentem pro vzdělávání v České republice je Rámcový vzdělávací program (RVP). Rámcové vzdělávací programy se vydávají pro různé typy škol, které podle nich vytvářejí své školní vzdělávací programy, dle kterých se na konkrétních školách vyučuje. RVP pro gymnázia tedy vymezuje závazný vzdělávací obsah, ale také klíčové kompetence a průřezová témata, která gymnázia skrze ŠVP realizují.

Biologie je spolu s dalšími vyučovacími předměty řazena do vzdělávací oblasti *Člověk a příroda*. Pro tuto vzdělávací oblast RVP konkrétně uvádí prostředky teoretické, ale také empirické. Výslovně jmenuje soustavné a objektivní pozorování, měření a experimenty (RVP G). Dokument dále mluví o potřebě s daty dále pracovat, analyzovat je a vzájemně komunikovat o výsledcích. Dále by žáci na základě obecných zákonitostí a znalosti specifických podmínek měli být schopni předvídat průběh studovaných procesů.

Klíčových kompetencí je v RVP pro gymnázia šest, pro tuto práci je zajímavá *kompetence k řešení problémů*. Pro její naplnění je žádoucí, aby žák rozpoznal problém, uměl ho analyzovat, vytvořit hypotézu, navrhnout postup a interpretovat výsledky (Jeřábek a kol. 2007). Jedná se o poměrně komplexní zadání, které nelze realizovat bez delšího nebo náročnějšího úkolu. Je však otázkou, jak samostatně musí žák postupovat při jednotlivých úkolech, aby si kompetenci osvojil. Její plné zvládnutí je během na delší trať a vyžaduje tedy více různých úkolů, což je v souladu s Bloomovou taxonomií, v rámci které žák postupně dosahuje větší kreativity a samostatnosti při řešení úkolů.

Průřezová témata se zabývají aktuálními problémy a tématy, která si ve vzdělávacím procesu zaslouží zvláštní pozornost. Primárně mají za úkol zapůsobit na postoje žáků a škola je povinná je začlenit do výuky, v rámci vyučovacích předmětů, nebo i mimo ně formou zvláštního předmětu, besedy, nebo exkurze (Jeřábek a kol. 2007). Jednotlivá průřezová témata se člení na tematické okruhy. Pro gymnázia je vymezeno pět průřezových témat. Z hlediska této práce je důležité téma environmentální výchova. Toto průřezové téma mimo jiné cílí na poznání složitosti přírodních systémů, jejich jednotlivých složek a vazeb mezi nimi. Z tematických okruhů tohoto tématu jsou důležité okruhy *Problematika vztahů organismů a prostředí* a *Člověk a životní prostředí*. První tematický okruh mimo jiné cílí na interakce prostředí organismů a biotických i abiotických činitelů (Jeřábek a kol. 2007). Toto zadání přímo vybízí k realizaci experimentu s živými organismy ve výuce. Druhý okruh se zabývá způsoby hospodářského využití půdy a z toho plynoucími dopady lidské činnosti na životní prostředí.

Aktuální systém vzdělávání tedy skrze základní dokumenty směřuje vzdělávání od pouhého memorování látky k formování samostatně myslícího člověka, který je schopen popasovat se s otázkami a problémy, a to nejen s pomocí vědomostí, ale také dovedností získaných v průběhu vzdělávání. Toho však nelze dosáhnout pouze klasickými vyučovacími metodami.

1.2. Badatelsky orientovaná výuka

V předchozí kapitole byly nastíněny cíle, kterých má gymnaziální vzdělání dosáhnout. Některé z těchto cílů se velmi obtížně naplňují klasickými metodami výuky. Zvláště vytvoření postojů a hodnot u žáků vyžaduje jejich větší zapojení. Praktické dovednosti se

rovněž těžko získávají z teorie. Z této skutečnosti už během 60. let minulého století vznikl koncept *Inquiry Based Education* (IBE). Tento pojem byl do češtiny poněkud volně přeložen jako *badatelsky orientovaná výuka* se zkratkou BOV (Papáček 2010a).

Problémem teoretické koncepce BOV je jistá nejednotnost v pojmech, kdy různí autoři používají pro stejné fáze BOV různé názvy (Dostál 2015, Pedaste a kol. 2015). Společně s dělením na různý počet kroků následně vzniká dojem, že se jedná o jiné metody, avšak opak je pravdou. Dalším úskalím při vymezení konceptu BOV je rovněž množství podobných metod, jako je *objevné učení*, *projektové učení*, *učení založené na hrách* a *učení založené na problémech* (Pedaste a kol 2015).

Principem BOV je, že žáci používají postupy běžné ve vědecké praxi a skrze ně získávají nové informace. Získávají nové znalosti a dovednosti (Pedaste a kol. 2015). Vědecká praxe a BOV se však liší ve svých cílech. Jak uvádí Dostál (2015), vědecké bádání zkoumá nové oblasti a snaží se objevovat nové poznatky, zatímco BOV se zabývá již známými obory a v zájmu edukace se snaží výzkum ve zjednodušené formě zopakovat, nebo alespoň potvrdit informace, které jsou žákům na začátku sděleny. Cíl je tedy prakticky předem daný. Z dotazníkového šetření mezi učiteli používajícími BOV vyplývá, že právě vnesení vědeckých postupů oceňují nejvíce, protože přináší velký posun v dovednostech žáků, zejména v hledání a objevování (Radvanová a kol. 2018).

BOV není jednotným a neměnným postupem, ale dle obtížnosti a struktury se dělí na několik typů. Pedaste a kol. (2015) mluví o dvou možných způsobech realizace BOV. První spočívá v zadání postupu práce a očekávaných výsledků žákům, kteří je následně pouze ověřují. Naopak druhý způsob stojí na pouhém nastínění problematiky, kterou žáci sami zkoumají a navrhuji vlastní řešení. Učitel je jim pouze konzultantem.

Průvodce pro učitele badatelsky orientovaným vyučováním uvádí hned čtyři úrovně BOV podle míry aktivity žáka a učitele. Při otevřeném bádání přicházejí žáci sami s problémem a vytvářejí vlastní postup, podle kterého postupují. Získaná data následně samostatně vyhodnocují. Při nasměrovaném bádání přichází s výzkumnou otázkou učitel, vlastní postup je však opět dílem žáků. Při strukturovaném bádání již převažuje organizační vliv učitele, který spolu s problémem přináší i konkrétní postup. Závěrečná část je už v režii žáků, kteří na základě výsledků formulují závěry. Posledním typem BOV je potvrzující bádání, kdy už na začátku učitel přichází s výsledky, které žáci opakováním pokusu pouze ověří (Votápková a kol. 2013), tento postup je preferovaný hlavně v hodinách chemie, kde je žádoucí zopakovat ověřený bezpečný postup. Prakticky totožné schéma členění BOV nabízejí Banchi a Bell (2008).

Z toho vyplývá, že při jednodušších formách BOV žáci získávají dovednosti a postupy, avšak neřeší problém, protože od začátku znají výsledky. Primárně tedy nejde o řešení problému, ale o proces bádání se všemi jeho náležitostmi, po jehož zvládnutí jsou žáci v rámci otevřeného bádání schopni problém vyřešit (Dostál 2015). Vlastní postup a skrze něj získané dovednosti a vědomosti jsou však důležitější než výsledek konkrétního bádání.

V souvislosti se současným přírodovědným vzděláváním se také objevuje pojem *kompozitní model učení*. Podle tohoto modelu by žák měl získat především znalost základních pojmů a zákonitostí, což mu v budoucnu umožní orientaci v reálném světě (Maršák a Janoušková 2018).

Stejně jako cokoli jiného i vyučování založené na bádání má své výhody a nevýhody. Mezi nesporné přínosy patří vnesení vědeckého prvku do výuky, a to skrze postupy a s nimi spojené pojmy (Stuchlíková 2010). Touto cestou může být žák aktivně zapojen do výuky a přestává být strojem na zapisování a memorování učiva. Díky tomu může k předmětu získat

lepší vztah. Ukazuje se, že právě míra sympatie k oboru je klíčovým aspektem pro výběr dalšího studia. Sympatie, či antipatie z velké části vznikají během školní docházky. Pokud je vyučovací předmět žáky vnímán jako nudný, nebo obtížný, další zájem o něj je přirozeně nízký. Tento negativní trend se objevuje především u technických a přírodovědných oborů. Používání metod BOV může vést k popularizaci těchto předmětů, a tím k většímu zájmu o jejich další studium (Brzezina 2010).

Při obecnějším pohledu můžeme říct, že aplikace BOV otvírá žákům cestu k nahlédnutí do vědecké práce a buduje v nich, a tedy i ve společnosti, větší schopnost kriticky myslet. Díky osobní zkušenosti s metodami vědecké práce navíc mohou získat větší důvěru k vědeckým poznatkům (Pedaste a kol. 2015), čímž je rozvíjena také mediální gramotnost a snižuje se riziko zmanipulování žáků.

Dalším přínosem BOV je podpora pro rozvoj hledání nových informací ať už v literatuře, či na internetu (Stuchlíková 2010; Dostál 2015). BOV tudíž není pouze o rozvoji praktických dovedností, ale také o čistě kognitivních postupech, jako je syntéza, analýza, dedukce, indukce, či porovnávání. Žáci musí plánovat svou práci a následně stojí před výzvou, jak své poznatky interpretovat. Během této části bádání žáci narážejí na různé nedostatky ve svých vědomostech, což je může podnítit k dalšímu seberozvoji (Stuchlíková 2010).

BOV má také socializační efekt, jelikož se výuka většinou realizuje ve skupinách (Votápková a kol. 2013). To je v rámci běžné výuky poměrně neobvyklý prvek. Během frontální výuky žáci fungují samostatně a spíše jako pasivní účastníci výuky, naopak při společné práci musí kooperovat a komunikovat se spolužáky. Takovýto styl vyučování navíc zapojuje i žáky, kteří jsou obvykle pouze pasivní. V rámci týmu si žáci musí práci aktivně rozdělit a v dalších stádiích výuky musí najít argumenty, kterými obhájí svůj názor, a to jak během plánování pokusu, tak i při vyhodnocování dat. S komunikací je spojena také prezentace výsledků (Pedaste a kol. 2015).

Naopak nedostatkem BOV je podle učitelů hodnocení práce žáků a zvládnutí učiva (Radvanová a kol. 2018). Velkou pomocí může být sebehodnocení žáků. Problémem však je jeho zařazení do průběhu experimentu. Hodnocení pouze v závěrečné fázi experimentu nestačí, aby sebehodnocení probíhalo v průběhu celé práce. Tento postup také dodává zpětnou vazbu učiteli, zda žáci chápou jeho instrukce (Pedaste a kol. 2015). Banchi a Bell (2008) navrhuje, aby si žáci vedli deník, který si vyučující může vždy po lekci vybrat, a tak zjistit, jak žáci pracují. Do deníku může napsat zpětnou vazbu, podle které budou žáci pracovat dál.

Pokud chceme ověřit dopad BOV na žáky, ať už v rovině vědomostí, či postojů, je vhodné mít experimentální a kontrolní skupinu. Experimentální skupina pracuje dle zásad BOV, zatímco kontrolní má klasickou výuku na stejné téma. Obě skupiny jsou dvakrát testovány. Pre-test probíhá před vlastní výukou, post-test až na konci, následně se porovnávají data pre-testu a post-testu a výsledky skupin mezi sebou (Prokop a Fančovičová 2017, Korbélyi 2018). Kamisah a Kaur (2014) doporučují použít v testu pro větší přesnost výsledků otevřené i uzavřené otázky.

Naopak nedostatkem je podle dotazníkového šetření mezi učiteli výběr úloh, které by odpovídaly učivu (Radvanová a kol. 2018). Téma, které učitel pro BOV vybere, by mělo mít širší přesah do reálného života. V rámci bádání by měl žák budovat široce využitelné kompetence, které jsou součástí komplexního vzdělávání (Dostál 2015). Obecně můžeme říci, že netradiční metody výuky, tedy i BOV, by neměly být pouze formálním, či módním doplňkem vzdělávání, ale měly by se užívat efektivně a s ohledem na možnosti žáků (Maršák

a Janoušková 2018). Není cílem zpracovat jakékoli učivo pro BOV, naopak je třeba téma dobře vybírat, aby byl přínos trvalý.

Dobrým zdrojem úloh mohou být materiály Biologické olympiády. Tato dnes již poměrně známá soutěž se koná každý rok a má čtyři kategorie. Všechny tyto kategorie mají minimálně školní, okresní a krajská kola, pro která jsou vytvářeny laboratorní úkoly. Učitelé tedy mají k dispozici poměrně obsáhlý zdroj úkolů z různých oblastí biologie v několika úrovních obtížnosti (na jaře roku 2025 brožurky z 33 ročníků středoškolských kategorií: <https://natur.cuni.cz/biologie/pravidelne-akce/biologicka-olympiada/archiv-pripravnych-textu>). V nižších kategoriích soutěže (C, D) navíc žáci do okresních kol vypracovávají úkoly, které mají dlouhodobější charakter (Petr 2010).

Podle dotazníkového šetření učitelé BOV nejčastěji zařazují do laboratorních cvičení (Radvanová a kol. 2018). To celkem logicky vyplývá z nižšího tlaku na posun v učivu v těchto hodinách a také z možností učeben. Laboratoře bývají pro pokusy vhodnější než kmenové třídy. Tyto učebny jsou lépe vybavené a také nejsou o přestávkách dostupné žákům, kteří by do pokusů mohli zasahovat. Další výhodou je obvyklý nižší počet žáků v laboratoři.

Jak bylo výše naznačeno, žáci musejí zvládat velké objemy učiva, a proto je vyučování výrazně ovlivněno časem. Dlouhodobější charakter samostatného úkolu však znamená i vyšší časovou náročnost (Stuchlíková 2010). Způsobem, jak lze ušetřit čas, je místo otevřeného bádání zvolit jinou formu, kdy žáci dostanou informace, nebo část postupu. Na druhou stranu tím však klesá i přínos takové výuky. Dále je možné jednotlivé kroky bádání rozložit do více hodin, či předmětů (Dostál 2015). Badatelské aktivity nemusí být součástí každé hodiny, i když jsou nezbytným prvkem BOV.

Zde narážíme na provázanost přírodních věd. Biologie je poměrně úzce svázána s chemií, matematikou, či informatikou, zvláště pokud se pustíme do výzkumné činnosti (Papáček 2010a). Právě tuto nutnou návaznost je možné žákům při pokusu a jeho následném zpracování představit a budovat mezipředmětové vazby. Pokud navíc jeden učitel vyučuje ve třídě dva předměty, je zde možnost si celé bádání rozložit do více hodin.

Problémy s BOV mohou být vázané na studenty. Výuku může komplikovat motivace a úroveň vstupních dovedností (Stuchlíková 2010). Je pravdou, že BOV přináší do vyučování nové prvky, zároveň však od žáků vyžaduje větší množství práce než klasická frontální výuka. Co se týče vstupních dovedností, ty se nikdy nezlepší, dokud se učitel neodhodlá s žáky začít bádát. Na druhou stranu si nemůžeme myslet, že jakkoli staří žáci budou bádání okamžitě plně zvládat (Banchi a Bell 2008).

Kromě výzev pro žáky je však BOV výzvou hlavně pro učitele. Zavádění nových metod výuky je náročné na jejich pregraduální i postgraduální vzdělání a také na přípravu a čas (Maršák a Janoušková 2018). Vysoké nároky na učitele dokládají také závěry Radvanové a kol. (2018), podle nichž je BOV častěji využíváno učiteli, kteří již mají více let praxe, a dokáží lépe pracovat s motivací žáků, organizací práce a mají menší problém s výběrem vhodného tématu a jeho zapojením do učiva.

Obecně tedy můžeme říci, že BOV nepřináší velká kvanta informací, které by plně vystihly danou oblast biologie. To však není cílem současného přírodovědného vzdělávání, naopak jde více o rozvoj myšlení žáka. Ten se stává spoluzodpovědným za získání nových znalostí (Pedaste a kol. 2015). Takový postup je v souladu s kurikulárními dokumenty (Maršák a Janoušková 2018). Ty reflektují reálný vývoj biologie jako vědy a vznik celých nových biologických disciplín. Je tedy nemožné poskytnout aktuální podrobný přehled biologie jako celku (Papáček 2010a). Místo velkého množství informací se však praktickými aktivitami buduje lepší vztah k přírodovědným oborům a k vědě obecně (Fančovičová a

Prokop 2017). BOV tedy není o získání informací ale o aktivizaci žáka a osvojení určitého stylu myšlení. Čím starší žák je, tím by mělo ubývat empirických metod a přibývat obecně teoretických, s cílem rozvinout myšlení a kreativitu (Dostál 2015). Také je třeba zmínit, že bádání není univerzální výukovou metodou pro každé učivo. Vždy také musíme brát ohled na individuální potřeby žáků.

Bez ohledu na všechny výhody a nevýhody BOV podle výsledků Radvanovské a kol. (2018) žáci, kteří se ve škole setkali s touto metodou, ji upřednostňují před klasickou výukou. Toto platí i pro učitele s praktickou zkušeností, kteří by BOV rádi používali častěji.

1.3. Postup BOV

Pedaste a kol. (2015) ve své analýze literatury zabývající se BOV, zmiňují těchto pět částí: orientace, konceptualizace, zkoumání, závěr a diskuse. S touto informací je však spojeno konstatování, že některé fáze se mohou dále členit. Je tedy zřejmé, že členění takto složitého procesu do jednotlivých kroků není snadné. Votápková a kol. (2013) ve svém manuálu pro učitele nabízí členění do čtyř jednoduchých kroků. V prvním kroku se žáci teoreticky seznámí s danou problematikou. Následuje tvorba hypotézy a její ověření pokusem. Čtvrtý krok se věnuje porovnání hypotézy a získaných poznatků a formulaci závěrů. V podstatě se tedy jedná o stejný postup, Pedaste a kol. (2015) však rozděluje poslední fázi do dvou. Nicméně radí nejprve závěr a až za něj diskusi, což je na první pohled poněkud nezvyklé, avšak v tomto případě závěr znamená ukončení experimentu a diskuse se následně dělí na reflexi a komunikaci. Postup získání vlastních dat, jejich srovnání s literaturou a následné projednání třídou je tedy zachován. Prakticky to samé opakuje Papáček (2010a). Podle něj proces začíná popisem problému, experimentováním a přemýšlením nad výsledky experimentu, které vede k formulaci závěrů. Dodává, že důležité je také hledání informací a diskuse.

Na začátku bádání se žáci musí seznámit s problematikou a získat o téma zájem. Čím větší zkušenost žáci s bádáním mají, tím je jednodušší je namotivovat a navést správným směrem při hledání nových postupů (Pedaste a kol. 2015). Žáci do vyučování nepřicházejí jako nepopsané listy. Proto je třeba jim dát v rámci úvodu do tématu možnost sdílet jejich aktuální poznatky a dojmy. Je možné, že žáci budou s tématem velmi dobře teoreticky obeznámeni a nebude tedy třeba věnovat tolik času teoretické přípravě. Dále se může stát, že žáci budou mít zkreslené, nebo přímo mylné představy, kterým naopak učitel bude muset věnovat zvýšenou pozornost. Z těchto důvodů by vyučující neměl opomínat průzkum vstupních vědomostí žáků (Maršák a Janoušková 2018). Hung a kol. (2010) navrhuje bádání zahájit přednáškou. Tito autoři se zabývali mangrovy a předtím, než žáky pustili do terénu, museli absolvovat 40 minut dlouhou přednášku.

Již v předchozí kapitole bylo mezi klady BOV zmíněno, že se většinou odehrává ve skupinách. V literatuře se setkáváme se skupinkami od tří do pěti žáků (Prokop a Fančovičová 2017, Korbélyi 2018, Kamisah a Kaur 2014). Velkou otázkou však je, jak skupiny sestavit. Je možné nechat výběr na žácích, skupiny vylosovat, nebo může učitel žáky sám rozřadit. V případě výběru žáků, či náhodného výběru hrozí, že skupiny budou různě výkonné. Při volbě učitelem s cílem sestavit stejně výkonné skupiny hrozí, že žáci spolu budou ve skupinách hůře vycházet. To však hrozí i při náhodném výběru.

Výjimečná shoda panuje v literatuře ohledně nutnosti vytvořit hypotézu. Jak konstatují Pedaste a kol. (2015), prakticky v každé studii zabývající se BOV se můžeme setkat s pojmy jako *počáteční otázka*, *vědecká otázka*, *hypotéza*, či *predikce*. Tyto pojmy nacházíme také u Fančovičové a Prokopa (2017). Všechny tyto pojmy však vedou k nutnosti

zamyslet se a vytvořit si konkrétní představu, která bude následně porovnána s výsledky výzkumu a tedy potvrzena, nebo vyvrácena.

Tvorba hypotézy je pro žáky velmi složitým úkolem. Obvykle začíná zodpovězením předem připravených otázek. Odpovědi na tyto otázky žáci získali v předchozím teoretickém vyučování. Na základě těchto odpovědí pak žáci mohou hlouběji přemýšlet o problematice a vytvářet vlastní teorii, konkrétně predikci toho, jak se pokus bude vyvíjet (Pedaste a kol. 2015). Žákům, zvláště těm, kteří s bádáním teprve začínají, se stanovení hypotézy často nedaří. Je třeba pamatovat na to, že i nepřesná hypotéza je lepší než žádná. Cílem je procvičení si formulaci svých domněnek. Žák si buduje odvalu nacházet odpovědi, experimentovat se svými znalostmi, myslet tvořivě (Votápková a kol. 2013).

Tuto svou hypotézu však žák musí ověřit následujícím pokusem (Fančovičová a Prokop 2017, Pedaste a kol. 2015). Pokus mohou plánovat sami žáci, učitel se na tvorbu může spolupodílet, nebo v případě tzv. strukturovaného bádání přichází s hotovým zadáním, jak bylo zmíněno výše (Votápková a kol. 2013). Pokus je systematickou prací, která má za úkol najít vztah mezi pozorovanými prvky (Pedaste a kol. 2015).

Pro plynulost práce je dobré žákům poskytnout nějaký materiál jako oporu. Jednou z možností je pracovní list, který žákům umožňuje soustředit se na podstatné části problematiky a šetří tak čas i kapacity žáků. Pracovní list obsahuje výše zmíněné otázky a prostor pro zapsání hypotézy. Dále může zahrnovat, pokud se nejedná o otevřené bádání, písemné instrukce, podle kterých žáci pokus povedou. Hung a kol. (2010) pracovali s elektronickým pracovním listem. Ten je kromě výše zmíněného spojen s možností snadno sdílet informace s ostatními skupinami a dohledávat informace v online knihovně. Mimo to sloužil pro zapisování a zakreslování. Zároveň by vyučující měl celý postup s žáky projít, aby se výuka dále nezdržovala a udržela se jednotná metodika (Prokop a Fančovičová 2017). Je tedy nezbytné, aby měl pokus od začátku pevně danou a neměnnou strukturu, která zabrání zkreslení výsledných dat. Pokud je součástí bádání práce se zvířaty, je třeba věnovat zvýšenou pozornost instrukcím o citlivé manipulaci s nimi.

V průběhu celé BOV je dobré s žáky komunikovat. Žákům komunikace s učitelem slouží pro ujištění se o správnosti postupu, vyučujícímu může posloužit jako zpětná vazba, jak se žákům pokus daří. Vyučující navíc může korigovat případné chyby. Opakuje se, co je vlastně cílem celé práce, a je to také způsob, jak začlenit do procesu učitele (Pedaste a kol. 2015). Jedním ze způsobů, jak může učitel s žáky komunikovat, je dříve zmíněný badatelský deník (Banchi a Bell 2008). Tento deník vedou žáci, zapisují do něj své myšlenky, postupy a otázky, takže se k nim následně mohou vracet. Tyto deníky si vyučující může vybrat a žákům napsat zpětnou vazbu, rady, či návodné otázky. Zároveň tím získává přehled o dění a neubírá žákům čas na bádání v hodině.

Důležitou součástí pokusu je zaznamenávání výsledků. Získaná data slouží nejen pro vyhodnocení na konci pokusu, ale také pro případné opakování s dalšími skupinami (Fančovičová a Prokop 2017, Votápková a kol. 2013). Data lze zaznamenávat na papír, nebo elektronickou formou. Pokud žáci pracují s pracovními listy, je vhodné, aby do nich byly výsledky rovnou zaznamenávány, to stejné platí pro badatelské deníky (Banchi a Bell 2008, Fančovičová a Prokop 2017).

Na konci každého bádání žáci zpracovávají data, ověřují hypotézu a tvoří závěry. Pro větší přehlednost a názornost je vhodné data zpracovat do grafů, nebo alespoň do tabulek. Tuto část bádání usnadňuje technika, díky které mohou žáci pracovat s velkým množstvím dat (Votápková a kol. 2013). Při analýze dat můžeme objevit chyby v postupu pokusu, které nás opět vrátí na začátek k novému plánování pokusu, již bez chyb, nebo zaměřenému trochu

jiným směrem. Pokus může být naopak tak úspěšný, že žák přijde s novými hypotézami, které chce ověřit. Tímto způsobem se bádání může cyklit (Pedaste a kol. 2015). S reflexí, jako faktorem posouvajícím další možnosti bádání, pracují také Kamisah a Kaur (2014).

Své závěry žáci dále komunikují ve skupinách. V diskusi srovnávají své názory a snaží se dobrat společného objektivního závěru. Následně tyto závěry sdělují svým spolužákům ve třídě (Pedaste a kol. 2015). Fančovičová a Prokop (2017) kladou důraz na ověření vlastní predikce jednotlivými žáky u jejich vlastních úkolů. Nakonec pak všichni žáci společně vyhodnotí úkoly a zaznamenají závěry. Každý žák má tedy svou část zodpovědnosti, ale ve finále pracují všichni společně a vzájemně si sdílejí poznatky.

Diskuse teoreticky nemusí být nezbytná, získaná data mohou být sama o sobě dost výmluvná, pro proces učení je však právě diskuse velmi důležitá. Proto můžeme o diskusi mluvit jako o vrcholu bádání (Pedaste a kol. 2015). Diskuse navíc rozvíjí i osobnost žáka, který musí formulovat svůj názor a srozumitelně jej tlumočit svým spolužákům a zodpovídat dotazy spolužáků.

Celé bádání může být uzavřeno prezentací výsledků. Žáci mohou vytvořit poster, nebo prezentaci. Příprava těchto výstupů se může odehrávat přímo v hodině bezprostředně před vlastním vystoupením, nebo ji žáci realizují mimo vyučování. Příprava výstupů dopředu sice šetří čas, na druhou stranu však hrozí, že se především žáci, kteří neumí mluvit před kolektivem, prezentaci naučí z paměti a bezmyšlenkovitě (Pedaste a kol. 2015, Votápková a kol. 2013).

Během BOV tedy učitel i žák stojí před velkým množstvím výzev, které jsou zároveň příležitostmi. Učitel musí vybrat vhodný stupeň bádání a téma. Dále potřebuje pokus a pomůcky. Tyto úkony jsou poměrně náročné na čas a práci. Při vlastní práci ve třídě učitel pracuje úplně jiným způsobem než obvykle a k novému způsobu práce musí dovést také žáky. Naopak žáci musí více přemýšlet, aktivně pracovat a komunikovat se spolužáky. V případě učitele i žáků samozřejmě záleží na předchozích zkušenostech s bádáním.

1.4. Zvířata ve výuce

„Učit bez přírody o přírodě nelze“ (Papáček 2010b), v běžné výuce se však žáci se zvířaty často nesetkají. Prakticky každá škola má několik vycpanin a modelů, s postupem techniky však hlavní roli přebírají promítaná videa a obrázky. Použití živých zvířat ale nelze tak snadno nahradit. Zvířata ve výuce pomáhají budovat lepší vztah k přírodě. Zvyšují také motivaci žáků a jejich zájem o učení (Korbélyi 2018).

S jejich použitím se však pojí řada praktických problémů. Ne všechna zvířata jsou pro žáky bezpečná, jiná jsou příliš nákladná, či chráněná. Dalším problémem je nutnost starat se o zvíře mimo výuku. Některé školy mají své zookoutky, většina však ne. Další možností je odchyt zvířat z přírody, zde však narážíme na problematiku jejich odchytu. Jednu ze skupin volně žijících zvířat, která se dají ve výuce využít, představují suchozemští stejnonožci (Fančovičová a Prokop 2017, Hawkey 2001, Korbélyi 2018, Králová 2023, Tuf 2013, Zajíček 2023). Jedná se o zástupce půdní makrofauny, kteří jsou běžní, dají se snadno odchytit a následně opětovně vypustit do přírody (Randler a kol. 2012). Při laboratorních pokusech se rovněž osvědčili další zástupci půdní makrofauny: žížaly, oblanky a ponravy zlatohlávků (Zajíček 2023), či střevlící a plži (Tuf 2013). Podle Hawkeyho (2001) je velkou přidanou hodnotou použití většího množství lokálně se vyskytujících druhů. Tím žákům ukážeme, jaká biodiverzita se nachází přímo za rohem, a z abstraktního globálního pojmu vázaného na např. tropické deštné lesy se stane něco konkrétního a blízkého.

Z pedagogického hlediska jsou tato zvířata zajímavá také kvůli emocím, které vzbuzují. Zatím co žáci velmi kladně hodnotí savce a ptáky, bezobratlí jsou nejméně oblíbenou skupinou, někdy dokonce považovanou za nebezpečnou člověku (Almeida a kol. 2014). U žáků většinou probouzejí spíše negativní emoce, pokud s nimi však pracují, dochází často k přehodnocení těchto postojů (Fančovičová a Prokop 2017). Při práci je ale třeba pamatovat, že není dobré žáky nutit do fyzického kontaktu se zvířaty, která jim přijdou odpuzivá. Naopak je lepší používat spíše pozorování, protože i pozorování živých zvířat vede ke zlepšení vztahu k nim (Randler a kol. 2012). Výzkum Prokopa a Fančovičové (2017) se zaměřoval na ochotu žáků chránit zvířata. Pokud žáci konkrétní druh považovali za nesympatický, jejich ochota jej chránit byla mnohem nižší. Pozorování může přinést lepší výsledky než vynucený kontakt, kterým můžeme odpor ještě více prohloubit (Korbélyi 2018). Ukazuje se, že velmi záleží na věku žáků. Starší žáci lépe vnímají role zvířat v přírodě, a dokáží tedy své postoje racionálněji objasnit. Mladší žáci hodnotí zvířata spíše podle emocí, na druhou stranu však dokáží projevit větší soucit (Almeida a kol. 2014).

Jak bylo naznačeno výše, práce s živými zvířaty však neposouvá pouze postoje žáků, má pozitivní vliv i na vědomosti. Randler a kol. (2010) pracovali se dvěma skupinami žáků. Obě skupiny absolvovaly stejný teoretický úvod. Jedna měla k dispozici obrázky a modely obojživelníků, zatímco druhá skupina se zapojila do venkovních aktivit s živými zvířaty. Obě skupiny byly hodnoceny písemným testem, při čemž větší zlepšení bylo zaznamenáno u skupiny, která pracovala s živými zvířaty.

Další zajímavou stránkou je možnost demonstrovat žákům roli těchto organismů v přírodě, a to u suchozemských stejnonožců zejména v rámci pedogeneze, na které se podílejí skrze dekompozici a bioturbaci (Fančovičová a Prokop 2017, Korbélyi 2018, Tuf 2013, Zajíček 2023). Žáci tedy ve výuce získají povědomí o významu zvířete v jeho biotopu. Důležité je také pochopit vazby mezi daným zvířetem a ostatními organismy (Fančovičová a Prokop 2017). Cílem práce se zvířaty tedy není naučit se maximum informací, ale spíše získat přehled a schopnost o problematice šířeji přemýšlet.

1.5. Specifika využití živočichů v BOV

Přínos zvířat ve výuce je nesporný. Již v předchozí kapitole byly zmíněny konkrétní druhy půdní fauny vhodné do výuky. Pro zahájení pokusu je nutné zvířata nalovit. Nejvíce zmiňovaní suchozemští stejnonožci se dají běžně najít pod kameny, pod dřevem, nebo v hrabance (Korbélyi 2018), velmi vhodným místem pro lov jsou kompostéry, kde se nacházejí i další výše zmíněné druhy (Zajíček 2023).

Vlastní lekce začíná diskusí se žáky o jejich vstupních znalostech a teoretickým výkladem, který je uvede do problematiky. Žáci primárně poslouchají, případně odpovídají na otázky a sami se ptají (Randler a kol. 2012). Informace prezentované učitelem by měly obsahovat základní charakteristiku života zvířat, podmínky nezbytné pro jejich život a také informace o jejich užitečnosti a smyslu v přírodě (Fančovičová a Prokop 2017). Kromě předávání informací je třeba se soustředit také na vyvracení mylných představ a pověr a tím měnit i prekoncepty, které se mezi laiky často udržují (Almeida a kol. 2014). Neopomenutelnou částí teoretického úvodu jsou instrukce, jak se ke zvířatům chovat, a to i v případě, pokud se jedná o otevřené bádání, které je jinak čistě na žácích (Randler a kol. 2012).

Po tomto úvodu přichází vlastní pokus. Pokusy mají různou obtížnost. Mezi jednodušší pokusy patří například pozorování, zda stejnonožci preferují vlhké, nebo suché prostředí, či zda dávají přednost světlu, nebo tmě (Fančovičová a Prokop 2017, Korbélyi

2018, Randler a kol. 2012). Zajímavé a poměrně pestré úkoly nabízí ve svých praktikách z půdní zoologie Tuf (2013). Z pohledu této práce je zvláště podnětný dlouhodobý pokus *Vliv vybraných skupin edafonu na půdu*. Tento pokus pracuje s žížalami, mnohonožkami a stejnonožci. Do větších sklenic žáci nasypou přisetou zeminu, kterou zhutní a následně ji osadí zvířaty a porovnávají, jak jednotlivé druhy půdy kypří. Mimo to je kladen důraz na spotřebu opadu.

Zvířata v době před pokusem i během dlouhodobého pokusu krmíme opadem běžných stromů, jako je lípa, olše, líska, či javor. Jako substrát lze použít zeminu (Korbélyi 2018, Tuf 2013), nebo písek (Królová 2023, Zajíček 2023). Největším problémem při déletrvajících pokusech je vlhčení. Půdní makrofauna je z podstaty zvyklá na půdní prostředí s poměrně stálou, nebo spíše pomalu kolísající vlhkostí. Navíc v přírodě se zvířata mohou volně přesouvat, pokud je prostředí příliš suché, nebo naopak mokré. Při laboratorních pokusech se však volnému pohybu živočichů spíše snažíme zabránit a omezit jej na experimentální boxy. Problém je tím větší, čím menší je nádoba, v níž jsou zvířata chována. Menší nádoby rychleji vysychají, a naopak jsou náchylnější na přemokření. Rosení je tedy klíčovou součástí péče o zvířata (Korbélyi 2018, Królová 2023, Tuf 2013, Zajíček 2023). Další náležitosti pokusů se zvířaty, jako je organizace práce žáků, či zaznamenávání a zpracování výsledků, se nijak neliší od obecných pravidel, která byla uvedena v předchozí kapitole.

1.6. Půdní makrofauna a její význam v přírodě

Všechny organismy interagují se svým prostředím a s ostatními organismy. Některé druhy však mají zvláště velký dopad na své prostředí. Svými aktivitami proměňují své okolí a vytvářejí tak životní podmínky pro jiné organismy. S takovými zvířaty se pojí pojem ekosystémový inženýr. Mimo slonů, bobrů, kteří mění vegetaci, či šplhavců, kteří vytvářejí úkryty pro mnoho jiných ptáků i dalších organismů, jsou tímto pojmem označováni také zástupci půdní makrofauny (Bottinelli a kol. 2015, Brussaard 1997, David 2014). Zástupci půdní makrofauny svým způsobem života proměňují půdu, která je v terestrických ekosystémech klíčová pro růst rostlin jako hlavních primárních producentů. Mimo to samotná půda poskytuje životní prostor poměrně velkému počtu organismů. Tato část přírody však není nijak dobře prozkoumána. Jak konstatuje Tuf (2013), příčinou může být nesnadné zkoumání půdního prostředí.

Z taxonomického hlediska představuje půdní makrofauna o poměrně nesourodou skupinu. Gongalsky (2021) zmiňuje mnohonožky, stonožky, žížaly, plže, suchozemské stejnonožce a zástupce různých čeledí hmyzu. Živočich nemusí v půdě trávit celý život, v některých případech žije v půdě jen v určité jeho fázi, což je častý jev zejména u hmyzu. To je způsobeno jeho složitým ontogenetickým vývojem, kdy juvenilní a adolescentní stádia jednoho druhu často obývají různá prostředí. Směrodatným kritériem je tedy velikost zvířete. Jako půdní makrofaunu můžeme označovat živočichy, kteří žijí v půdě a šířka jejich těla se pohybuje mezi 2 mm a 20 mm. Nerozhoduje přitom délka těla, ale spíše šířka, protože od té se odvíjí průměr chodbiček, které zvíře vyhloubí či alespoň využívá (Schlaghamerský a kol. 2020).

Přínos makrofauny je poměrně pestrý. Podílí se například na fragmentaci opadu a jeho transportu. Fragmentovaný opad je lépe zpracovatelný dalšími organismy (Frouz 2008). Nezanedbatelnou část opadu zvířata zkonzumují a v podobě trusu jej přesouvají dále. Transport trusu je patrně nejvýznamnějším biogenním faktorem, kterým se mrtvá organická hmota transportuje (Irmeler 2000).

Důležitá je také schopnost promísení opadu s jinými materiály a jeho transport do větších hloubek. Jak bylo výše popsáno, setkáváme se se dvěma způsoby transportu. První možností je přesun materiálu při hloubení chodbiček a pohybu v nich, druhou je transport uvnitř těla zvířete. Právě na rozklad mrtvé organické hmoty a její promísení s minerální složkou má půdní makrofauna klíčový vliv (Tuf 2013).

Při detailnějším pohledu je zjevné, že půda neobsahuje pouze organické složky, ale také anorganické. Anorganickou složku tvoří minerální substrát, voda a vzduch. I tuto složku makrofauna významně ovlivňuje. Při hloubení chodbiček přesouvá i anorganické části půdy. Tento proces se označuje pojmem bioturbace (Muller-Lemans a Dorp 1996) a při jistém zjednodušení jej lze vysvětlit jako promíchání substrátu zvířaty, která v něm žijí a hloubí chodbičky.

Hloubením chodbiček se půdní makrofauna mimo jiné podílí na zvyšování množství vzduchu v půdě. Chodbičky také urychlují vsakování vody (Arnold a Williams 2016). Wilkinson a kol. (2009) docházejí k závěru, že půdní makrofauna transportuje částice z hlubších vrstev k povrchu a tím dodávají do mělkých vrstev anorganické živiny z podloží. Tento závěr potvrzují výsledky Zajíčka (2023), který zaznamenal převahu transportu minerálního substrátu směrem k povrchu.

Těmito způsoby se makrofauna podílí na vzniku půdy, což dokládají studie na místech degradovaných těžbou (Arnold a Williams 2016, Frouz 2008). I na přirozených stabilních lokalitách se projevují přínosy bioturbujících organismů. Plochy, které mají pestré a fungující společenstvo půdní makrofauny, se lépe vyrovnávají se suchem (Collinson a kol. 2013).

Pro studium hloubící aktivity, odkládání trusu a transportu materiálu v sedimentu se osvědčila metoda chovu zvířat v mikrokosmech (Zajíček 2023). Metoda je dostupná a finančně poměrně nenáročná a umožňuje v laboratorních podmínkách porovnávat bioturbační potenciál jednotlivých druhů půdní makrofauny. V přirozených podmínkách se velmi těžko hodnotí vliv jednotlivých druhů, protože aktivita jednoho výrazného druhu může zakrývat vliv jiných, méně výrazných, jak konstatuje Gongalsky (2021).

2. Cíle výzkumu

Cílem práce bylo naplánovat a realizovat dlouhodobý experiment na téma dekompozice a pedogeneze pro žáky gymnázia. Experiment založený na chovu půdní makrofauny v mikrokosmech měl být obsluhován pouze žáky. Druhým cílem bylo následné vyhodnocení významu experimentu pro výuku, tj. pro změnu znalostí a postojů žáků.

3. Metodika

3.1. Příprava před zahájením pokusu

Nejdůležitějším bodem přípravy bylo opatření pokusných organismů. Jak už bylo výše zmíněno, půdní makrofauna je vázána především na mrtvou organickou hmotu. Kompost je tedy ideálním místem pro sběr zvířat. Žížaly, stínky a zlatohlávky jsem nasbíral v kompostéru na Borové, která je částí obce Bolatice. Složitější byl sběr oblanek. Ty byly nasbírány v olomouckých parcích.

Javorové listy, které bylo v průběhu experimentu použito jako krmivo, jsem nasbíral v lese a usušil, aby neplesnivělo. Před zahájením pokusu jsem listy nadrtil, aby žáci ušetřili čas v hodině. Dále jsem z drti separoval řapíky a velké kusy hrubé žilnatiny, po kterých by zvířata z mikrokosmů mohla uniknout. Bezprostředně před hodinou jsem také nakrájel mrkev, aby žáci měli víc času na podstatnější úkoly.

3.2. Účastníci výzkumu

Pro experiment byli vybráni žáci Mendelova gymnázia v Opavě, které jsem navštěvoval. Do výzkumu se zapojili žáci čtyřletého gymnázia, konkrétně se jednalo o seminaristy ze třetího ročníku a celé třídy z druhého ročníku. Žáci dvou biologických seminářů třetího ročníku byli pokusnými skupinami, třetí seminář sloužil jako kontrola. Ve druhém ročníku žáci pokus realizovali během hodin biologie a to jedna třída jako pokusná a druhá jako kontrolní. Konkrétní počty jsou uvedeny v kapitole 4.2. (tab. 1.). Žáci pokusných skupin, kteří se zúčastnili post-testu byli následně rozděleni na žáky kteří absolvovali úvodní hodinu a na ty, kdo úvodní hodinu neabsolvovali. Ti, kteří úvod neabsolvovali, přišli o teoretickou část a realizaci mikrokosmů, byli tedy ochuzeni o velkou část pokusu.

3.3. Pre-test a post-test

Testy byly v papírové podobě a sloužily k zaznamenání „startovní pozice“ žáků a získání informací o jejich případném posunu. Pre-test byl vyplněn na začátku před teoretickou částí, stejně u pokusných i kontrolních skupin. Post-test vyplňovaly obě skupiny ve stejném datu. Testy cílily ke zmapování vědomostí a postojů žáků. Obsahovaly zjišťovací otázky, které měly za úkol ověřit znalost pojmu, ale také otázky otevřené, kde žáci pojmy vysvětlovali. Postoje byly ověřovány na škálách 1-6 (1= moc sympatické, 6=odporné). U žáků pokusných skupin byly zjišťovány postoje ke konkrétnímu druhu, se kterým žák pracoval, u kontrolních skupin žáci reagovali na zvíře, které je nejvíce oslovilo. Dále měli žáci možnost ohodnotit téma a v případě žáků, kteří pracovali na pokusu také uvést své postřehy k pokusu.

3.4. Založení pokusu

Úvodní hodina začala pre-testem, který ověřil znalosti žáků související s půdou, půdní makrofaunou a bioturbací. Následovala teoretická část, kdy bylo téma žákům pomocí prezentace představeno. Žáci odpovídali na mé otázky a diskutovali. Došlo také k teoretickému seznámení s metodou chovu zvířat v mikrokosmech. Tato část výuky trvala jednu vyučovací hodinu. Zde končila výuka kontrolních skupin žáků.

V druhé části úvodní hodiny byli žáci pokusných skupin rozděleni do čtyř výzkumných týmů. Tyto týmy si vybraly jeden z druhů pokusných zvířat, který následně po celou dobu experimentu pozorovaly. Výběr byl dobrovolný, kladl jsem důraz na to, aby tým nepracoval se zvířetem, ke kterému by měl výslovný odpor. Žákům byly rozdány protokoly, které obsahovaly

několik základních informací o zkoumaných organismech. Další část protokolu se věnovala zamyšlení nad potřebami organismu a na predikci možného vývoje, tedy na vytvoření hypotézy, kterou žáci na konci porovnají se závěry výzkumu.

Protokoly dále obsahovaly seznam pomůcek a postup práce. Postup práce jsme společně prošli a následně podle něj společně bod po bodu postupovali. Žáci mikrokosmy nejprve naplnili třemi vrstvami písku. Pomocí lihového fixu byla na stěně skleniček zaznamenána výchozí poloha rozhraní mezi vrstvami, svislými čarami byl mikrokosmos rozdělen na čtyři části a označen unikátním kódem.

Na minerální substrát žáci položili kolečko mrkve a nasypali nadrcené javorové listy. Takto připravený mikrokosmos žáci navlhčili rozprašovačem a umístili do něj stanovený počet zvířat, jednalo se buď o jednu ponravu zlatohlávka, nebo tři žížaly, nebo tři oblanky, případně čtyři stínky. Mikrokosmy byly spolu s podepsanými protokoly ve složkách naskládány do připravených přepravek a přeneseny do kabinetu přiléhajícímu k učebně. Celá praktická část zabrala vyučovací hodinu, pokusné skupiny tedy pracovaly 90 min.

3.5. Průběh pokusu

Po týdnů byly žákům rozdány mikrokosmy, protokoly a tabulky pro zaznamenávání výsledků. Žáci označili tabulky kódy mikrokosmů. Vysvětlil jsem, co mají žáci v mikrokosmech hledat a jak hodnoty do tabulek zapisovat. Procházel jsem mezi týmy, odpovídal na dotazy a vysvětloval nejasnosti. Následně žáci doplnili organickou hmotu (čili potravu) a narosili mikrokosmy. Tabulky byly vloženy do složek s protokoly a uloženy spolu s mikrokosmy do přepravy, kterou jsem opět odnesl do kabinetu. Proces se poměrně rychle automatizoval a v dalších týdnech zabral kolem 10 min. Jedno z měření jsem z důvodu absence žáků, kteří byli v rámci biologických seminářů a hodin biologie na exkurzi ve Slezské nemocnici v Opavě, prováděl sám. Žáci z experimentálních skupin, kteří chyběli na úvodní hodině, byli začleněni do existujících týmů.

3.6. Ukončení pokusu

Hodina začala post-testem. Po odevzdání testů si žáci rozebrali mikrokosmy a složky s protokoly. V týmech byly mikrokosmy vysypány, žáci si tedy mohly prohlédnout, jaké změny se za dobu trvání pokusu staly. Z vysypaného materiálu byla vybrána přeživší zvířata, která byla umístěna do nádoby pro transport a následovně vypuštěni na školní zahradě.

Ve druhé části hodiny týmy pracovaly s obsahem složek. Kromě úvodního protokolu a tabulek byly do složek vloženy i vytištěné grafy a závěrečný protokol. Grafy jsem vytvořil na základě dat získaných žáky. Pro toto řešení jsem se rozhodl z ryze praktických důvodů. Dohromady byly vyhodnoceny mikrokosmy jednoho druhu organismu všech skupin, čímž byl získán větší soubor dat. Tento postup jsem sdělil i žákům. Každý pracovní tým tedy dostal dva grafy, jeden pro výskyt chodbiček a druhý pro výskyt trusu. Na základě grafů a úvodního protokolu žáci v týmech vypracovali závěrečný protokol. Úkolem bylo charakterizovat vývoj a lokalizaci chodbiček a stejně tak i trusu, a srovnat výsledky pokusu s hypotézou vytvořenou na první hodině.

Následovala prezentace, kdy každý tým vyslal svého zástupce, aby podle závěrečného protokolu ostatním týmům prezentoval výsledky daného druhu. Žáci měli k dispozici předem připravenou prezentaci, která obsahovala stejné grafy, které měli žáci ve foliích. Všechny tyto úkony zabraly 45 min. Kontrolní skupiny vypracovaly pouze post-test.

3.7. Vyhodnocení dat

Data týkající se vlastního pokusu byla, jak už bylo výše napsáno, z tabulek přepsána do programu Excel a následně pro každý druh zprůměrována a zpracována do grafů, aby s nimi mohli žáci pracovat.

Pro vyhodnocení dopadu pokusu na žáky byla využita data získaná při úvodním a závěrečném dotazníku (pre-test a post-test). Také tato data byla nejdříve přepsána do Excelu a následně vzájemně porovnávána. Vyhodnocení cílilo na rozdíly ve vědomostech jednotlivých skupin (jednocestná ANOVA) a na změny postojů žáků (Wilcoxonův párový test). Také jsem se zajímal o přímé hodnocení experimentu žáky. Porovnávány byly tři skupiny pokusné, se dvěma kontrolními skupinami. U pokusných skupin byla data hodnocena zvlášť pro žáky, kteří úvodní hodinu absolvovali a pro ty, kdo se jí nezúčastnili.

4. Výsledky

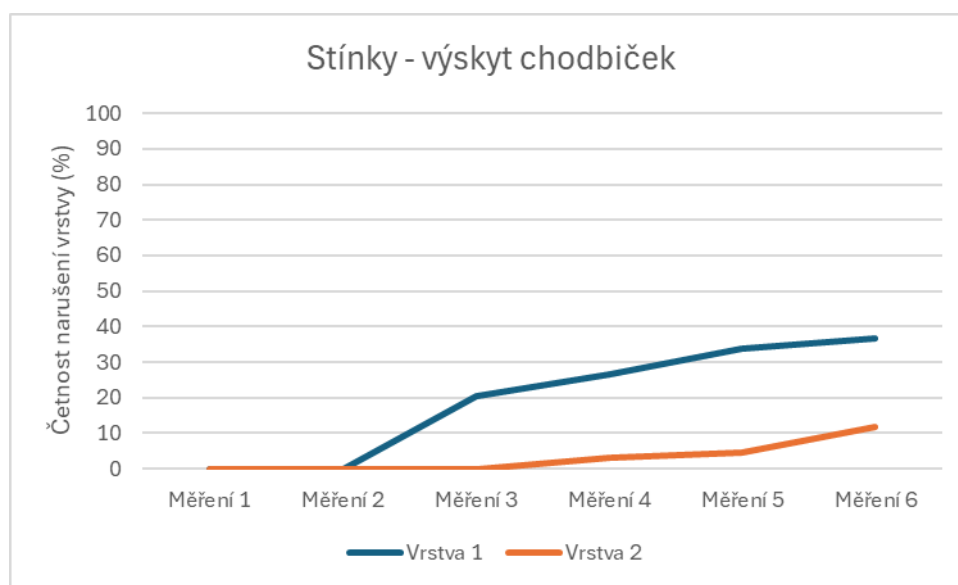
Praktická část mé diplomové práce má hned dvoje výsledky. První výsledky jsou výsledky pokusu, který žáci vedli a se kterými následně pracovali při vyhodnocování experimentu. Druhými výsledky jsou data získaná dotazníkovým šetřením, která vypovídají o efektu začlenění pokusu do výuky.

4.1. Pokus

Pokus byl založen 9. 10. 2024. První měření proběhlo 16.10., celkem proběhlo šest měření. Měření prováděli žáci, třetí měření jsem z důvodu absence žáků provedl sám. Pozorována byla tvorba chodbiček a odkládání trusu v mikrokosmu. Výsledky byly zapisovány do tabulek, maximální možná hodnota byla 4, což odpovídalo škále 75–100 %. Pro tuto práci byly výsledky pro větší přehlednost přepočítány na procenta.

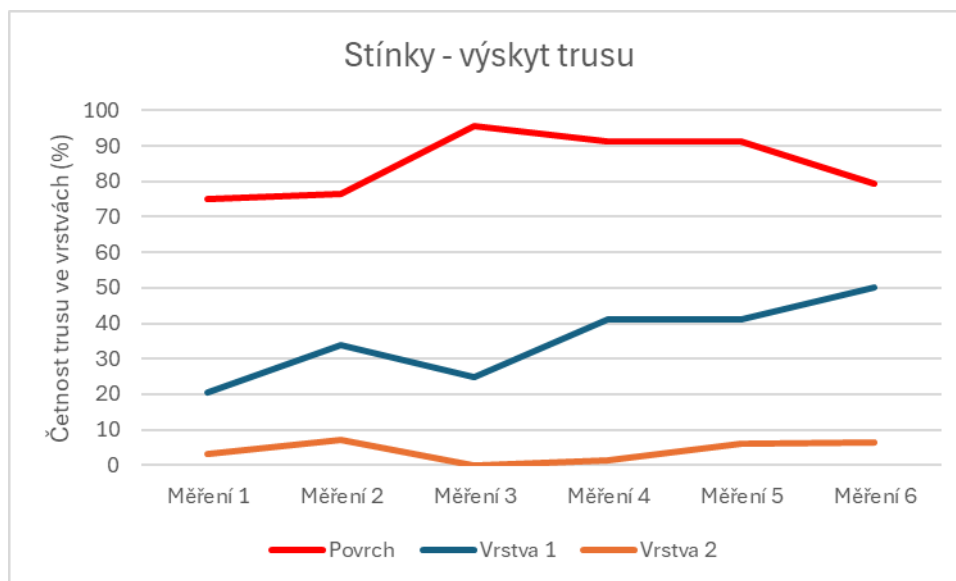
Stínky

Stínky vyhloubily chodbičky v první a druhé vrstvě (Obr. 1.). V první vrstvě byla zaznamenána aktivita při třetím měření. Postupně pomalu narůstala a na konci pokusu dosahovala hodnoty 37 %. Při čtvrtém měření se hloubící aktivita projevila i ve druhé vrstvě a při poslední měření dosáhla k hodnotě 12 %.



Obr. 1. Hloubící aktivita stínek v průběhu pokusu

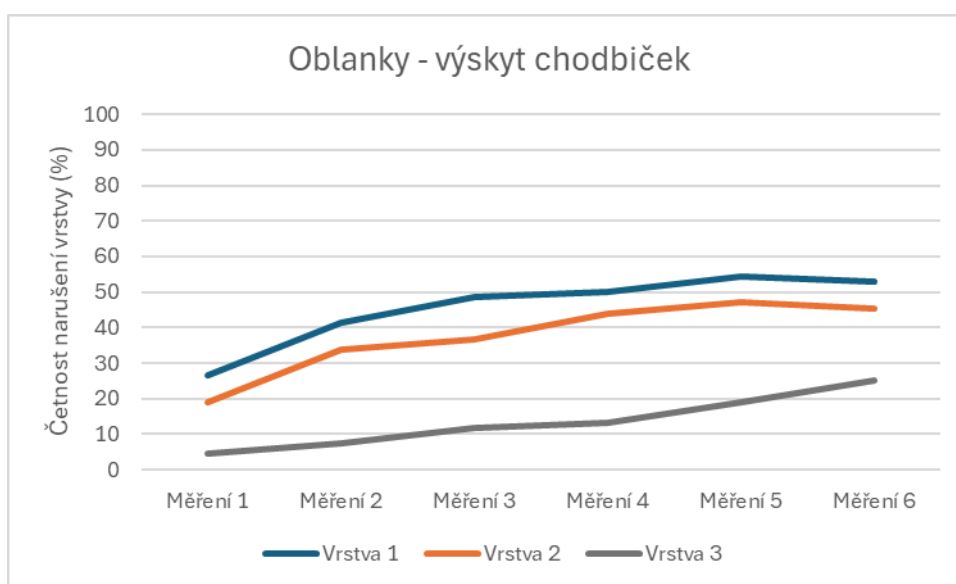
Trus se po celou dobu pokusu dominantně nacházel na povrchu mikrokosmu. Nejvyšší hodnoty byly naměřeny na povrchu. Maximum vidíme při měření 3, a to 96 % (Obr. 2.), následuje pozvolný pokles. Pravým opakem je vývoj výskytu trusu v první vrstvě. Od prvního měření se trus vyskytoval i v této vrstvě. Po počátečním růstu následoval pokles při třetím měření, po kterém hodnota stoupala až k finálnímu číslu 50 %. Ve druhé vrstvě byl trus zaznamenán při všech měřeních kromě třetího. Hodnoty však byly velmi nízké maximálně 7 %. Ve třetí vrstvě trus nebyl pozorován.



Obr. 2. Odkládání trusu stínkami v průběhu pokusu

Oblanky

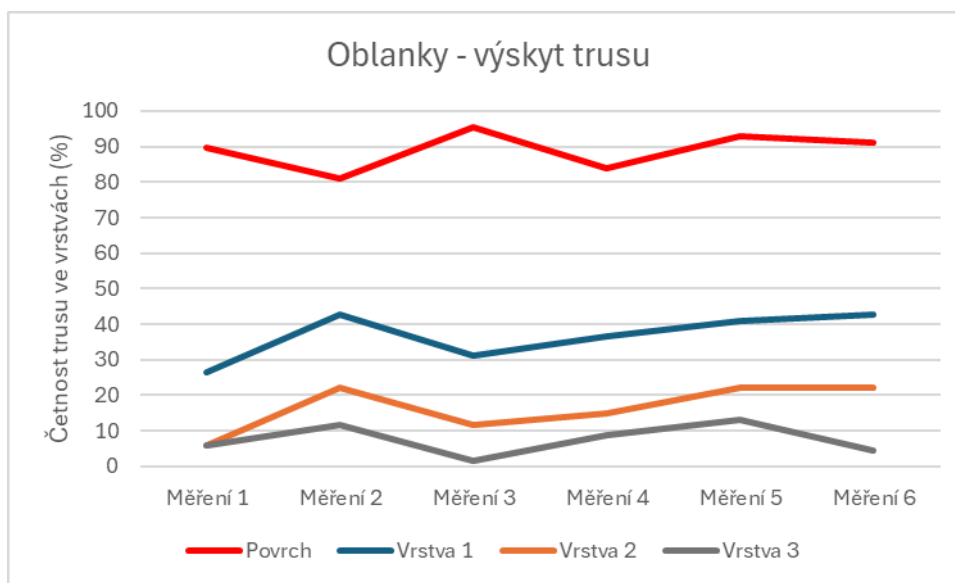
Hlubíci schopnost oblanek se projevila ve všech třech vrstvách, čím hlubší vrstva byla, tím nižších hodnot bylo dosaženo. Vývoj v horních dvou vrstvách byl prakticky totožný (Obr. 3.). Množství chodbiček postupně pomalu narůstalo až do pátého měření. Maximum v první vrstvě bylo 55 % ve druhé 47 %. Při posledním měření byl zaznamenán slabý pokles. V nejhlubší vrstvě byly hodnoty znatelně nižší, o to výraznější však byl růst, který ke konci ještě zrychloval. Při posledním měření byla zaznamenána maximální hodnota 25 %.



Obr. 3. Hlubíci aktivita oblanek v průběhu pokusu

Prakticky od prvního měření se trus na povrchu vyskytoval ve velmi vysokých hodnotách. Přes jisté výkyvy se stále pohyboval kolem hodnoty 90 % (Obr. 4.). Maximální hodnota 96 % byla zjištěna při třetím měření. Výskyt trusu v první a druhé vrstvě byl velmi podobný, jako v případě chodbiček. V obou vrstvách můžeme pozorovat stejné trendy, a to

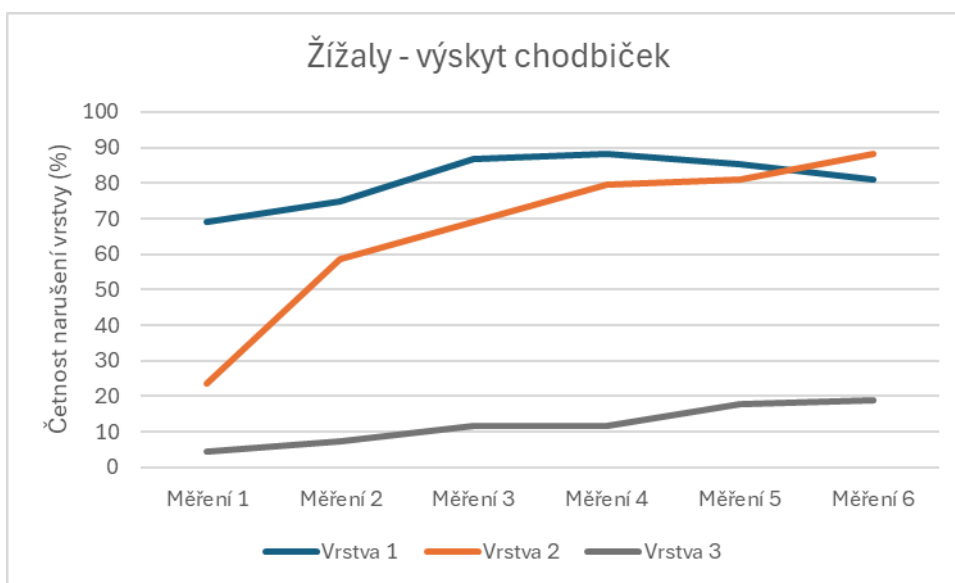
včetně propadu při třetím měření. V obou vrstvách bylo také dvakrát dosaženo maxima, a to při druhém a šestém měření. V nejhlubší vrstvě byly zaznamenány dva prudké poklesy zejména při třetím a šestém měření. Maximum při pátém měření bylo 13 %.



Obr. 4. Odkládání trusu oblankami v průběhu pokusu

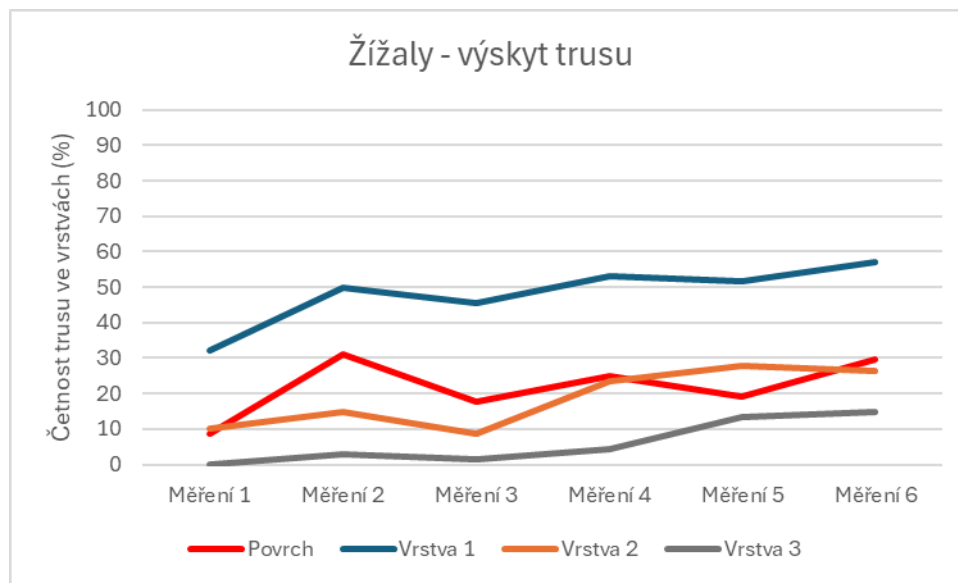
Žížaly

Na začátku experimentu hloubily žížaly jednoznačně nejvíce chodbiček v první vrstvě. Růst však postupně zpomaloval a maximální hodnoty 88 % dosáhl při čtvrtém měření (Obr. 5.). Následoval pomalý pokles. Ve druhé vrstvě byl výskyt chodbiček při prvním měření výrazně nižší. Při dalších měřeních však můžeme sledovat nejprve prudký a postupně zvolňující nárůst, díky kterému bylo při posledním měření dosaženo hodnoty 88 %, což tehdy bylo víc než v první vrstvě. Ve třetí vrstvě množství chodbiček postupně narůstalo po celou dobu. Maximum 19 % bylo naměřeno při posledním měření.



Obr. 5. Hloubící aktivita žížal v průběhu pokusu

Trus žízal se vyskytoval ve všech vrstvách. Na povrchu bylo dosaženo maxima 31 % hned při druhém měření (Obr. 6.). Později nastaly dva propady následované opětovným růstem hodnoty. Největší výskyt trusu byl vázán na první vrstvu. I zde byly zaznamenány dva propady při stejných měřeních, na rozdíl od povrchu, ale hodnoty rostly k maximu 57 % při posledním měření. Výskyt trusu ve druhé a třetí vrstvě byl podobný. Také v těchto hlubších vrstvách byly při třetím měření hodnoty nižší než při druhém, při pátém měření byl ale naopak zjištěn zvýšený výskyt trusu. Ve druhé vrstvě bylo dosaženo maxima 28 % což byla dokonce vyšší hodnota než na povrchu.

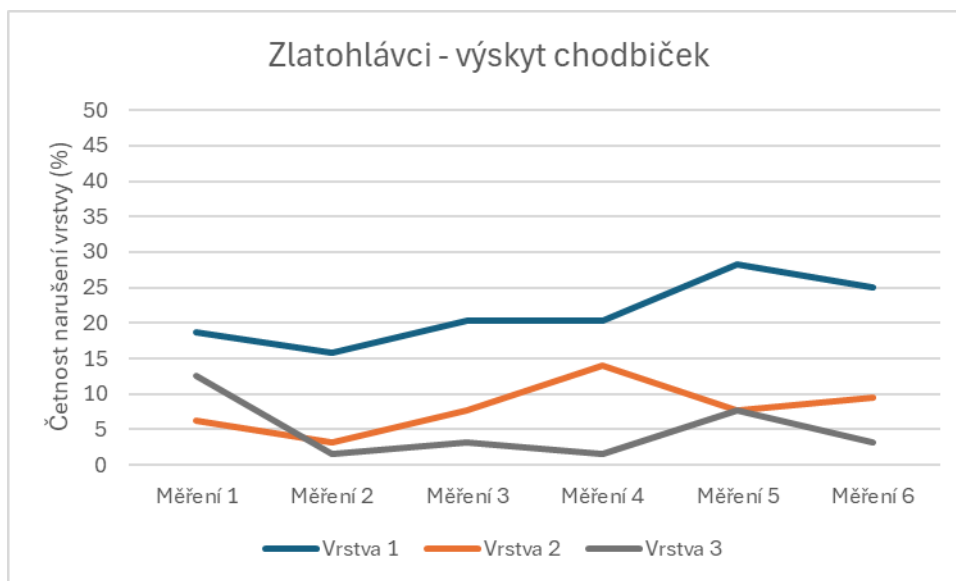


Obr. 6. Odkládání trusu žízalami v průběhu pokusu

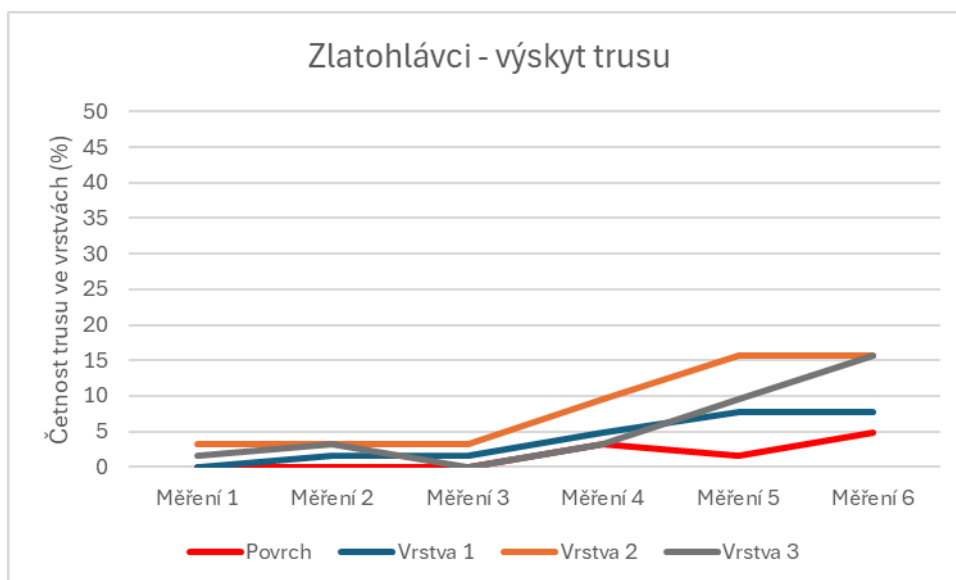
Zlatohlávci

Celková aktivita zlatohlávků byla velmi nízká. Proto i níže uvedené grafy mají osy o nižších hodnotách pro lepší čitelnost. Co se týče hloubení, nejaktivnější byly larvy zlatohlávků v první vrstvě. Krom drobných poklesů při druhém a posledním měření výskyt chodbiček trvale narůstal, a to až na hodnotu 28 % (Obr. 7.). Chování ve druhé vrstvě bylo mnohem dynamičtější. Mezi dvěma poklesy při druhém a pátém měření byl zaznamenán výrazný vrchol aktivity s maximem 14 % při čtvrtém měření. Zajímavý je zejména druhý pokles, který kontrastuje s nárůstem ve zbylých dvou vrstvách. Při prvním měření byl výskyt chodbiček ve třetí vrstvě dokonce vyšší než v případě druhé vrstvy, hodnota 13 % se však stala hodnotou maximální. Následoval propad, který byl výraznější než v případě ostatních vrstev.

Výskyt trusu byl v případě zlatohlávků vázán spíše na hlubší vrstvy. Vyšší hodnoty byly zaznamenány až v druhé polovině pokusu. Trus na povrchu přes jisté výkyvy zaznamenal nejvyšší hodnotu 5 % při posledním měření (Obr. 8.). V první vrstvě můžeme pozorovat pozvolný nárůst až na 10 %, při pátém měření. Hodnota se již nezměnila. Podobný vývoj proběhl také ve druhé vrstvě. Hodnota 16 % z pátého měření se již nezměnila. Stejně hodnoty bylo poměrně prudkým nárůstem dosaženo na konci pokusu ve třetí vrstvě.



Obr. 7. Hloubící aktivita zlatohlávků v průběhu pokusu



Obr. 8. Odkládání trusu zlatohlávky v průběhu pokusu

4.2. Výzkum

Výsledky výzkumu mají tři části. První část se věnuje vědomostem žáků, druhá postojům a třetí hodnocení pokusu ze strany žáků. Pre-test psalo 91 žáků (Tab. 1.), z toho tři žáci měli zkušenost s pokusem se živými zvířaty. Ve dvou případech šlo o pokus se žížalami a jednou s nálevníky. Post-test psalo 82 žáků, z toho 66 se zúčastnilo úvodní hodiny a 16 na úvodní hodině nebylo. Skupinu 1 (SK1) a Skupinu 2 (SK2) tvořili žáci biologického semináře třetího ročníku čtyřletého gymnázia, stejně jako Kontrolu A (KA). Skupinu 3 (SK3) a Kontrolu B (KB) tvořili žáci celých tříd druhého ročníku čtyřletého gymnázia. Pokusné skupiny (SK1, SK2 a SK3) byly při hodnocení na konci pokusu dále rozčleněny na dílčí skupiny dle toho, zda absolvovaly (a), nebo neabsolvovaly (n) úvodní hodinu.

Tab. 1. Počty respondentů jednotlivých skupin a podskupin

	SK1a	SK2a	SK3a	SK1n	SK2n	SK3n	KA	KB
Pre-test	17	10	23	-	-	-	12	29
Post-test	11	10	19	6	3	7	9	17

Vědomosti

Otázka 1. Setkal jsi se někdy s pojmem bioturbace?

V pre-testu odpověděli všichni žáci negativně, v post-testu můžeme u všech skupin, s jednou výjimkou, které se zúčastnili úvodní hodiny vidět úspěšnost nad 50 % (Tab. 2.). Pouze SK3a měla nižší úspěšnost a to 47 %. Zajímavá je 17% úspěšnost ve SK1n, u žáků, kteří úvod neabsolvovali. Celkově můžeme mluvit o úspěšném seznámení s novým pojmem.

Tab. 2. Procentuální úspěšnost odpovědi na otázku 1. u jednotlivých skupin a podskupin

	SK1a	SK2a	SK3a	SK1n	SK2n	SK3n	KA	KB
Pre-test	0	0	0	-	-	-	0	0
Post-test	90,9	60,0	47,4	16,7	0	0	66,7	58,8

Otázka 2. Co znamená pojem bioturbace?

Jelikož žáci neslyšeli o pojmu bioturbace, nemohli znát význam pojmu. Konečné hodnoty u pokusných skupin a KA se nijak výrazně neliší. KA dokonce vykazuje lepší výsledky (Tab. 3.). Poměrně překvapivá je však úspěšnost 71 %, u žáků SK3n a KB.

Tab. 3. Procentuální úspěšnost odpovědi na otázku 2. u jednotlivých skupin a podskupin

	SK1a	SK2a	SK3a	SK1n	SK2n	SK3n	KA	KB
Pre-test	0	0	0	-	-	-	0	0
Post-test	36,1	30	32	0	0	71,4	44,3	71

Otázka 3. Setkal jsi se někdy s pojmem půdní makrofauna?

Také tento pojem byl pro žáky neznámý, do paměti se však zapsal ještě výrazněji. Na konci pokusu si jej ve všech skupinách pamatovala víc než polovina žáků. Ve všech třech pokusných skupinách si pojem pamatovalo dokonce víc než 80 % žáků, kteří absolvovali úvod (Tab. 4.). Pojem se však také dostal ke 33 % žáků u skupiny 2, a u skupiny 3 dokonce ke 43 % žáků, kteří na úvodní hodině nebyli. Mezi výsledky také vyčnívá nízký výsledek KB.

Tab. 4. Procentuální úspěšnost odpovědi na otázku 3. u jednotlivých skupin a podskupin

	SK1a	SK2a	SK3a	SK1n	SK2n	SK3n	KA	KB
Pre-test	0	0	0	-	-	-	0	0
Post-test	81,8	90,0	89,5	0,0	33,3	42,9	88,9	58,8

Otázka 4. Co znamená pojem půdní makrofauna?

Vysvětlit co znamená pojem půdní makrofauna bylo pro žáky mnohem jednodušší už při úvodním testu bylo dosaženo minimální hodnoty 13 % u SK3 a maximální hodnoty 30 % u

SK1 (Tab. 5.). SK1 je zajímavá tím, že při závěrečném testu žáci odpovídali hůř. Absolventi úvodu dosáhli hodnoty 27 % a žáci, kteří úvod neabsolvovali 22 %. Naopak SK3 vykazovala největší zlepšení, a to i u žáků, kteří úvod neabsolvovali. Účastníci úvodní hodiny dosáhli téměř hodnoty 30 % a žáci, kteří nebyli přítomní, skoro 29 %. U ostatních skupin bylo zaznamenáno menší zlepšení.

Tab. 5. Procentuální úspěšnost odpovědi na otázku 4. u jednotlivých skupin a podskupin

	SK1a	SK2a	SK3a	SK1n	SK2n	SK3n	KA	KB
Pre-test	30,0	26,7	13,0	-	-	-	25,0	28,7
Post-test	27,3	40,0	29,7	22,3	33,3	28,7	33,3	33,3

Otázka 5. Vyber z nabídky zástupce půdní makrofauny.

Žáci měli za úkol vybrat z nabídky devíti živočichů zástupce půdní makrofauny. Zástupci byli čtyři, a to pokusné organismy. Už na začátku byla nejnižší dosažená úspěšnost 29 % u kontroly A (Tab. 6.). Nejvyšší hodnoty 44 % bylo dosaženo u SK3. Při závěrečném testu dosahovaly kontrolní skupiny úspěšnosti mírně pod 70 %. Pokusné skupiny nešly pod 80 % v žádné skupině. U skupin 1 a 2 dokonce hodnoty u žáků, kteří nebyli na úvodní hodině přesahovaly výsledky svých kolegů, kteří teorii absolvovali.

Tab. 6. Procentuální úspěšnost odpovědi na otázku 5. u jednotlivých skupin a podskupin

	SK1a	SK2a	SK3a	SK1n	SK2n	SK3n	KA	KB
Pre-test	32,5	30,0	43,5	-	-	-	29,3	33,5
Post-test	86,3	82,5	94,8	87,5	100,0	89,3	66,8	69,0

Otázka 6. Jakou roli hraje půdní makrofauna v tvorbě a fungování půdy?

Žáci už na začátku prokázali povědomí o problematice. Nejnižší úspěšnost vykazovala SK3 s hodnotou 10 %, naopak SK1 dosáhla nejlepšího výsledku s hodnotou 26 % (Tab. 7.). Na konci pokusu byl u všech skupin zaznamenán pokrok. Ve všech pokusných skupinách je dobře vidět náskok žáků, kteří úvod absolvovali, oproti těm, kteří se úvodní hodiny nezúčastnili. Zajímavá je také shodná úspěšnost u nezúčastněných žáků, a to 20 %.

Tab. 7. Procentuální úspěšnost odpovědi na otázku 6. u jednotlivých skupin a podskupin

	SK1a	SK2a	SK3a	SK1n	SK2n	SK3n	KA	KB
Pre-test	26,0	20,0	10,4	-	-	-	24,0	15,8
Post-test	31,0	28,0	27,4	20,0	20,0	20,0	35,6	30,6

Otázka 7. Jaké složky má půda?

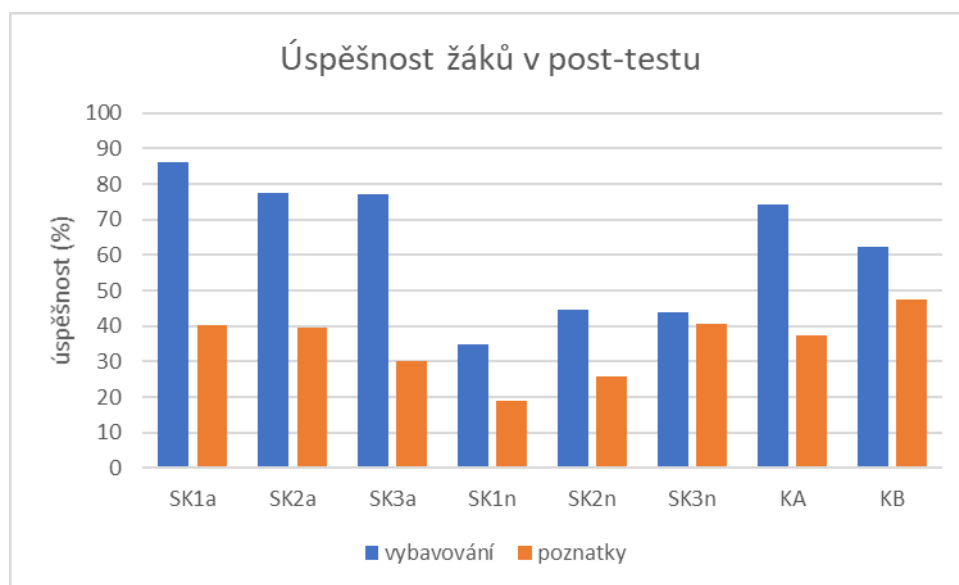
Tato otázka byla pro žáky poměrně snadno zodpověditelná již v pre-testu. Nejnižší úspěšnosti dosáhla KA s 25 %, nejvyšší skupina 2 s hodnotou 58 % (Tab. 8.). V závěrečném testu byla nejvyšší celková hodnota u SK1 66 %. Poměrně zajímavé jsou hodnoty u třetí skupiny. Úspěšnost v úvodním testu je 33 %. Žáci, kteří absolvovali úvod se však v pre-testu mírně zhoršili, naopak žáci, kteří nebyli na úvodní hodině dosáhli s hodnotou 43 % lepšího výsledku. Tato hodnota je vyšší, zároveň však nijak nevyčívá při srovnání s ostatními skupinami.

Tab. 8. Procentuální úspěšnost odpovědi na otázku 7. u jednotlivých skupin a podskupin

	SK1a	SK2a	SK3a	SK1n	SK2n	SK3n	KA	KB
Pre-test	48,5	57,5	32,5	-	-	-	25,0	45,8
Post-test	66,0	60,0	31,5	33,3	50,0	42,8	36,0	54,5

Srovnání úspěšností

Celkové srovnání úspěšnosti jednotlivých skupin ve vybavování pojmů a ve znalostech nových poznatků ukazuje význam předchozí prezentace učiva (Obr. 9). Otázky 1 a 3 se ptají na povšechnou povědomost o terminologii („Setkal jsi se...“), zatímco otázky 2, 4-7 lze považovat za otázky vědomostní, kdy žáci měli prokázat své znalosti. Skupiny „n“, které se nezúčastnily úvodní hodiny, měly signifikantně nižší úspěšnost vybavování (vybavování u všech skupin $F = 4,78$, $p = 0,021$, vybavování „a“ vs „n“ $F = 4,70$, $p = 0,043$), ale žádné další signifikantní rozdíly nebyly odhaleny ani mezi všemi skupinami (celý test $F = 1,33$, $p = 0,256$; znalosti $F = 0,27$, $p = 0,961$), ani při srovnání podskupin „a“ s podskupinami „n“ (celý test $F = 1,40$, $p = 0,247$; znalosti $F = 0,25$, $p = 0,934$). Ani srovnání skupin kontrolních a podskupin „a“ neposkytlo významné rozdíly (celý test $F = 0,15$, $p = 0,961$; vybavování $F = 0,66$, $p = 0,647$, znalosti $F = 0,14$, $p = 0,965$).



Obr. 9. Úspěšnost zodpovězení znalostních otázek u jednotlivých skupin

Postoje

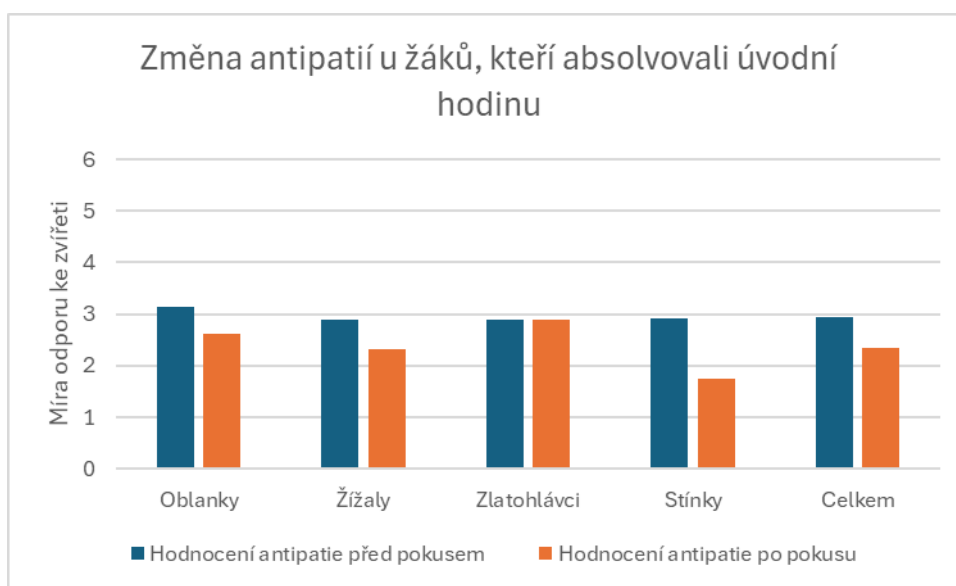
Ze získaných dat byly vyhodnoceny dva parametry týkající se postojů žáků. První byla míra antipatie žáka ke zvířeti, kdy žák na stupnici 1 až 6 (1 = moc sympatické, 6 = odporné) hodnotil své pocity ze zvířete na začátku a na konci pokusu, což ukázalo změny ve vnímání jednotlivých druhů zvířat.

Druhým faktorem bylo znamenat u jak velkého procenta žáků došlo ke zlepšení, či zhoršení vztahu ke zvířeti, případně na kolik se situace nezměnila. Pro vyhodnocení této části výzkumu byli žáci rozděleni na 2 skupiny. V první skupině jsou žáci pokusných skupin, kteří absolvovali pokus (53 respondentů), ve druhé skupině jsou žáci z kontrolních skupin

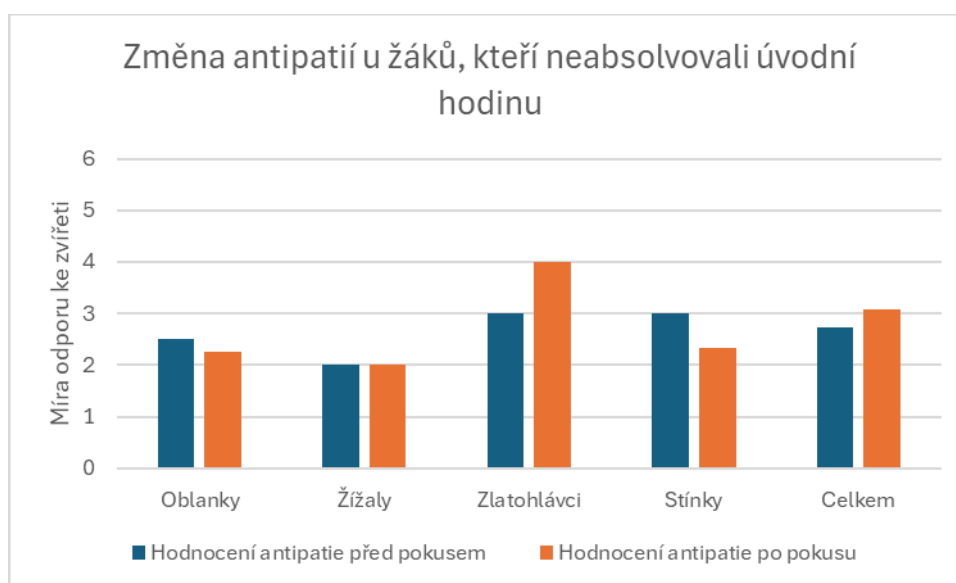
(15 respondentů). Pro první skupinu byla ještě zvlášť vyhodnocena data pro žáky, kteří absolvovali úvodní hodinu (38) a pro ty, kdo na úvodní hodině nebyli (15 respondentů).

Míra antipatie ke zvířeti

Co se týče respondentů, kteří se zúčastnili úvodní hodiny, všechny druhy zvířat kromě oblank se pohybovaly kolem hodnoty 3 (Obr. 10.). Oblanky byly na začátku vyhodnoceny jako nejméně sympatická zvířata s hodnotou 3,1. Celková průměrná hodnota byla na začátku. Na konci pokusu byly všechny druhy hodnoceny lépe než na začátku, jedinou výjimkou byli opět zlatohlávci, kteří zůstali na stejné hodnotě jako na začátku. Nejvýraznější zlepšení bylo zaznamenáno opět u stínek, bylo dosaženo hodnoty 1,8.



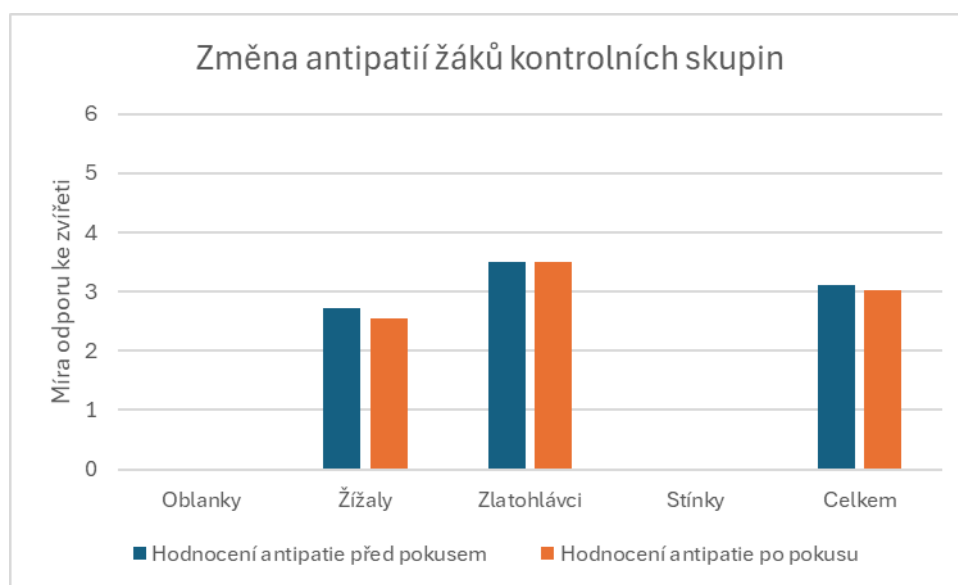
Obr. 10. Změny sympatií žáků, kteří absolvovali úvodní hodinu podle jednotlivých druhů organismů



Obr. 11. Změny sympatií žáků, kteří neabsolvovali úvodní hodinu podle jednotlivých druhů organismů

Žáci, kteří neabsolvovali úvodní hodinu zaujímali ke zvířatům diferencovanější postoje. Nejlépe na začátku hodnotili žížaly a to hodnotou 2,0 (Obr. 11.). Také oblanky dosáhly poměrně dobrého hodnocení s číslem 2,5. Naopak zlatohlávci a stínky byli shodně hodnoceni o něco hůře s 3,0. V případě žížal nedošlo ke změně. Pohled na oblanky a stínky se zlepšil, naopak zlatohlávci se z hodnoty 3,0 dostali až na 4,0, což byla zdaleka nejhorší hodnota.

Poměrně zajímavé výsledky vznikly u kontrolních skupin (Obr. 12.). Žáci měli reagovat na zvíře, které si z úvodní přednášky zapamatovali. Jedenáct žáků si pamatovalo žížaly a čtyři zlatohlávky, ke zbylým dvěma druhům se nikdo z respondentů nevyjádřil. Žížaly byly na začátku hodnoceny 2,7, zlatohlávci dopadli o něco hůře s hodnotou 3,5. Na konci byly žížaly hodnoceny o něco lépe 2,6 zatím co zlatohlávci zůstali beze změn.



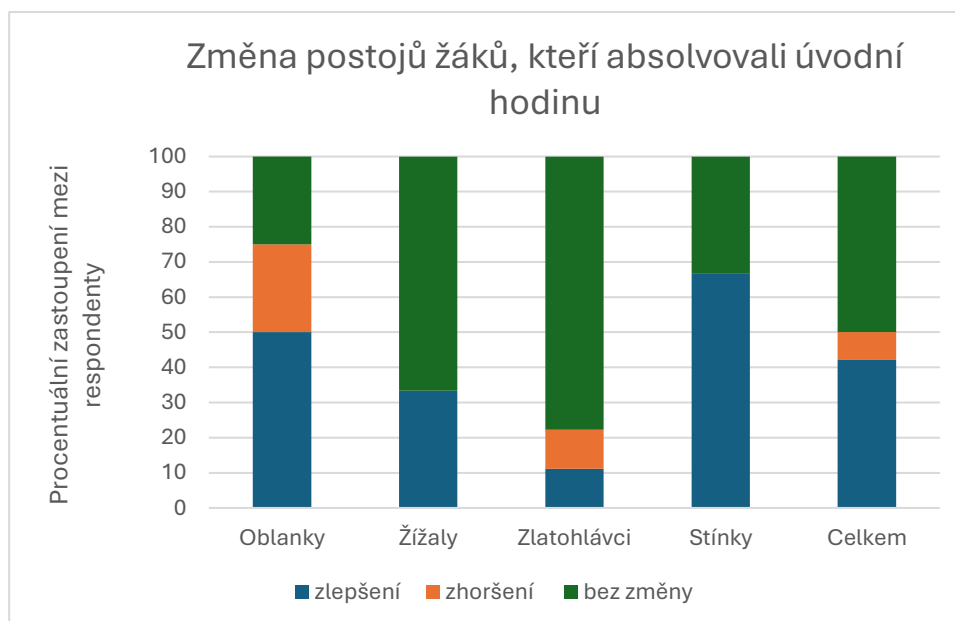
Obr. 12. Změny sympatií žáků kontrolních skupin podle jednotlivých druhů organismů

Změna postojů žáků

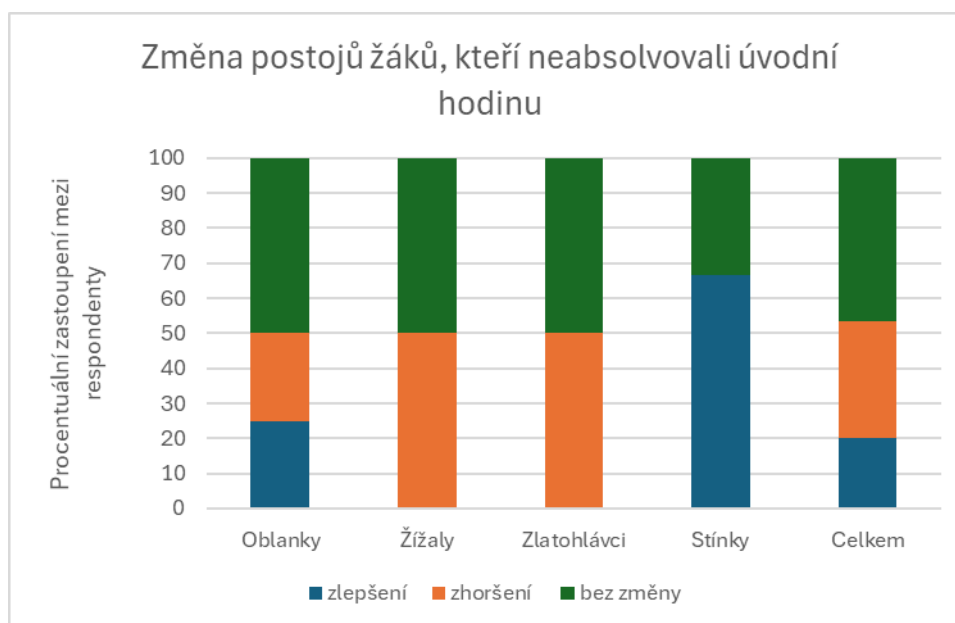
Při pohledu na výsledky žáků, kteří absolvovali úvodní hodinu můžeme vidět jisté změny. V případě oblanek došlo ke zlepšení u 50 % žáků, zhoršení bylo opět zjištěno u 25 % žáků (Obr. 13.). Žížaly jsou hodnoceny ve 33 % pozitivněji, zbývající dvě třetiny názor nezměnily. U zlatohlávek došlo ke zlepšení u 11 % žáků, stejný počet žáků však zlatohlávky na konci pokusu hodnotil hůře. Stínky byly dvěma třetinami hodnoceny lépe a třetinou stejně. Celkově můžeme mluvit o tom, že u poloviny žáků v průběhu pokusu nedošlo ke změně postoje, 42 % získalo lepší pohled na zvíře a pouze 8 % respondentů mělo na konci pokusu horší pohled na své pokusné zvíře.

Výraznější rozdíl lze vidět u žáků, kteří úvodní hodinu neabsolvovali (Obr. 14.). V případě oblanek můžeme vidět poměrně vyrovnané výsledky, kdy čtvrtina žáků získala lepší pohled a čtvrtina naopak na konci pokusu oblanky vnímala hůře. V případě žížal a zlatohlávek dokonce polovina respondentů odcházela s horším dojmem. Opačná situace nastala u stínek, kde došlo k pozitivnímu posunu u 67 %. V celkovém hodnocení tedy se 47 % tvořili největší skupinu žáci, kteří nezměnili názor, druhou nejpočetnější skupinou

s 33 % byli žáci s negativním posunem a pouze 20 % získalo pozitivnější pohled na pokusná zvířata.

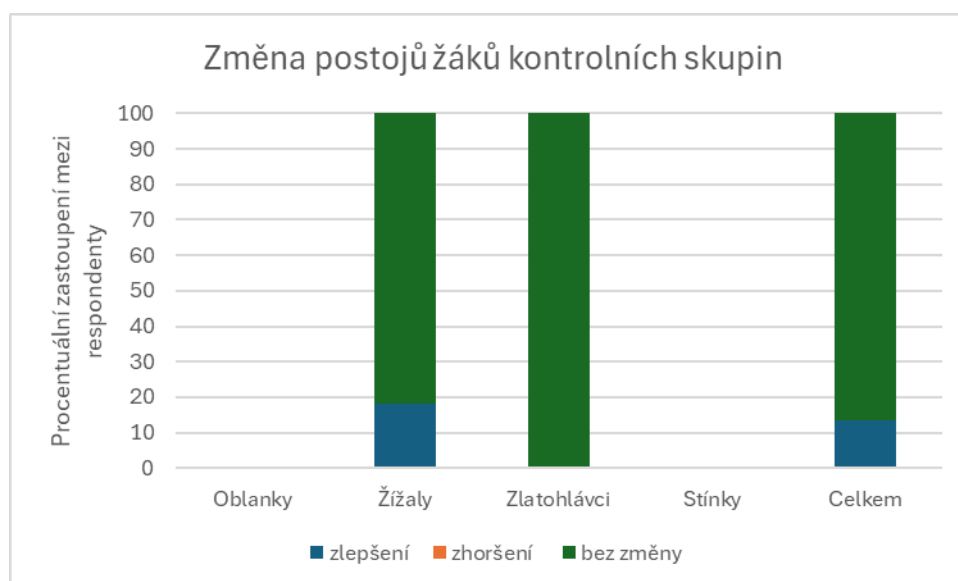


Obr. 13. Změny postojů žáků, kteří absolvovali úvodní hodinu podle jednotlivých druhů organismů



Obr. 14. Změny postojů žáků, kteří neabsolvovali úvodní hodinu podle jednotlivých druhů organismů

V kontrolních skupinách se zlepšil pohled 18 % žáků na žížaly (Obr. 15.). Žáci, kteří se vyjadřovali ke zlatohlávkům nezaznamenali žádnou změnu. V součtu tedy 87 % žáků nezaznamenalo změnu svých postojů a 13 % zaznamenalo zlepšení.



Obr. 15. Změny postojů žáků kontrolních skupin podle jednotlivých druhů organismů

Srovnání postojů

Během výzkumu žáci hodnotili míru odpudivosti jednotlivých zástupců půdních bezobratlých. Hodnotili je před experimentem a po experimentu, podobně hodnotila i kontrolní skupina, která experiment neprováděla. Rozdíly v hodnocení byly kvůli nenormálnímu rozložení testovány pomocí Wilcoxonova párového testu.

Zatímco v kontrolní skupině se hodnocení žízáni ani zlatohlávků signifikantně nezměnilo, v experimentální skupině se významně zlepšil postoj ke všem skupinám dohromady ($W_{0,05, 18} = 21,5$) a specificky se zlepšil postoj ke stínkám ($W_{0,05, 8} = 0$). Tyto signifikantní rozdíly v hodnocení se týkaly jak všech žáků z experimentálních skupin, tak i při testování zaměřeném pouze na žáky přítomné i na první hodině.

Hodnocení výuky

Na stupnici 1–6 (1 = bylo to hodně zajímavé, 6 = byla to otrava a nuda) měli žáci za úkol vyhodnotit, jak přínosná pro ně výuka byla. Mimo Kontrolní skupiny B, kde byla výsledná hodnota 4,2 byly všechny hodnoty v rozmezí 3,0 a 2,2 (Tab. 9). Celkově tedy žáci hodnotili výuku spíše kladně. Je třeba připomenout, že výuka kontrolních skupin nezahrnovala pokus, ale jen teoretickou hodinu. Při pohledu na rozdíly mezi žáky, kteří absolvovali úvodní hodinu, a na ty, kteří neabsolvovali, je vidět, že ve dvou případech lépe hodnotili žáci, kteří na úvodní hodině nebyli. V případě skupiny 3 hodnotili pokus lépe žáci, kteří absolvovali úvodní hodinu, rozdíl byl však pouze o jednu desetinu. Kontrolní skupina A s hodnotou 3,0 nijak výrazně nevybočuje mezi ostatními skupinami.

Tab. 9. Hodnocení přínosu pokusu podle jednotlivých skupin a podskupin

	SK1a	SK2a	SK3a	SK1n	SK2n	SK3n	KA	KB
Hodnocení výuky	3,0	2,9	2,9	2,7	3	2,3	3,0	4,2

Pozitiva pokusu podle žáků

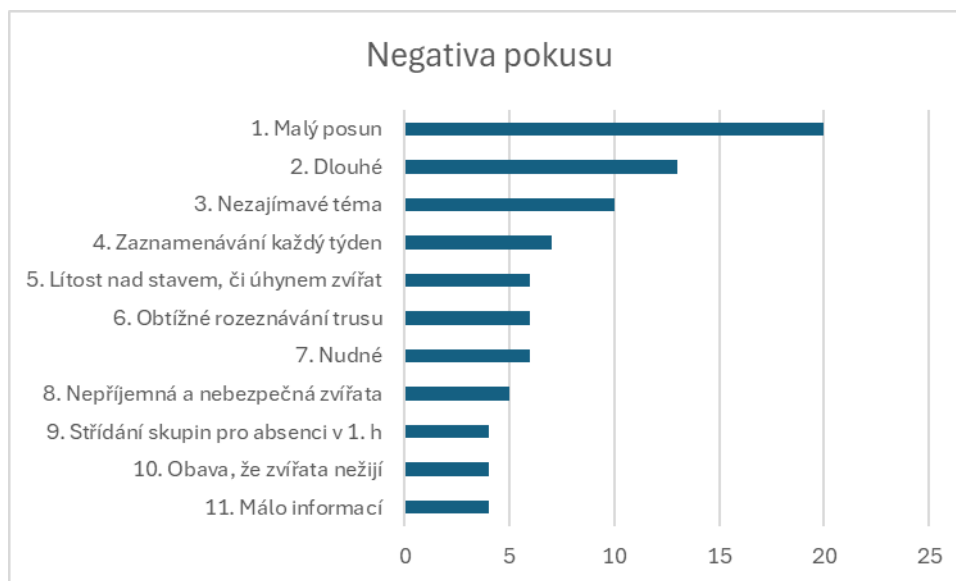
V závěrečném testu měli žáci možnost napsat tři pozitiva pokusu a tři negativa. Žáků bylo 56, takže pozitivních reakcí mohlo být 168, stejně tak i negativních. Někteří žáci tuto možnost nevyužili, proto bylo pozitivních reakcí celkem 132, negativních 93. Nejvíce žáků, celkem 27 vidělo přínos v pozorování a pochopení života zvířat (Obr. 16.). Druhým největším kladem pokusu byla práce se zvířaty, kterou pozitivně hodnotilo 17 žáků. Třetí nejčastější odpovědí bylo zpestření výuky. 11 žáků bralo pokus jako novou zkušenost. Z dalších ohlasů je zajímavé kladné hodnocení dlouhodobého výzkumu, a to hned u 8 respondentů. Z hlediska práce pak žáci také oceňovali, že pokus byl praktickou součástí výuky a jeho realizaci ve skupinách.



Obr. 16. Nejčastěji uvedená pozitiva pokusu

Negativa pokusu podle žáků

Jako největší slabinu celého pokusu žáci uvedli malý posun v průběhu pokusu, a to hned ve 20 případech (Obr. 17.). Dále žáci kritizovali zejména délku pokusu a téma. Co se týče realizace pokusu, vadilo žákům zejména zaznamenávání pokusu, obtížné rozeznávání trusu a málo informací. Žáky také mrzel úhyn zvířat a v průběhu pokusu měli strach, že zvířata nežijí. Pět žáků považovalo zvířata za nepříjemná, či dokonce nebezpečná. Něktřejích žáci, kteří nebyli na úvodní hodině v průběhu pokusu střídali skupiny, v dotazníku to zmínili čtyři respondenti.



Obr. 17. Nejčastěji uvedená negativa pokusu

5. Diskuse

Tato práce se věnuje možnosti využití badatelsky orientované výuky pro přiblížení tématu dekompozice v učivu na gymnáziu. Byly provedeny praktické experimenty s dekompozicí a bioturbací se žáky a byla vyhodnocen dopad BOV na jejich znalosti a postoje. Zatímco znalosti se oproti kontrolním skupinám nezlepšily, postoje k edafonu byly po praktické výuce lepší.

5.1. Dodržení postupu

V pre-testu byla zjišťována předchozí zkušenost žáků s praktickými úkoly se živými zvířaty. Nějaký pokus se zvířaty si ve výuce vyzkoušeli pouze tři žáci, dva se žížalami a jeden s nálevníky. To svědčí o velmi sporadickém užití těchto metod. Není to pouze český problém. Výzkum probíhající v Německu nabízel žákům čtyři typy praktických úloh ve výuce biologie. Jednalo se o experimentování, mikroskopování, tvorbu poznávacích klíčů a pitvu. Před výzkumem se 75 % žáků nesetkalo s ani jednou z těchto čtyř aktivit (Holstermann a kol. 2010). To svědčí o značných nedostatecích v této oblasti vzdělávání.

Cílem BOV je osvojení metod vědeckého zkoumání. Tyto dovednosti žákům umožňují poznávat přírodní prostředí a také ověřovat prezentované informace (Maršák a Janoušková 2018, Stuchlíková 2010). V rámci výzkumu ze Slovenska, který testoval dovednosti spojené s BOV u žáků 1. a 2. ročníku čtyřletého gymnázia, bylo zjištěno, že v žádné testované kategorii žáci nedosáhli úspěšnosti 50 %. Nejlépe se žákům dařilo naplánovat pokus, což zvládlo 42,4 % respondentů. Nejslabší stránkou testovaných byla diskuse s úspěšností 18 %. Dále byla zkoumána schopnost určit z tabulek vztahy mezi proměnnými (37,5 %), totéž z textu (31,7 %) a formulovat výsledky do tabulek (Ješková a kol. 2010). Rozvoj dovedností je tedy poměrně důležitým tématem. Pokus s půdní makrofaunou pro předem danou strukturu nemohl rozvíjet plánování, přesto zahrnoval velké množství činností od pozorování a zaznamenávání až po vyhodnocování dat a výše zmíněnou diskusi. Žáci samostatně pracovali a získali data, která následně srovnávali se svou hypotézou a formulovali závěry (Pedaste a kol. 2015).

Jak už bylo výše popsáno v úvodu, jedním z největších úskalí je výběr tématu pro bádání. Téma by mělo žáky zaujmout a rozšířit jejich obzory, zároveň však musí odpovídat učivu a efektivně využívat čas (Papáček 2010a, Radvanová a kol. 2018). Téma, které jsem zpracovával, bylo podmíněno mým zájmem o problematiku a dřívější zkušeností s experimentem, který jsem realizoval v rámci své bakalářské práce. Neoddiskutovatelnou slabinou tématu je nepopularita pedologie mezi žáky (Tuf 2013), na druhou stranu právě takto opomíjená oblast si zasluhuje zvýšenou pozornost.

Naopak silnou stránkou je práce se zvířaty, která se běžně nacházejí v našem blízkém okolí (Randler a kol. 2012). Žáci se tedy seznámí se zvířaty, která se běžně vyskytují v naší přírodě, ale přesto je mnoho z nich ani přes jejich význam pro ekosystém nezná. Díky snadnému odchytu a možnosti zvířata opět vypustit, odpadá nutnost vést školní chovy, ve kterých se o zvířata musí někdo stále starat.

Mezi další výhody pokusu, které se potvrdily, patří jeho materiálová nenáročnost. Veškeré pomůcky (kromě písku, který se znečistil a zkrmené organické hmoty) mohou být použity opakovaně.

Také se podařilo vytvořit v jednu chvíli velké množství vzorků. Pokus probíhal najednou u několika skupiny, které pracovaly podle stejné metodiky. S důrazem na jednotnou metodiku se setkáváme například u Prokopa a Fančovičové (2017), nebo u

Votápkové a kol. (2013). Data tedy mohla být vyhodnocena najednou a žáci proto pracovali s větším vzorkem. Dalším pozitivem je vyšší kvalita dat díky vyššímu počtu pozorovatelů. Pracovní skupina neměla k dispozici jen pět vzorků, jejichž data mohla být zkreslena laxností, či přehnanou snahou „něco“ objevit při pozorování, ale pracovala s daty získanými ve všech skupinách. Tím narostl i počet badatelů a kleslo riziko, že by výsledky byly poznamenány chybným pozorováním. Výsledky jsou tedy přesnější a důvěryhodnější, i když je stále musíme brát z vědeckého hlediska s mírnou rezervou. Jak už ale bylo zmíněno výše BOV není jen o získání empiricky dokonalých dat (Dostál 2015).

V případě, že by učitel pokus opakoval několik let po sobě, je možné pokus formulovat jako ověřovací bádání (Votápková 2013), kdy by byl pozměněn některý z parametrů. Vliv ročního období (Zajíček 2023), či druh potravy (Królová 2023) na průběh pokusu je zajímavým námětem pro případné modifikace.

Experiment žákům poskytl možnost vytvořit pro zvíře celé umělé prostředí. Touto cestou se žáci mohou lépe seznámit se základním fungováním organismu v přírodě, což je jeden ze základních cílů přírodovědného vzdělávání (Maršák a Janoušková 2018). Žák aktivně určuje množství potravy a vlhkosti, tedy dvě velmi důležité podmínky života (Fančovičová a Prokop 2017, Korbélyi 2018, Randler a kol. 2012). Na vlhčení se úzce váže také množství vzduchu v substrátu, které tedy bylo také nepřímo ovlivňováno. Jediným faktorem prostředí, který se vymykal, je teplota, která nebyla žáky ovlivněna a ani teoreticky zmiňována. Prakticky však byla konstantní a neměla tedy vliv na průběh experimentu.

Co se týče vlastního postupu, celá výuka začala teoretickou lekcí (Fančovičová a Prokop 2017, Hung a kol. (2010), v rámci které se žáci seznámili s problematikou dekompozice, pedogeneze a půdní makrofauny. V rámci této části stejně jako v ostatních částech měli žáci prostor pro dotazy.

Tvorba hypotézy by měla být podmíněna kladením otázek, na jejichž základě žáci formulují hypotézu (Pedaste a kol. 2015). Žáci měli za úkol odpovědět na otázku: „Co potřebuje váš organismus pro to, aby mohl v mikrokosmu přežít?“. Této otázce předcházelo několik informací, k stavbě těla a potravním zvyklostem organismů. Práce s delším textem, či hledání informací na internetu by bylo vhodnější (Votápková a kol. 2013), ale z časových důvodů tento postup nebyl uplatněn. Informační základ obsažený v protokolu tedy nebyl nijak obsáhlý, přesto společně s informacemi z předchozího výkladu a z dřívějšího studia žákům dostačoval pro vytvoření odpovědi na otázku, a tedy i k tvorbě hypotézy.

Založení experimentu začalo přidělením pokusného organismu. Vzhledem k nepopularitě organismů a k negativním emocím, které u některých žáků vyvolávaly jsem se rozhodl dát žákům na výběr. V literatuře, která se věnuje vztahu žáků k nepopulárním organismům, se převážně setkáváme s názorem, že kontakt se zvířaty by měl být dobrovolný a žáci by do něj neměli být nuceni (Korbélyi 2018, Randler a kol. 2012). Pokud jsou žáci do aktivit se zvířaty nuceni, dochází k prohloubení negativních emocí, které se propisují nejen do postojů ke zvířeti, ale také snižuje množství vědomostí, které si žáci z výuky odnesou (Korbélyi 2018, Randler a kol. 2012). Proto byli žáci dotázáni, zda se některého ze zvířat bojí. Pakliže nějaká skupina projevila odpor ke konkrétnímu organismu, dostala při výběru přednost a nepopulární zvíře získali žáci, kteří s ním neměli spojeny negativní emoce.

Vlastní proces výroby mikrokosmů probíhal bez problémů, žáci pracovali dle pokynů, a o práci se poctivě a smysluplně dělili. Po proškolení o manipulaci se zvířaty nebyl zaznamenán žádný úhyn zvířete, či únik mimo pracovní stůl. Jednotlivé skupiny byly proškoleny vzhledem k různé tělní stavbě zvířat zvlášť. Stínka s poměrně odolným exoskeletem není tolik ohrožená propíchnutím entomologickou pinzetou jako ponrava

zlatohlávka. Problém nenastal ani při rosení mikrokosmů, které je rovněž jednou z choulostivějších částí. Mimo občasné rosení spolužáka nedošlo k žádným potížím.

Údržba v dalších hodinách byla také poměrně dobře zvládnuta. Postup práce, který byl opět zapsán v protokolu, byl následně společně probrán a žáci si jej velmi rychle osvojili. Prakticky hned na druhé hodině žáci údržbu i zaznamenávání dat zvládli do deseti minut. lze zaznamenávat elektronicky, což umožňuje jejich další zpracování v rámci informatiky (Papáček 2010b) nebo klasicky na papír. Rozhodl jsem se pro papírovou verzi. Hlavním důvodem byla jistota, že tabulky jsou vždy k dispozici a nehrozí výpadek systému během zaznamenávání. Druhým důvodem byla jistota, že nedojde ke ztrátě či přepsání dat, protože tabulky byly vždy hned po zaznamenání sesbírány. Díky tomuto postupu však žáci byli ochuzeni o možnost s daty pracovat v informatice (Votápková a kol. 2013).

I kdyby však žáci znamenávali data například do sdílené tabulky v Excelu, zapojení výzkumu do informatiky bylo z praktického hlediska nerealizovatelné. Jakožto externista jsem neměl vazby na ostatní kantory a také při počtu skupin bylo velmi těžko realizovatelné zajistit přesah do dalších hodin pro všechny žáky. Na druhou stranu bylo velkou výhodou, že jsem jako učitel dopředu věděl, s jakými výsledky žáci pracují a co tedy mohou očekávat. Další nevýhodou byla nutnost data z papírové podoby přepsat, která se však netýkala žáků.

Velkým problémem z hlediska organizace BOV je absence žáků. Skupina, se kterou jsem pokus zkoušel v dubnu a květnu, chyběla tak často, že nemohla být zahrnuta do této práce. Podzimní skupiny chyběly méně. Žáci, kteří chyběli na úvodní hodině, byli následně přidělováni k početně slabším skupinám, neřešil jsem již jejich případné silné antipatie ke zvířeti, byli ale poučeni o zásadách údržby mikrokosmů a zaznamenávání dat. Žáci chyběli i v průběhu pokusu. Mimo běžné absence z důvodu nemoci za dobu osmi týdnů dvakrát neprobíhala výuka. Jedno z měření jsem tedy musel provést sám a na konci došlo ke zbytečnému prodloužení o týden. Toto prodloužení by ale nemělo nijak významně poznamenat výsledky, např. Kamisah a Kaur (2014) ve svém výzkumu zmiňují interval mezi pre-testem a post-testem 3 měsíce.

V porovnání s doporučeními literatury, která se věnuje BOV, je třeba konstatovat, že pokus realizovaný v rámci mého výzkumu naplňuje náležitosti strukturovaného bádání. Jak uvádí Votápková a kol. (2013), tento typ bádání má předem pevně dané téma a postup. Žáci však neznají výsledky, které musejí sami získat bádáním. Cílem vlastního bádání však není pouze najít řešení konkrétního problému, ale také osvojení nových postupů a dovedností.

Žáci prokázali, že pro ně není problém se o zvířata během pokusu starat, takže většina zvířat pokus přežila. Ztráty byly v řádu jednotek, což je vzhledem k počtům zvířat velmi nízká hodnota, která zřejmě odpovídá přirozené mortalitě. Pozorované organismy se ukázaly jako vhodné pro použití ve výuce. Jistou výjimkou byly larvy zlatohlávků, této problematice se však bude věnovat další kapitola. Také závěrům, které vypožorovali žáci během pokusu a vlivu na vědomosti a postoje, se budou věnovat další kapitoly.

5.2. Výsledky pokusných organismů

Žáci poměrně úspěšně chovali zvířata a zaznamenávali jejich bioturbační aktivity. Jak bylo popsáno výše, žáci se věnovali strukturovanému bádání. I přes všechny jejich dovednosti, snahu a předem daný postup práce vytvořený dopředu učitelem však nemusí dojít k naplnění vytýčených cílů (Papáček 2010a). Zvláště to platí v případě, že pracujeme s živými organismy. Pro zhodnocení výsledků asi nejlépe poslouží má bakalářská práce, která realizovala prakticky totožný pokus.

Poměrně zajímavé jsou výsledky stínek. Co se týče tvorby chodbiček, je poměrně překvapivé, jak velké množství chodbiček bylo vyhloubeno. V první řadě musím konstatovat, že se mezi stínky dostala také jedna svinka. Svinky jsou značně aktivnější raziči chodbiček (Zajíček 2023), než stínky. Tento můj omyl však nedokáže vysvětlit tak masivní hloubící aktivitu. Také Tuf (2013) ve svých skriptech poznamenává, že stínky nevykazují žádnou větší hloubící aktivitu. Mnohem pravděpodobnější je lepší zvládnutí rosení, či celkově nižší vlhkost vzduchu. Pokus probíhal v kabinetu, který je z podstaty sušší než sklepní laboratoř, kde byl umístěn pokus k mé bakalářské práci. Ve sklepní laboratoři stínky patrně vystačily s tzv. agregací. Agregace je chování, při kterém se stínky shlukují a díky tomu pomaleji vysychají (Tuf 2013, Broly a kol. 2013). Je tedy pravděpodobné, že stínky ve snaze uniknout vyschnutí hledaly vlhkost v minerálním substrátu (Adl 2003).

Na větší výskyt chodbiček ve vrstvách se logicky váže také vyšší výskyt trusu. V tomto případě však velkou část nárůstu výskytu v hlubších vrstvách přičítám chybám v pozorování žáků. To dokládá zejména Měření 3, které jsem z důvodu nepřítomnosti žáků prováděl sám a kde došlo ke zřetelnému poklesu v porovnání s jinými měřeními. Domnívám se, že žáci trus zaměňovali za tmavá zrnka písku, a to zejména ve vrstvě 2. Naopak na povrchu bylo množství trusu poměrně nízké, což by mohlo být dáno právě vyšší razičí aktivitou, pokud stínky hloubí chodbičky a tráví v nich čas, nemohou se tolik věnovat příjmu potravy a klesá tedy i produkce trusu (Colinson a kol. 2013).

Naopak hloubící činnost oblanek se nijak výrazně neliší od dřívějšího pokusu (Zajíček 2023). Hodnoty jsou celkově o něco nižší, trend vývoje je však prakticky totožný. Hloubící činnost u mnohonožek není nijak překvapující, protože patří mezi aktivní raziče chodbiček (Tuf 2013). Naopak hodnoty výskytu trusu jsou celkově o něco vyšší (Zajíček 2023), opět však při zachování stejného trendu vývoje, což přičítám nadhodnocení pro záměnu s nečistotami v písku.

Ani hloubící činnost žížal, jakožto zvířat velmi aktivně razičích chodbičky (Tuf 2013), nebyla nijak výrazně odlišná od předchozí práce (Zajíček 2023). Naopak výskyt trusu byl překvapivý. Zatímco při předchozím pokusu se trus začal výrazněji objevovat až při čtvrtém měření, žáky byl zjištěn hned od začátku experimentu. Opět lze vidět jasný pokles při třetím měření, které jsem provedl sám, ale ani to tentokrát jako vysvětlení nestačí. Možným vysvětlením je potrava, která byla žížalám předkládána. Částečně rozložená potrava je pro zvířata lépe přijatelná (Potapov 2022, Prescott a Vesterdal 2021). Listí pro pokus diplomové práce bylo sbíráno později na podzim, mohlo tedy být více rozloženo a tím rychleji požitelné, to je však pouze teorie, kterou by bylo potřeba ověřit pokusem. Zarážející je také množství trusu na povrchu, ten dříve nebyl pozorován vůbec.

Zlatohlávci se nechovali dle očekávání při dvou dřívějších pokusech, tedy při pokusu k bakalářské práci a se zkušební skupinou na konci školního roku v květnu 2024, kdy byli brouci aktivní a postupně se zakuklili. Byl zde předpoklad, že při pokusu, který proběhne na podzim, se ponravy nezakuklí. Tento předpoklad byl správný, většina larev se však zahrabala a nejevila žádné známky aktivity. Získaná data jsou v této práci na rozdíl od ostatních druhů prezentována s osami o maximu 50 %, aby byly grafy čitelné. Přesto je třeba konstatovat, že zlatohlávci hned od začátku dokázali využít všechny vrstvy mikrokosmu (Kamman a kol. 2017). Slabinou zlatohlávků je, že půdu obývají v juvenilní fázi života (David 2014). Celá tato fáze směřuje k metamorfóze v dospělého jedince. To vysvětluje jejich specifickou aktivitu ovlivněnou ročním obdobím v porovnání s jinými organismy. V případě, že se podaří experimentálně zjistit, v jaké části roku zůstanou ponravy aktivní, mohou být velmi přínosnou součástí bádání.

5.2. Vědomosti

Co se týče posunu vědomostí žáků, je třeba konstatovat, že jejich počáteční znalosti nebyly nijak oslnivé. V případě znalosti pojmů, jako je např. bioturbace, se není čemu divit. Na druhou stranu právě tato počáteční neznalost a určitá nepopularita tématu (Tuf 2013) přinesla jiný pohled na věc. Jak bylo zmíněno výše, otázky 1 a 3 se věnovaly povědomí o terminologii, zatímco otázky 2 a 4-7 cílily na vědomosti. Testování neprojevilo žádné signifikantní rozdíly mezi skupinami. To může být dáno vícero faktory. V první řadě je třeba zmínit, že počty respondentů pokusných skupin, kteří neabsolvovali úvodní hodinu, byly výrazně nižší. Dalším vysvětlením, které se objevuje i v literatuře, je přenos informací mezi spolužáky, kdy z výuky mají užitek i žáci, kteří se výuky nezúčastnili (Randler a kol. 2010). Vzhledem k tomu, že žáci, kteří při úvodní hodině chyběli, byli zařazeni do skupin přítomných žáků, je tato teorie více než pravděpodobná. Navíc testových otázek nebylo mnoho a velmi úzce souvisely s probíhajícím pokusem.

V literatuře se můžeme setkat také s vlivem věku žáků, kdy starší žáci dosahují lepších výsledků (Korbélyi 2018, Fančovičová a Prokop 2017a). V rámci této práce však nebyl pozorován žádný výrazný rozdíl mezi žáky druhého a třetího ročníku gymnázia. Ve srovnání s jinými výzkumy se však jedná o minimální rozdíl, v jiných pracích jsou porovnávání gymnazisté se žáky základních škol.

Poměrně zajímavou věc o vědomostech však paradoxně odhalilo testování postojů. Žáci kontrolních skupin měli reagovat na zvíře, které si pamatovaly z úvodní hodiny. Žáci si však zapamatovali pouze žízu a zlatohlávka, na stínku, či oblanku si nevzpomněl nikdo. Je tedy jasné patrné, že pouhá fotografie v prezentaci doplněná výkladem učitele žákům pro zapamatování nestačí (Korbélyi 2018). Časová prodleva mezi pre-testem a post-testem by v tomto případě neměla hrát roli. Např. Kamisah a Kaur (2014) testovali žáky až po třech měsících, v tomto výzkumu byl rozdíl mezi pre-testem a post-testem pouze 8 týdnů.

Zajímavé je porovnání s výzkumem Fančovičové a Prokopa (2017a). V jejich výzkumu figurovala experimentální skupina, která pracovala se stejnonožci a skupina kontrolní, která se živými zvířaty nepracovala. Obě skupiny na začátku absolvovaly teoretickou lekci v rozsahu jedné vyučovací hodiny, stejně jako v našem výzkumu. Obě skupiny však dosáhly podobných výsledků v oblasti vědomostí. Při dalším zkoumání však zjistili, že následné zachování vědomostí je vyšší u experimentální skupiny. To potvrzuje Pedaste a kol. (2015), který upozorňuje na lepší ukotvenost informací získaných v rámci BOV.

5.3. Postoje

Pokus měl, v souladu s podobnými pracemi (Fančovičová a Prokop 2017a, Korbélyi 2018, Randler a kol. 2012), jednoznačný vliv na změnu antipatií. U žáků, kteří absolvovali pokus včetně úvodní hodiny, došlo (s výjimkou žáků, kteří pracovali se zlatohlávkou) k poklesu odporu ke zvířeti. Důvodem, proč se tato hodnota nezměnila u žáků pracujících se zlatohlávkou, bude pravděpodobně dána malou aktivitou ponrav. Při úvodní hodině vypadali žáci překvapivě nadšeně, možná právě proto, že si zlatohlávky sami dobrovolně vybrali. Zatímco ostatní skupiny v průběhu pokusu pozorovaly svá zvířata a jejich pokroky, zlatohlávci se nepohybovali a ani nešli vidět. Žák tedy se zvířetem většinu času prakticky nebyl v kontaktu a neměl co zaznamenávat.

Žáci, kteří na úvodní hodině nebyli, dosáhli až překvapivě rozdílných výsledků. Nezúčastnili se úvodní teorie a chyběla jim zkušenost s přípravou mikrokosmu, na druhou

stranu se věnovali údržbě mikrokosmů. V případě zlatohlávků dokonce došlo ke zvýšení míry odporu je zvířeti, což se dá vysvětlit absencí kontaktu se zvířetem při zakládání pokusu. Tito žáci larvu zlatohlávky prakticky až do ukončení pokusu neviděli, navíc věnovali svůj čas kontrole a údržbě, která přinášela malé výsledky. Poměrně zajímavým jevem je absence změny u žáků, kteří pracovali se žížalami. Žížaly sice vyvíjely poměrně velkou aktivitu, také byly v mikrokosmu běžně viditelné, přesto však absence prvotního fyzického kontaktu chyběla. V případech oblanek a stínek bylo zaznamenáno zlepšení, avšak slabší než u žáků, kteří úvod absolvovali. V těchto dvou případech by mohla hrát roli jistá míra novosti zvířat. V průměru však míra odporu těchto žáků ke zvířatům narostla.

Výsledky kontrolních skupin proto spíše, než o posunu v míře odporu, vypovídají o schopnosti žáků pamatovat si látku z hodiny. Žáci měli pouze úvodní teoretickou lekci, proto nepracovali s jedním konkrétním druhem. Z toho důvodu měli v post-testu vyjádřit svůj vztah ke zvířeti, které si pamatují. Žáci si zapamatovali pouze žížaly (většina) a zlatohlávky. Odpovědělo tedy pouze 15 respondentů z 26, zbytek neodpověděl vůbec. To ukazuje na velmi malé ukotvení zvířat, která byla pro žáky nová (Radvanová a kol. 2018). Zlatohlávci v paměti uvázli pravděpodobně pro svou výraznou tělní stavbu. Z výsledků tedy vyplývá, důležitost přítomnosti živého zvířete ve výuce a vlastního fyzického kontaktu s ním (Papáček 2010 b). Bez jednoho či druhého je posun u žáků menší, nebo dokonce záporný.

Míra odporu ke zvířeti je jedním ze způsobů, jak vyjádřit změny, hodnoty jsou však zprůměrované a nevyjadřují nám, zda ve skupině všichni žáci získali o něco málo lepší pohled na zvíře, nebo jestli většina názor nezměnila a pár jednotlivců se nadchlo a posunulo celkové hodnoty. Z toho důvodu byla vyhodnocena změna postoj žáků, tedy zda se postoj žáků ke zvířeti zlepšil, zhoršil, nebo zůstal stejný.

Při detailním pohledu na výsledky žáků, kteří absolvovali úvodní hodinu, jsou jasné viditelné rozdíly mezi jednotlivými druhy. U oblanek a zlatohlávků se setkáváme s žáky, u kterých došlo ke zhoršení jejich postoje, naopak u žížal a stínek k žádnému zhoršení nedošlo. Postoje žáků, kteří pracovali se zlatohlávkami, jsou v drtivé většině případů beze změn. Naopak množství respondentů, kteří svůj postoj změnili k lepšímu či horšímu se příliš neliší a pohybuje se kolem 10 %. To v podstatě odpovídá antipatii, a potvrzuje, že žáci pro absenci aktivity zlatohlávků během pokusu názor změnit ani nemohli. Naopak u oblanek došlo u poloviny respondentů ke zlepšení vztahu. Je poměrně paradoxní, že druhou nejpočetnější skupinou nejsou žáci, kteří by postoj nezměnili, ale naopak, ti, kteří svůj pohled zhoršili. V jednom případě jsem zaznamenal, že během pokusu žákyně tvrdila, že byla „napadena“ oblankou, to však pokládám spíše za ojedinělý exces a žáci obecně na oblanky nereagovali nijak zvlášť emotivně. Naopak u žížal a stínek došlo k pozitivním posunům, jak už bylo zmíněno výše. Tento pokrok je mnohem výraznější u stínek, než u žížal, ty byly sice během pokusu aktivnější, ale stínky byly pro mnohé žáky novým zvířetem.

U žáků, kteří neabsolvovali úvodní hodinu, výrazně poklesl počet respondentů, kteří by získali lepší postoj. Naopak rostl spíše počet těch, kteří zaujímali horší postoj. To může být dáno absencí zajímavých praktických činností při založení mikrokosmů. Následná monotónní údržba mikrokosmů žáky spíše nudila. Ne všechny praktické činnosti jsou podle Holstermanna a kol. (2010) žáky hodnoceny pozitivně a je potřeba je v praxi otestovat.

Je pozoruhodné, že zatímco tři druhy zaznamenaly zhoršení, stínky zůstaly absolutně beze změn. Navíc v případě stínek to nelze vysvětlit oslnivými výsledky v rámci bioturbace. Spíše se jedná o faktory spojené se samotným zvířetem. Podle Almeidy a kol. (2014) je pro vnímání zvířete velmi důležitá stavba těla a chování zvířete. Stínky ve srovnání s ostatními druhy disponují krátkým tělem, poměrně zřetelnými smyslovými orgány a relativně malým

počtem kráčivých končetin s jejichž pomocí se přiměřeně rychle pohybují. Zjevně jsou tedy žákům bližší a sympatičtější než ostatní pokusné organismy.

U kontrolních skupin teoretická lekce způsobila drobný pozitivní posun v případě žízá. Potvrzuje se tedy, že pouhá fotka v prezentaci a výklad učitele postoje nijak výrazně neovlivní bez živého zvířete, které by žáci mohli vidět, nebo s ním pracovat.

5.4. Hodnocení výuky

Žáci vzhledem ke svému věku a povaze výuky na gymnáziu běžně vypracovávají protokoly a pracují ve školních laboratořích, toto bádání se však vymykalo délkou pokusu a použitím živých zvířat. Celkově žáci hodnotili pokus vcelku vyrovnaně. K dispozici měli škálu 1-6 (1 = bylo to hodně zajímavé, 6 = byla to otrava a nuda). Žáci, kteří absolvovali úvodní hodinu, hodnotili pokus prakticky shodně. Výsledky u žáků, kteří neabsolvovali úvod, byly paradoxně lepší. Kontrolní skupina KA hodnotila výuku stejně jako skupiny, které úvod absolvovaly, naopak KB jako jediná pokus hodnotila negativně. Rozdíl může být způsoben absencí pokusu, výuka tedy mohla být pro žáky méně zajímavá. Rozdíl však může být způsoben nepříjemnou událostí ve třídě, která se kryla s výukou. Rozdíly však mohou spíše pomoci vysvětlit konkrétní připomínky žáků. Ty svědčí o obecně pozitivním vnímání celé výuky ze strany žáků pokusných skupin, skrze výrazně vyšší počet pozitivních ohlasů.

Lepší hodnocení pokusu ze strany žáků, kteří je nezúčastnili úvodu, může vysvětlovat problematika délky pokusu (Votápková a kol. 2013). Právě délka pokusu budila u žáků rozporuplné reakce. Osm žáků označilo dlouhodobé zkoumání za jednu z pozitivních stránek celého pokusu, což byla 7. nejčastější odpověď. Naopak 13 žáků hodnotilo délku pokusu jako slabinu, což bylo 2. nejčastější negativum. Z literatury vyplývá, že časová náročnost je největší slabinou BOV i podle učitelů (Radvanová a kol. 2018). Celý pokus byl zahájen 9. října 2024. Poslední měření proběhlo 20. listopadu. V dalším týdnu však z důvodu celoškolské akce neprobíhalo vyučování, k ukončení a vyhodnocení pokusu tedy došlo až 4. prosince. Celý pokus tedy trval osm týdnů. Žáci, kteří nebyli na úvodní hodině, však neabsolvovali úvod, který trval 90 minut, přičemž jednotlivé kontroly trvaly kolem 10 minut. Z čistého času tedy strávili u pokusu minimálně o třetinu méně času než jejich kolegové, kteří na úvodní hodině byli.

Dalším komplikovaným bodem je volba tématu. Zatímco 10 žáků vnímalo téma dekompozice jako nezajímavé, 6 jej označilo jako zajímavé. Problematika výběru tématu je největší bolestí BOV (Petr 2010, Radvanová a kol. 2018), proto vzhledem k poměrně nízkému zastoupení v hodnotící části post-testu, nelze mluvit o neúspěchu tématu.

Z pohledu vyučujícího je větším negativem experimentu absence žáků. Mimo běžné absence z důvodu nemoci, za dobu osmi týdnů dvakrát neprobíhala výuka. Jedno z měření jsem tedy musel provést sám a na konci došlo ke zbytečnému prodloužení o týden. Skupina, se kterou jsem pokus zkoušel v dubnu a květnu, chyběla tak často, že nemohla být zahrnuta do této práce.

Naopak velice kladně žáci hodnotili přítomnost zvířat, což je v souladu s očekáváním (Korbélyi 2018). Hned první dvě největší pozitiva se věnovala zvířatům. Naopak mezi negativy nacházíme především obavy o stav či úhyn zvířat. Pouze pět odpovědí reagovalo na zvířata negativně a to jako na nepříjemná a nebezpečná, to je ovšem vzhledem k obecným postojům k půdní makrofauně (Almeida a kol. 2014, Randler a kol. 2012, Tuf 2013) velmi nízké číslo. Zde musím zmínit, že žádný žák nebyl v průběhu celé výuky zraněn, či jakkoli ohrožen na životě. I přes jistou nepopularitu, která byla v rámci výzkumu potvrzena při

ověřování postojů žáků, byla zvířata vnímána velmi pozitivně a došlo ke zlepšení postojů žáků, jak bylo napsáno výše.

Další skupinou postřehů, kterou můžeme zmínit, jsou připomínky související s organizací výuky. Celkově žáci vnímali pokus jako zpestření výuky a novou zkušenost, což bylo očekáváno (Dostál 2015). To sice na jednu stranu není samo o sobě nějakým velkým úspěchem, protože výuku dokáže zpestřit kde co, někdy ke značné nelibosti učitele. Na druhou stranu je to potvrzením, že celý koncept není slepou uličkou, že už nyní byl pro žáky přínosný a po vyladění některých nedostatků může být hodnotnou součástí výuky. Pokud je pro žáka něco primárně dlouhé a nudné, nebude to považovat za zpestření výuky. Oceňován byl také faktor skupinové práce, což je obecně známý přínos (Pedaste a kol. 2015). Během výuky bylo vidět, jak skupiny konstruktivně komunikují a pracují. Žáci také oceňovali, že zadané úkoly byly praktické a poněkud v rozporu s nejčastějšími výtkami, hodnotili kladně dlouhodobou povahu výzkumu.

6. Závěr

Práce prokázala, že dlouhodobý pokus se zaměřením na půdní makrofaunu a bioturbaci je realizovatelný. Metoda chovu a pozorování zvířat je vhodná pro výuku. Založení mikrokosmů žáci zvládnou během jedné vyučovací hodiny. Následné kontroly a údržba jsou rychle osvojeny a automatizovány a nenarušují další výuku. Při srovnání práce s další literaturou však vyvstává otázka způsobu zaznamenávání a následného zpracování dat. Zvolený způsob už záleží na každém učiteli, jeho cílech a možnostech, je však nesporné, že v tomto směru jsou možnosti rozvoje daleko za způsob realizovaný v této práci.

Půdní makrofauna se ve výuce osvědčila a potvrdila přínos zvířat ve výuce. Všechny použité druhy organismů se osvědčily pro další využití ve výuce, kromě larev zlatohlávků, vzhledem k jejich odlišnému chování během roku. Naopak stínky se ukázaly být pokusným zvířetem s největším potenciálem, a to i pro krátké pokusy.

Z hlediska výuky byl pro žáky pokus přínosem. Výuka dostala praktický rozměr spojený s rozvojem dovedností. Zároveň z reakcí žáků vyplývá spíše kladné hodnocení celé jejich práce. Je nutno konstatovat, že v práci bylo použito uzavřené bádání, žáci tedy neměli tolik možností a prostoru se rozvíjet, jako by měli u bádání otevřeného. Práce prokázala pozitivní změnu postojů žáků ke zvířatům, přínos v oblasti znalostí je diskutabilní.

Troufám si konstatovat, že tato diplomová práce ukazuje možnosti dalšího rozvoje. Plné rozvinutí potenciálu tohoto tématu je však spíše na zkušených učitelích v praxi, kteří nebudou vázání náležitostími diplomové práce a naopak díky svým učitelským dovednostem postupy rozvinou či úplně změní a dosáhnou ještě lepších výsledků.

Literatura

- Adl S.M. (2003): *The Ecology of Soil Decomposition*. Halifax: CABI Publishing. 335 s.
- Almeida, A.; Vasconcelos, C; Strecht-Ribeiro, O. (2014): Attitudes toward animals: A study of Portuguese children. *Anthrozoös*, 27.2:173-190. DOI: 10.2752/175303714X13903827487403.
- Arnold S., Williams E.R. (2016): Qualitification of the inevitable: the influence of soil macrofauna on soil water movement in rehabilitated open-cut mined lands. *SOIL* 2,41-48.
- Banchi H., Bell, R. (2008): The many levels of inquiry. *Science and Children*, 46. 2: 26.
- Bottinelli N., Joquet P., Capowiez Y., Podwojewski P. Grimaldi M. Peng X. (2015): Why is the influence of soil macrofauna on soil structure only considered by soil ecologists? *Soil & Tillage Research* 146, 118-124.
- Broly P., Deneubourg J.L., Devigne C. (2013): Benefits of aggregation in woodlice: a factor in the terrestrialization process? *Insectes Sociaux* 60, 419-435.
- Brussaard L. (1997): Biodiversity and Ecosystem Functioning in Soil. *Springer* 8, 563-570.
- Brzezina M. (2010): Podpora technických a přírodovědných oborů. Papáček M. ed. Didaktika biologie v České republice 2010 a badatelsky orientované vyučování: sborník příspěvků ze semináře: 25. a 26. března 2010. Pedagogická fakulta Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích. Syntézy výzkumu vzdělávání. ISBN 978-80-7394-210-6. 4-11.
- Collinson E.J., Riutta T., Slade E.M. (2013): Macrofauna assemblage composition and soil moisture interact to affect soil ecosystem functions. *Acta Oecologica* 47, 30-36.
- David J.F. (2014): The role of litter-feeding macroarthropods in decomposition processes: a reappraisal of common views. *Soil Biology & Biochemistry* 76, 109-118.
- Dostál, J. (2015): Badatelsky orientovaná výuka. Pojetí, podstata, význam a přínosy. *International Journal of Instruction*. 260 s. ISBN 978-80-244-4515-1
- Fančovičová, J., Pavol P. (2017): Effects of Hands-on Activities on Conservation, Disgust and Knowledge of Woodlice. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*. 14. 721-729.
- Frouz J. (2008): The effect of litter type and macrofauna community litter decomposition and organic matter accumulation in post-mining sites. *Biologia* 63, 249-253.
- Gongalsky B. K. (2021): Soil macrofauna study problems and perspectives. *Soil Biology and Biochemistry* 159,1-11.
- Hawkey, R. (2001): Walking with woodlice: An experiment in biodiversity education. *Journal of Biological Education*, 36(1), 11-15.
- Holstermann N., Grube D., Bögeholz S. (2010): Hands-on Activities and Their Influence on Students Interest. *Research in Science Education* 40 (5): 743–757.
- Hung, P.H., Lin, Y. F., Hwang, G. J. (2010): Formative assessment design for PDA integrated ecology observation. *Educational Technology & Society*, 13(3), 33–42.
- Irmeler U. (2000): Changes in the fauna and its contribution to mass loss and N release during leaf litter decomposition in two deciduous forests. *Pedobiologia* 44, 105-118.

- Jeřábek J., Tupý J. a kol. (2017): Rámcově vzdělávací program pro základní vzdělávání. Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy [online]. [cit. 2025-08-04]. Dostupné z: <http://www.msmt.cz/file/43792/>
- Ješková Z. (2016): Hodnotenie bádateľských zručností žiakov gymnázia. *Scientia in educatione*. 7. 48-70.
- Kammann C., Ratering S., Gorres C.M., Guillet C., Muller Ch. (2017): Stimulation of methane oxidation by CH₄-emitting rose chafer larvae in well-aerated grassland soil. *Biol Fertil Soils* 53, 491-499.
- Kamisah, O., Kaur S. J. (2014): Evaluating Biology Achievement Scores in an ICT Integrated PBL Environment. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education* 10. 185–194.
- Krůlová T. (2023): Preferovaný listový opad vybraných druhů suchozemských stejnonožců. Olomouc. Bakalářská práce. Univerzita Palackého, Přírodovědecká fakulta, Katedra ekologie a životního prostředí. 39 s.
- Korbélyi T. (2018): Suchozemští stejnonožci jako půdotvorní činitelé v praktické výuce biologie. Praha. Diplomová práce. Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Katedra učitelství a didaktiky biologie. 85 s.
- Maršák J., a Janoušková S. (2018): Trendy v přírodovědném vzdělávání [online]. In: Metodický portál RVP [cit. 2025-03-27]. Dostupné z: <https://clanky.rvp.cz/clanek/c/Z/1055/trendy-v-prirodovednem-vzdelavani.html/>
- Müller–Lemans H., van Dorp F. (1996): Bioturbation as a Mechanism for Radionuclide Transport in Soil: Relevance of Earthworms. *Journal of Environmental Radioactivity* 31, 7-20.
- Papáček M. (2010): Badatelsky orientované přírodovědné vyučování – cesta pro biologické vzdělávání generací Y, Z a alfa? *Scientia in educatione* 1. 33–49.
- Papáček, M. (2010): Limity a šance zavádění badatelsky orientovaného vyučování přírodopisu a biologie v České republice. Papáček M. ed. Didaktika biologie v České republice 2010 a badatelsky orientované vyučování: sborník příspěvků ze semináře: 25. a 26. března 2010. Pedagogická fakulta Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích. Syntézy výzkumu vzdělávání. ISBN 978-80-7394-210-6. 145-162.
- Pedaste, M. et al. (2015): Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Rresearch Review*, 14: 47-61.
- Petr J. (2010): Biologická olympiáda - inspirace pro badatelsky orientované vyučování přírodopisu a jeho didaktiku. Papáček M. ed. Didaktika biologie v České republice 2010 a badatelsky orientované vyučování: sborník příspěvků ze semináře: 25. a 26. března 2010. Pedagogická fakulta Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích. Syntézy výzkumu vzdělávání. ISBN 978-80-7394-210-6. 136-144.
- Potapov A.M., Beaulieu F., Birkhofer K., Bluhm S.L., Degtyarev M.I., Devetter M., Goncharov A.A., Gongalsky K.B., Klärner B., Korobushkin D.I., Liebke D.F., Maraun M., Mc Donnell R.J., Pollierer M.M., Schaefer I., Shrubovych J., Semenyuk I.I., Sendra A., Tůma J., Tůmová M., Vassilieva A.B., Chen T.W., Geisen S., Schmidt O., Tiunov A.V., Scheu S. (2022): Feeding habits and multifunctional classification of soil-associated consumers from protists to vertebrates. *Biological Reviews* 97, 1057-1117.

- Prescott C.E., Vesterdal L. (2021): Decomposition and transformations along the continuum from litter to soil organic matter in forest soils. *Forest Ecology and Management* 498, 119522.
- Prokop P., Fančovičová J. (2017): The effect of hands-on activities on children's knowledge and disgust for animals. *Journal of Biological Education*. 51. 305-314, DOI:10.1080/00219266.2016.1217910
- Radvanová S., Čížková V., Martiníková P. (2018): Mění se pohled učitelů na badatelsky orientovanou výuku?. *Scientia in educatione*. 9, 81-103.
- Randler C., Ilg A., Kern J. (2010): Cognitive and emotional evaluation of an amphibian conservation program for elementary school students. *The Journal of Environmental Education*. 37. 43-52.
- Randler C. Hummel E., Prokop P. (2012): Practical work at school reduces disgust and fear of unpopular animals. *Society & Animals*. 20. 61-74.
- Schlaghamerský J., Pižl V., Tajovský K., Tuf I.H., Tůma J., Šimek M. (2020): Živá půda 5. Půdní makrofauna a megafauna. *Živa* 6, 302-307.
- Stuchlíková, I. (2010): O badatelsky orientovaném vyučování. Didaktika biologie v České republice 2010 a badatelsky orientované vyučování. Papáček M. ed. Didaktika biologie v České republice 2010 a badatelsky orientované vyučování: sborník příspěvků ze semináře: 25. a 26. března 2010. Pedagogická fakulta Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích. Syntézy výzkumu vzdělávání. ISBN 978-80-7394-210-6, 129-135.
- Tuf I.H. (2013): Praktika z půdní zoologie. Univerzita Palackého v Olomouci. 93 s. ISBN 978-80-244-3479-7
- Votápková D. (2013): Badatelé.cz: průvodce pro učitele badatelsky orientovaným vyučováním. Praha: Sdružení Tereza. ISBN 978-80-87905-02-9.
- Wilkinson M.T., Richards P.J., Humphreys G.S. (2009): Breaking ground: Pedological, geological, and ecological implications of soil bioturbation. *Earth – Science Reviews* 97, 257-272.
- Zajíček M. (2023): Bioturbační potenciál půdní makrofauny. Olomouc. Bakalářská práce. Univerzita Palackého, Přírodovědecká fakulta, Katedra ekologie a životního prostředí. 44 s.

Seznam příloh

Příloha 1. Manuál pro učitele

Příloha 2. Pracovní protokol

Příloha 3. Vyhodnocovací protokol

Příloha 4. Pre-test

Příloha 5. Post-test pokusných skupin

Příloha 6. Post-test kontrolních skupin

Příloha 1. Manuál pro učitele

Pokus s půdní makrofaunou se osvědčil pro účely této diplomové práce. Každý učitel má však jistě své vlastní představy a cíle, které má výuka naplnit. Cílem tohoto manuálu není vytvořit postup, podle kterého bude přesně bod po bodu probíhat výuka. Spíše chci ukázat směr, jakým lze směřovat a upozornit na pár úskalí, která mohou pedagoga a jeho žáky potkat. Dál budou jako přílohy vloženy konkrétní testy a protokoly, které byly v diplomové práci použity a mohou sloužit jako inspirace.

Nejdříve je třeba nastínit, co pokus přináší...

- Zvířata ve výuce
- Praktická práce
- Možnost rozvíjet dovednosti žáků

a co učitele naopak stojí...

- Příprava (hlavně poprvé)
- Najít vhodný termín
- Riziko nečekaného vývoje

Cílová skupina

Jako cílovou skupinu bych označil žáky, kteří mají učitele ochotného zkusit něco nového. Pokud nemají žáci vážné potíže s disciplínou, věřím že zvládnou pokus nejen na střední škole, ale už i na druhém stupni.

Časová náročnost

Založení mikrokosmů je věcí jedné vyučovací hodiny. Údržba a zaznamenávání dat se bez problému zvládne do deseti minut. Otázkou však je kolik na tuto kostru každý učitel nabalí dalších aktivit. Celá výuka může začít obyčejným výkladem, připraveným pracovním listem, který žáci vyplní, nebo několika otázkami napsanými na tabuli a volným přístupem k internetu. Délka vlastního chovu zvířat je v podstatě také podmíněna zájmem učitele. Pokus může trvat měsíc, nebo klidně i tři. Záleží, jestli chce vyučující pouze ukázat stav před a po, nebo zda mu jde o datovou řadu, kterou by žáci vyhodnocovali.

Osvědčené pokusné organismy

Stínka obecná

- Většinou nehrabe
- Do dvou měsíců se rozmnoží
- Velká produkce trusu

Svinka obecná

- Hrabe o něco málo víc než stínka
- Nemnoží se
- Zajímavá obranná strategie

Oblanka sídelní

- Hned ze začátku vyhloubí značné množství hlubokých chodbiček
- Bývá někdy schovaná v chodbičkách

Žížala hnojní

- Spolehlivě vytvoří velké množství chodbiček
- Špatně rozeznatelný trus
- Po několika týdnech už na první pohled beze změn

Zlatohlávek zlatý

- Pro velké rozměry rychlé výsledky
- Riziko kuklení či neaktivity
- Potenciální ukázka metamorfózy

Všechna tato zvířata se dají nalovit v parku, či na zahradě, nejlepším lovištěm je ale kompost. Potenciálně se dá vydat na lov spolu s žáky, tato možnost se ale pojí s rizikem demotivace žáků, při malém úlovku.

Pomůcky

Jako substrát se osvědčil různobarevný písek. Zvířata se krmí listovým opadem, doporučit se dá javor, líska, nebo olše. Dokrmujeme mrkví. Výborná správa je, že sklo mohou přinést žáci sami. Problém je, že klasicky ne všichni přinesou, a ne všichni to pochopí, a proto hrozí riziko malého množství sklenic různé velikosti. Proto stojí za to žákům názorně ukázat a

ideálně nechat kolovat sklenici požadované velikosti. Na hodinu by však přesto obezřetný pedagog měl přinést alespoň pětinu potřebného množství sklenic. Jinak z pomůcek stojí za zmínku velké množství různých misek na vše možné a nemožné, co nemá skončit na zemi, ale také rozprašovače a entomologické pinzety. Pinzety jsou jedinou specializovanou věcí, kterou je potřeba sehnat. Dále je postup detailně popsán v Příloze 2.

Varování

Během pokusu čelí vyučující dvěma rizikům první je unik zvířat a druhé je vyschnutí, či přemokření mikrokosmu. Unik zvířat nehrozí, pokud je hrdlo lahve čisté a listy nedosahují příliš vysoko. Rosení je třeba vyzkoušet. Přes sklenici by měl být písek vždy vlhký, nesmí však být vidět hladina vody. Voda by měla být přítomna spíše jako vlhkost mezi zrnky písku, nikdy ne jako souvislá vodní masa ve sklenici.

Vyhodnocení

Vyhodnocení lze realizovat různými formami, záleží, zda žáci pracují s daty v papírové, či digitální formě, zda může učitel tuto část delegovat do hodin informatiky, nebo třeba matematiky. Prakticky jde jen o to, kolik času je učitel ochoten aktivitám věnovat.

Závěr

Podrobný postup práce nabízí následující přílohy. Pokud se však nějaký pedagog pro tento pokus nadchne, není nic lepšího, než si ho sám v menším vyzkoušet a ověřit jeho možnosti a limity. Na základě zkušenosti bude plánování výuky mnohem nápaditější a přínosnější.



Pomůcky pro založení mikrokosmů



Žákyně při práci



Mikrokosmy v přepravech



Mikrokosmos se žížalami

Příloha 2. Pracovní protokol

Dekompozice a půdní makrofauna

Skupina:.....

Dekompozice je proces rozkladu mrtvé organické hmoty. Ta se postupně mění v humus, který je nezbytnou součástí půd. Na tomto procesu se podílí široké spektrum organismů. V tomto experimentu se zaměříme na skupinu půdní makrofauny.

Půdní makrofauna bývá nejčastěji definována jako skupina organismů žijících v půdě o rozměrech 2 – 20 mm, s důrazem na šířku těla, protože ta určuje průměr vytvářených chodbiček. Složitější je systematika skupiny, protože zahrnuje kroužkovce, stejnonožce, hmyz a další skupiny. Nejvýznamnější skupiny jsou žížaly, mravenci, a termiti, kteří se významně podílejí na fungování ekosystémů. Jejich dopad je tak velký, že o nich mluvíme, jako o ekosystémových inženýrech. Tyto významné skupiny však mohou zakrývat funkci mnoha dalších živočichů, kteří v půdě žijí.

Živočichové v půdě hrabou, hledají potravu a hloubí chodby, dochází tedy k promísení různých materiálů, k provzdušnění půdy, usnadnění vsakování vody a vytvoření vhodných podmínek pro jiné druhy. Transport částic v půdě, který tyto živočichové způsobují se nazývá bioturbace. Bioturbace je tedy proces nezbytný pro vznik a fungování půdy. Organická hmota z povrchu je zanášena do hlubších vrstev, naopak z hlubších vrstev k povrchu se dostávají anorganické látky, dochází tedy k promíchávání různých horizontů.

Cíle experimentu

Pozorovat, zaznamenat a porovnat změny v mikrokosmech způsobené jednotlivými vybranými druhy půdní makrofauny.

Mikrokosmos

Organismy budou chovány a pozorovány v mikrokosmech. Tato metoda umožňuje zkoumání jevů, které by za přirozených podmínek nebylo možné pozorovat. Jedná se o malé prostředí s uměle nastavenými podmínkami, které plně neodpovídá přírodnímu prostředí. Toto umělé prostředí však bude stejné pro všechny druhy, takže nám dává možnost jejich vzájemného srovnání. Mikrokosmos bude částečně naplněn minerálním substrátem, na který bude doplněna organická hmota.

Pozorování živočichové

Zlatohlávek zlatý (*Cetonia aurata*)

- Brouci (Coleoptera)
- Larva = ponrava
- Dospělec žije mimo půdu, živí se rostlinnými šťávami
- Tělo: 3 páry končetin uzpůsobených k hrabání, hlava s pevným povrchem, naopak zbytek těla kryt tenkou pokožkou
- Výskyt: Tlející organická hmota typicky komposty

Oblanka sídelní (*Cylindroiulus caeruleocinctus*)

- Mnohonožky (Diplopoda)
- Tělo: kryté kutikulou (chitin), kruhový průřez, kráčivé končetiny
- Druh původem ze západní Evropy
- Výskyt: pod kameny a ve spadaném listí, často v člověkem pozměněných lokalitách

Stínka obecná (*Porcellio scaber*)

- Stejnonožci (Isopoda)
- Proti vyschnutí se brání agregací – zvířata se shlukují a mačkají se k sobě
- Tělo: kryté článkovaným krunýřem, 7 párů kráčivých končetin
- Výskyt: pod kůrou, kameny, případně synantropně ve sklepích

Žížala hnojní (*Eisenia fetida*)

- Kroužkovci (Annelida)
- Hermafrodit
- Tělo: dlouhé a úzké, pokryto pokožkou se žlázami vylučujícími hlen a štětinami, zrakové orgány zakrnělé, pouze buňky odlišující světlo a tmu
- Výskyt: převážně tlející organická hmota, nejčastěji komposty a hnůj

Na základě předchozích informací se zamyslete:

Všichni zástupci makrofauny musí v mikrokosmu fungovat v souladu se svými životními potřebami a s ohledem na stavbu těla.

Druh:

.....

Co potřebuje váš organismus pro to, aby mohl v mikrokosmu přežít?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

..Na základě vaší odpovědi se pokuste předpovědět chování organismu v průběhu pokusu. V jaké části mikrokosmu předpokládáte, že bude trávit většinu času? (stavba těla a chování zvířete bývají obvykle propojeny)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

..

Pomůcky

Sklenice, písek, mrkev, sušené javorové listí, měkké pinzety, lihové fixy, lžice, misky, rozprašovač

Postup

Založení experimentu

1. Do zavařovací sklenice nasypeme 3 lžice žlutého písku. Po nasypání každé vrstvy je třeba opatrným zatřesením ze strany na stranu vrstvu srovnat. **POZOR!** Opatrně, aby se vrstvy nepomíchaly. Druhou vrstvu bude tvořit stejné množství bílého písku. Poslední vrstvu bude tvořit žlutý písek, ve stejném množství jako v předchozích vrstvách. Po nasypání každé vrstvy je třeba opatrným zatřesením ze strany na stranu vrstvu srovnat. **POZOR!** Opatrně, aby se vrstvy nepomíchaly.
2. V tuto chvíli pomocí lihového fixu obtáhneme hranice vrstev a čtyřmi svislými čarami si mikrokosmos rozdělíme na čtvrtiny. Nezapomeneme sklenice popsat zkratkou druhu a číslem.
3. Na povrch písku umístíme vrstvu organické hmoty, tedy kolečko mrkve a nadrcené sušené javorové listy. **POZOR!** Je třeba nabrat drť bez žilnatiny a dbát na to, aby hmota nedosahovala až k okraji sklenice, Hrozil by únik zvířat.
4. Takto připravený mikrokosmos bude navlhčen pomocí rozprašovače. **POZOR!** Po několika stisknutích je třeba chvíli počkat až voda vsákne. Cílem je, aby se dostala do hlubších vrstev, na dně by však neměla stát vrstva vody.
5. Mikrokosmy osadíme zvířaty dle pokynů. Zlatohlávci budou umístováni po jednom, žížaly a oblanky po dvou a stínky po třech kusech.
6. Mikrokosmos opatrně umístíme do připravené bedny.

Průběh experimentu

1. Mikrokosmy budou každý týden ve stejnou dobu kontrolovány. **POZOR!** S mikrokosmy se musí zacházet opatrně, přílišné otřesy by mohly vést k hroucení chodbiček!
2. Jednotlivé pozorované struktury budou zapisovány do tabulky. V tabulce se budou objevovat hodnoty 0 až 4. Pokud v první vrstvě nebude pozorována žádná chodbička, bude zjištěná hodnota 0. Pokud se budou chodbičky v první vrstvě vyskytovat v jednom segmentu bude hodnota 1, pokud ve dvou, tak 2...
3. Následně bude doplněn organický materiál a mikrokosmos bude navlhčen.

Příloha 3. Vyhodnocovací protokol

Organismus:

Skupina:

1. V jakých vrstvách vytvořil pokusný organismus chodbičky v průběhu celého experimentu? Zasáhl všechny vrstvy?

2. Srovnání stavu chodbiček při měřeních 1, 3 a 6. Zapište hodnoty, u každého měření vyznačte červeně nejnížší hodnotu a zeleně nejvyšší.

	Měření 1	Měření 3	Měření 6
CH1			
CH2			
CH3			

3. V jakých vrstvách odkládal pokusný organismus trus v průběhu celého experimentu? Zasáhl všechny vrstvy?

4. Srovnání stavu trusu při měřeních 1, 3 a 6. Zapište hodnoty, u každého měření vyznačte červeně nejnížší hodnotu a zeleně nejvyšší.

	Měření 1	Měření 3	Měření 6
TP			
T1			
T2			
T3			

5. Na základě získaných dat popište, jakou vrstvu mikrokosmu organismus nejvíce využíval a zkuste zdůvodnit proč.

6. Porovnejte svou odpověď s hypotézou ze založení experimentu (protokol). V čem je podobná a v čem se liší?

Příloha 4. Pre-test

1. Slyšel/a jsi někdy o bioturbaci? Co tento pojem označuje?
2. Jaké složky má půda?
3. Setkal/a jsi se někdy s pojmem půdní makrofauna? Co tento pojem označuje?
4. Jakou roli hraje půdní makrofauna v tvorbě a fungování půdy?
5. Zakroužkuj zástupce půdní makrofauny:

<i>žížala hnojní</i>	<i>krtek obecný</i>	<i>čmelák zemní</i>
<i>stínka obecná</i>	<i>oblanka sídelní</i>	<i>zlatohlávek zlatý</i>
<i>hraboš polní</i>	<i>ropucha obecná</i>	<i>ještěrka obecná</i>
6. Vypiš zvířata z otázky 5, která jsi někdy viděl/a na živo:
7. Setkal/a jsi se někdy během výuky s využitím živých zvířat při pokusu? Pokud ano, jaká to byla zvířata a jak pokus probíhal?

Příloha 5. Post-test pokusných skupin

Zúčastnil/a jsi se úvodní hodiny? Zakroužkuj odpověď:

ANO – NE

8. Slyšel/a jsi někdy o bioturbaci? Co tento pojem označuje?

9. Jaké složky má půda?

10. Setkal/a jsi se někdy s pojmem půdní makrofauna? Co tento pojem označuje?

11. Jakou roli hraje půdní makrofauna v tvorbě a fungování půdy?

12. Zakroužkuj zástupce půdní makrofauny:

žížala hnojní

krtek obecný

čmelák zemní

stínka obecná

oblanka sídelní

zlatohlávek zlatý

hraboš polní

ropucha obecná

ještěrka obecná

13. Vypiš zvířata z otázky 5, která jsi někdy viděl/a na živo:

14. Jaké zvíře jsi měl/a možnost pozorovat a jak sympatické ti na začátku pokusu bylo?

Zakroužkuj odpověď: 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6

(1 = moc sympatické, 6 = odporné)

15. Změnilo se nějak tvé vnímání pokusného organismu? Ohodnot' na stejné stupnici, jak

vnímáš zvíře teď: 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6

(1 = moc sympatické, 6 = odporné)

16. Na stupnici vyhodnot', jak moc zajímavý pro tebe experiment byl:

1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6

(1 = byl hodně zajímavý, 6 = byla to otrava a nuda)

17. Napiš tři pozitivní a tři negativní aspekty tématu i práce:

+

-

+

-

+

-

Příloha 6. Post-test kontrolních skupin

Zúčastnil/a jsi se úvodní hodiny? Zakroužkuj odpověď:

ANO – NE

1. Slyšel/a jsi někdy o bioturbaci? Co tento pojem označuje?
2. Jaké složky má půda?
3. Setkal/a jsi se někdy s pojmem půdní makrofauna? Co tento pojem označuje?
4. Jakou roli hraje půdní makrofauna v tvorbě a fungování půdy?
5. Zakroužkuj zástupce půdní makrofauny:

<i>žížala hnojní</i>	<i>krtek obecný</i>	<i>čmelák zemní</i>
<i>stínka obecná</i>	<i>oblanka sídelní</i>	<i>zlatohlávek zlatý</i>
<i>hraboš polní</i>	<i>ropucha obecná</i>	<i>ještěrka obecná</i>
6. Vypiš zvířata z otázky 5, která jsi někdy viděl/a na živo:
7. Jaké zvíře si pamatuješ z přednášky a jak sympatické ti tehdy bylo? Zakroužkuj odpověď:
1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 (1 = moc sympatické, 6 = odporné)
8. Změnilo se nějak tvé vnímání tohoto zvířete? Ohodnot' na stejné stupnici, jak jej vnímáš teď:
1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 (1 = moc sympatické, 6 = odporné)
9. Na stupnici vyhodnot', jak moc zajímavé pro tebe téma o půdě bylo:
1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 (1 = bylo hodně zajímavé, 6 = byla to otrava a nuda)