

Česká zemědělská univerzita v Praze

Institut vzdělávání a poradenství

Katedra profesního a personálního rozvoje



**Didaktický projekt pro výuku odborných předmětů
v oboru ekologie a životní prostředí na modelovém
organismu invazního sluněčka východního (*Harmonia
axyridis*)**

Závěrečná práce

Autor: Ing. Michal Řeřicha

Vedoucí práce: doc. PhDr. Radmila Dytrtová, CSc.

2019

ZADÁNÍ ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Ing. Michal Řeřicha

Studium učitelství odborných předmětů

Název práce

Didaktický projekt pro výuku odborných předmětů v oboru ekologie a životní prostředí na modelovém organismu invazního sluněčka východního (*Harmonia axyridis*)

Název anglicky

Didactic project in teaching of vocational subjects for the fields of ecology and environment education on the model species of harlequin ladybirds *Harmonia axyridis*

Cíle práce

Cílem práce je vytvořit didaktický projekt, který se komplexně zabývá pochopením složitosti biologické invaze a provázaností ekologických vztahů v přírodě. Modelovým organismem pro praktickou část bude invazní sluněčko východní (*Harmonia axyridis*). Projekt bude možné realizovat v rámci středoškolského oboru vzdělávání ekologie a životní prostředí. Praktická část práce obsahuje metodický postup pro učitele, organizační strukturu projektu a vlastní pracovní listy. Na projektový den volně navazuje možný experimentální chov vlastních sluněček. Dílčím cílem práce je sepsat literární rešerši o zkoumaném druhu, ekologických souvislostech a vysvětlení důležitých odborných termínů pro praktickou část práce. Mezi možné edukační cíle práce dále patří přispění ke správnému pochopení problematiky ochrany životního prostředí či ohrožení světové biodiverzity.

Metodika

Literární rešerše o rozsahu maximálně deseti stran bude vypracována z podkladů v doporučené literatuře a za využití informačních zdrojů České zemědělské univerzity (např. WoS). Praktická část bude zahrnovat pokročilejší didaktické formy a metody k poutavému řešení vybrané problematiky. Z odborného hlediska bude projekt zaměřený na biologickou invazi obsahovat následující: osvojení si dovedností k vlastnímu terénnímu lovu hmyzu, determinaci zkoumaného druhu včetně pohlaví, schopnost analyzovat hemolymfu, pozorování líhnutí parazitoidů a houbových onemocnění či pochopení délky trvání vývoje hmyzu s proměnou dokonalou. Celý vyučovací proces tak nabízí jedinečnou možnost komplexního přístupu k řešené problematice invazního druhu, od obecného poznávání sluněček (determinace druhu a pohlaví) až po zkoumání možných příčin biologické invaze (pozorování imunitního systému a mikrosporidií). Dále budou vytvořeny pracovní listy zabývající se biologií a ekologií těchto suchozemských brouků a při realizaci jednotlivých experimentů žáci budou využívat vlastní nasbíraný biologický materiál.

Doporučený rozsah práce

Dle pravidel pro psaní kvalifikačních prací

Klíčová slova

Didaktický projekt, ekologické vztahy, ekologie hmyzu, slunéčko východní, projektová výuka

Doporučené zdroje informací

- KNAPP M., DOBEŠ P., ŘEŘICHA M., HYRŠL P.: Puncture vs. reflex bleeding: Haemolymph composition reveals significant differences among ladybird species (Coleoptera: Coccinellidae), but not between sampling methods. *European Journal of Entomology* 115: 1-6.
- MILLER, I. – ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. INSTITUT VZDĚLÁVÁNÍ A PORADENSTVÍ, – SLAVÍK, M. *Oborová didaktika pro zemědělství, lesnictví a příbuzné obory : textová studijní opora – součást modulu řízeného samostudia pro učitelství odborných předmětů*. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2012. ISBN 978-80-213-2277-6.
- MILLER, I. – SLAVÍK, M. *Oborová didaktika pro zemědělství, lesnictví a příbuzné obory : textová studijní opora – součást modulu řízeného samostudia pro učitelství odborných předmětů*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Institut vzdělávání a poradenství, 2006. ISBN 80-213-1549-0.
- NEDVĚD, O. – NEDVĚD, O. *Brouci čeledi slunéčkovití (Coccinellidae) střední Evropy = Ladybird beetles (Coccinellidae) of Central Europe*. Praha: Academia, 2015. ISBN 978-80-200-2495-4.
- PAPÁČEK: Badatelsky orientované přírodovědné vyučování – cesta pro biologické vzdělávání generací Y, Z a alfa? *Scientia in educatione*, 2010, roč. 1, č. 1, s. 33–49. ISSN 1804-7106.
- SCHMIDTBERG, RÖHRICH, VOGEL, VILCINSKAS: A switch from constitutive chemical defence to inducible innate immune responses in the invasive ladybird *Harmonia axyridis*. *Biology Letters* 9: 20130006.
- SLAVÍK, M. – MILLER, I. – HUSA, J. – ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. INSTITUT VZDĚLÁVÁNÍ A PORADENSTVÍ. *Materiální didaktické prostředky a technologie jejich využívání : [textová studijní opora]*. V Praze: Česká zemědělská univerzita, Institut vzdělávání a poradenství, 2007. ISBN 978-80-213-1705-5.
-

Předpokládaný termín obhajoby

2018/19 LS – IVP

Vedoucí práce

doc. PhDr. Radmila Dytrtová, CSc.

Garantující pracoviště

Katedra profesního a personálního rozvoje

Elektronicky schváleno dne 25. 11. 2019

Mgr. Jiří Votava, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 25. 11. 2019

Ing. Karel Němejc, Ph.D.

Pověřený ředitel

V Praze dne 28. 11. 2019


Prohlášení

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci na téma: Didaktický projekt pro výuku odborných předmětů v oboru ekologie a životní prostředí na modelovém organismu invazního slunéčka východního (*Harmonia axyridis*) vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědom, že na moji závěrečnou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze dne 29. 11. 2019



.....

(podpis autora)

Poděkování

Děkuji svému původnímu vedoucímu Ing. Jiřímu Husovi, CSc. za poskytnuté rady během konzultování řešení práce a své aktuální vedoucí doc. PhDr. Radmile Dytrtové, CSc. za vstřícný přístup a cennou zpětnou vazbu k práci. Dále děkuji svému školiteli v rámci doktorského studia Ing. Michalu Knappovi, Ph.D., který mne ke zkoumání problematiky invazního sluněčka přivedl již před šesti lety a stále naše společné nadšení v této oblasti trvá. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat své přítelkyni a rodině za podporu během celého studia.

V Praze dne 29. 11. 2019

Michal Řeřicha

Abstrakt

Cílem práce je vytvořit didaktický projekt zaměřený na téma biologické invaze, na modelovém organismu invazního slunéčka východního (*Harmonia axyridis*), pro výuku odborných předmětů biologie a ekologie, v rámci středoškolského oboru vzdělání ekologie a životní prostředí. V rámci stanovených cílů praktické části byl vytvořen metodický postup s organizační strukturou projektu pro učitele, pomůcka pro odchyt terestrického hmyzu a pracovní listy pro žáky středních škol se zaměřením na ekologii a ochranu přírody. Kompletní didaktický projekt vysvětluje důležitý komplexní pohled na ekologii a biologii invazních druhů. Konkrétně se skládá z terénního odchytu hmyzu, správné determinace slunéček východních, včetně jejich pohlaví, odběru a základní analýzy hemolymfy, observace líhnutí parazitoidů, houbového onemocnění a kompletního vývoje hmyzu s proměnou dokonalou. Pro vytvořený projekt je dále sepsána stručná literární rešerše představující zkoumaný druh a poznatky k didaktice odborných předmětů. Rešerše také vysvětluje odborné termíny v oblasti ekologie a poskytuje pro učitele důležitý podklad před realizací vlastní praktické části. Projekt lze realizovat komplexně nebo dle uvážení pedagoga, pouze ve vybraných etapách (podle označení v praktické části).

Klíčová slova

Didaktický projekt, ekologické vztahy, ekologie hmyzu, slunéčko východní, projektová výuka.

Abstract

The aim of this work is to create a didactic project focused on the topic of biological invasions, using the multi-coloured Asian ladybird *Harmonia axyridis* as the model species. The project is designed to be employed in teaching specialized subjects biology and ecology, within the secondary school education program of ecology and environment. The goals of the practical part are to: 1) create a methodical procedure with the organizational structure of the project for teachers, 2) design a protocol for catching terrestrial insects and 3) prepare worksheets for school pupils to work with. The complete didactic project provides an important comprehensive view of the ecology and biology of an invasive species. Specifically, it covers insect sampling, correct identification of *Harmonia axyridis* (including their sex), guide for collection and basic analysis of ladybird haemolymph, observation of hatching parasitoids, fungal disease identification and the entire development of holometabolous insects. The project includes a brief literary review on the biology of *Harmonia axyridis* and knowledge of didactics of specialized subjects. The project also explains technical terms in the field of ecology and provides an important basis for teachers before performing the practical part in their classes. The project can be fully implemented, or teachers can select specific parts according to the practical parts that will be performed.

Key words

Didactic project, ecological relationships, insect ecology, ladybirds, project teaching.

Obsah

1. Úvod.....	9
2. Cíle práce.....	11
3. Teoretická část	12
3.1 Výchovně-vzdělávací proces	12
3.1.1 Projektové vyučování.....	12
3.2 Materiální a nemateriální prostředky vyučování v rámci didaktiky odborných předmětů	14
3.2.1 Materiální didaktické prostředky	14
3.2.2 Nemateriální didaktické prostředky	15
3.3 Představení modelového organismu <i>H. axyridis</i> a jeho chování	16
3.3.1 Vznik invazní formy slunéčka a její šíření	17
3.3.2 Vývoj slunéčka <i>H. axyridis</i> od vajíček po dospělé	18
3.3.3 Potenciální biologické zbraně slunéčka, efektivně fungující imunitní systém a nákaza houbou <i>Hesperomyces harmoniae</i>	19
3.3.4. Vývoj parazitoidů v těle slunéček.....	20
4. Praktická část	21
4.1 Metodika	21
4.1.1 Analýza zařazení didaktického projektu v rámci RVP 16-01-M/01.....	21
4.1.2 Využití teoretického pozadí pro tvorbu vyučovacích jednotek a pracovních listů.....	22
4.1.3 Tvorba jednotlivých úkonů v rámci praktické části projektu	23
4.2.1 Návrh didaktického projektového dne pro obor ekologie a životní prostředí 24	
4.2.1.1 Specifikace projektového dne	25
4.2.1.2 Metodická část k projektu pro učitele.....	26
4.2.1.3 Pracovní listy k didaktickému projektovému dni.....	37
4.2.2 Návrh experimentální výuky pro obor ekologie a životní prostředí	54
4.2.2.1 Specifikace experimentální výuky.....	54
4.2.2.2 Metodická část pro učitele k experimentální chovu slunéček.....	56
4.2.2.3 Pracovní list k projektové výuce	61
5. Diskuze.....	65
6. Závěr	67
7. Seznam použitých zdrojů	68
8. Seznam tabulek.....	71

1. Úvod

Vlivem stále vyššího důrazu na vědeckou komunitu a progresím nejnovějších IT technologií, došlo v recentní době k extrémně rychlému rozvoji vědeckého poznání napříč jednotlivými obory. Bohužel implementace těchto poznatků mezi širokou veřejnost (a do škol), se stává stále náročnější. Jako konkrétní příklad z oblasti přírodovědných oborů lze uvést výzkum invazního slunéčka východního (*Harmonia axyridis*, Pallas, 1773). Přestože za poslední desetiletí vzniklo více než pět set publikovaných vědeckých článků týkajících se této problematiky (Web of Science 2008–2018) mezi širokou veřejností se o biologické invazi slunéčka východního ví spíše sporadicky. Přitom objevování ekologických souvislostí, za využití slunéček *H. axyridis* jako modelového organismu v rámci vyučování přírodovědných předmětů, je nejen snadné, ale také pro žáky jistě velmi atraktivní. Dokonce se domnívám, že podobně atraktivní musí být v rámci vyučování odborných předmětů ekologie a životní prostředí také téma biologické invaze, širokou veřejnost jednoduše baví nejrůznější představy o „vetřelcích“.

Zajímavost slunéčka lze demonstrovat hned několika různými příklady. Invazním původem a šířením v rámci Evropy na přelomu milénia. Důsledkem jsou mnoha tisícové agregace během přezimování nejen v domácnostech a konkurenční tlak na naše původní druhy slunéček (Nedvěd, 2014). Extrémní silou imunitního systému a chemických látek obsažených v těle slunéček. Jejichž dopadem je nepříjemný zápach při kontaktu s kůží člověka ale i možný potenciál ve využití látek (alkaloidů) v medicíně (Schmidtberg *et al.*, 2013; Nedvěd, 2014). Slunéčko je dále zajímavé dědičností, početností a barevností jednotlivých variet druhu (Nedvěd, 2015). Přítomností „symbiotických“ hub tzv. mikrosporidií uvnitř těla, což souvisí s teorií možného nakažení našich původních druhů slunéček, které nejsou schopny účinně mikrosporidiím odolávat (Schmidtberg *et al.*, 2013). Vývojem endoparazitoida „lumčíka“ uvnitř těla slunéčka, jehož zázrak tkví v manipulaci s chováním hostitele a mohl by být v budoucnu využit jako biologická kontrola invazních slunéček (Dheilly *et al.*, 2015).

Pro nastupující generace Z/alfa, vyrůstající v digitálním pokroku se stává vnímání přírody stále složitější, dokonce může docházet k problematice odcizení od přírody nebo od jejího současného stavu (Papáček, 2010; Nedorostová, 2017).

Vyučovací proces přírodovědných předmětů proto může být v budoucnu stále složitějším, dle Papáčka (2010) přírodovědné vzdělání trpí sníženým zájmem žáků a studentů, což může být způsobené vyšší náročností předmětů či nízkým zájmem (motivací) přírodovědné předměty absolvovat. Vzhledem k složitému postavení přírodovědných předmětů nastává klíčová otázka, které informace skutečně přenést do výchovně vzdělávacího procesu a zároveň přitom zvolit vhodné formy a metody výuky. Pro doplnění lze uvést, že při standardním výkladu za použití prezentace si člověk v průměru zapamatuje asi třetinu všech informací, ale při vykonávání praktických úkolů, které vedou k získání vlastních zkušeností je člověk schopen udržet až 90 % informací (Papáček, 2010; Dostál, 2013).

Pro zefektivnění didaktiky u odborných přírodovědně zaměřených předmětů je vhodné dostatečně využívat praktické formy výuky. Praktická výuka by zároveň měla zahrnovat vhodné metody, například motivační, problémového vyučování či využití experimentů. Jako vhodný model se jeví badatelsky orientovaná výuka využívající prvků projektového vyučování, která výborně zapojuje žáky do procesu učení. Vhodnost lze dále demonstrovat i tím, že badatelsky orientované aktivity jsou již několik let mezinárodním trendem (Papáček, 2010; Dostál, 2013). Ostatně již J. A. Komenský pravil „Schola Ludus“.

Cílem mojí závěrečné práce je vytvořit didaktický projekt pro výuku odborných předmětů v oboru ekologie a životní prostředí na modelovém organismu invazního slunéčka východního (*Harmonia axyridis*). Pro vytvořený projekt je sepsána stručná literární rešerše představující zkoumaný druh a poznatky k didaktice odborných předmětů. V praktické části je vytvořen metodický postup s organizační strukturou projektu pro učitele, pomůcka pro odchyt terestrického hmyzu a pracovní listy pro žáky středních škol se zaměřením na ekologii a ochranu přírody.

2. Cíle práce

Cílem mojí závěrečné práce je vytvořit didaktický projekt, který se komplexně zabývá biologickou invazí u modelového organismu slunéčka *H. axyridis*. Výstupy projektu bude možné realizovat v rámci středoškolského oboru vzdělávání ekologie a životní prostředí (16-01-M/01). Praktická část práce se zaměřuje na analýzu vhodnosti projektu v rámci kurikulárního rámce, metodický postup řešení jednotlivých úkolů, organizační strukturu projektu a vlastní pracovní listy. Dílčím cílem práce je sepsat literární rešerši o zkoumaném druhu, ekologických souvislostech a vysvětlení odborných termínů důležitých pro praktickou část práce. Teoretická část tak poslouží jako důležité vodítko pro učitele k realizaci celého projektu. Rád bych prací dále přispěl ke správnému chápání problematiky ekologie, ochrany životního prostředí a ohrožení světové biodiverzity.

3. Teoretická část

V úvodu teoretické části práce jsou stručně shrnuty důležité poznatky k didaktice odborných předmětů, které jsou později vhodně aplikované v praktické části práce. Teoretická část dále obsahuje stěžejní informace o modelové organismu *H. axyridis*, která pro učitele tvoří důležité pojítko mezi teoretickou a praktickou částí práce.

3.1 Výchovně-vzdělávací proces

Vyučování neboli výchovně-vzdělávací proces vytváří navzájem provázanou dynamickou soustavu mezi žákem a učitelem. Tato soustava se skládá z mnoha vzájemně propojených prvků: podmínky ve vyučování, kooperace žáků a učitele, formy a metody výuky, obsah učiva, didaktické prostředky či cíle vyučování (Skalková, 2007). Nejpodstatnější výchovně vzdělávací cíle lze chápat jako změny ve vědomí, chování a postojích žáků, které se projevují osvojením nových poznatků, dovedností a rozvíjí kýžené rysy v osobnosti žáka (Slavík, M., Husa, J., Miller, 2007). Výchovně-vzdělávací cíle postupují hierarchicky od obecné roviny (cílů výchovných) po jednotlivé cíle vyučovacích jednotek. Cíle napříč hierarchickou posloupností jsou definovány v oficiálních dokumentech, například: v rámcově vzdělávacím programu, školním vzdělávacím programu, učebních osnovách a tematických plánech či individuálních přípravách vyučovacích jednotek učitele (Skalková, 2007; Slavík, M., Husa, J., Miller, 2012).

3.1.1 Projektové vyučování

Vymezení projektu, projektového vyučování lze chápat jako téma (úkol) se kterým se žák ztotožňuje a přebírá odpovědnost nad konkrétním výstupem. Projekt může být iniciován ze strany žáka i učitele. Je důležité, aby si žák uvědomoval svoji činnost v projektu a byl motivován ke konkrétnímu výsledku (Lojdová, 2012). S. Velínský (1932; In Kratochvílová, 2006, str. 34) vymezuje projekt jako „určitě a jasně navržený úkol, který můžeme předložit žákovi tak, aby se mu zdál životně důležitý tím, že se blíží skutečné činnosti lidí v životě“. Mezi pozitiva projektové výuky z hlediska postavení žáka patří motivující funkce, vedení k spoluzodpovědnosti, řešení problémů, rozvoj samostatnosti v konkrétních situacích. Pro učitele poskytuje prostor v integraci poznatků z různých oborů (Kašová, 1995; Coufalová, 2006; Dvořáková, 2009). Nespornou výhodou je

propojenost spolupráce nejen mezi žáky samotnými, ale také mezi žáky a učiteli (Lojdová, 2012).

Projektové vyučování (projekt) se vyznačuje využitím velkého spektra metod výuky i forem práce (Lojdová, 2012). Kratochvílová (2006, s. 37) vysvětluje projektovou metodu jako „uspořádaný systém činností učitele a žáků, v němž dominantní roli mají učební aktivity žáků a podporující roli poradenské činnosti učitele, kterými směřují společně k dosažení cílů a smyslu projektu. Komplexnost činností vyžaduje využití různých dílčích metod výuky a různých forem práce“.

Mezi cíle projektového vyučování patří schopnost vést žáky k aktivitě, tvořivosti a samostatnosti. Samozřejmostí je rozvoj odborných vědomostí, dovedností i postojů (Lojdová, 2012). Tomková et al (2009) vysvětluje, že projektové vyučování šetří čas a energii u žáků i učitelů. Projekt se vyznačuje totiž svojí komplexností, a naopak v případě standardního vyučování jsou vědomosti získávány často roztráštěně a bez porozumění v praxi.

Při plánování procesu projektového vyučování je důležité naplňovat následující požadavky. Projekt by měl vycházet z reality a měl by být významný pro život žáků i učitele. Pro žáky by mělo být téma zajímavé a přiměřené (věku, možnostem, vědomostem). Projekt by měl nabízet propojení více vyučovacích předmětů. Zadané úkoly v projektovém vyučování by měli být splnitelné, zajímavé, reálné a dostatečně konkrétní (Kašová, 1995). Jelikož projekt je dynamický proces (v průběhu řešení vzniká řada nových okolností) nemusí být striktně stanoveno dodržování jednotlivých kroků. Důležité je vždy stanovit výchovně vzdělávací cíle a vytvořit motivaci k řešení projektu (Lojdová, 2012). Z hlediska časové rozvrhnutí lze projekt realizovat kontinuálně nebo v etapách. Může být několika hodinový, dvoudenní, týdenní či dokonce několika měsíční (Coufalová, 2006).

Během realizace projektu žáci získávají zdroje informací, s kterými dále pracují, provádějí výzkumnou činnost, vytvářejí dokumentaci v daném tématu a snaží se znovu provádět nezdařilé úkoly. Učitel je v roli poradce žáků a v případě nutnosti žáky nasměruje na správnou cestu k řešení výsledku. Průběžně žáky motivuje, hodnotí kvalitu a efektivitu plnění úkolů (Kratochvílová, 2009). Pro motivační uspokojení žáků je důležité prezentování výsledků. Prezentování může mít mnoho podob, například může

být realizované písemnou a ústní formou nebo konkrétním předváděním modelu. Hodnocení projektové výuky je vhodnější provádět slovní formou nežli klasifikační známkou. Při hodnocení by se mělo dbát na kvalitu provedení, pracovitost, aktivitu, zručnost, osobní přístup, schopnost spolupráce a komunikace či kreativitu žáků. Po ukončení projektové výuky je vhodné zařadit reflexi (Lojdová, 2012).

3.2 Materiální a nemateriální prostředky vyučování v rámci didaktiky odborných předmětů

Didaktické prostředky ve výchovně-vzdělávacím procesu jsou označovány za nejdůležitější činnosti učitelů a žáků. Zároveň musí procházet neustálým vývojem, aby udrželi krok s rozvojem společnosti, nejen v oblasti pedagogiky (Skalková, 2007). Slavík et al. (2007; 2012) dělí prostředky vyučování na materiální (učební pomůcky a didaktické techniky) a nemateriální (metody a formy výuky).

3.2.1 Materiální didaktické prostředky

Materiální prostředky (učební pomůcky a didaktická technika) mohou být chápány jako souhrn všech prostředků, které jsou použity ve výchovně-vzdělávacím procesu a nezahrnují přitom mluvené slovo (Slavík, M., Husa, J., Miller, 2007, 2012).

Učební pomůcka slouží k přenosu didaktické informace v konkrétním obsahu výuky (Slavík, M., Husa, J., Miller, 2007), což vede k hlubšímu osvojování vědomostí a dovedností žáků (Skalková, 2007; Lepil, 2010). Při aplikaci učební pomůcky je vždy důležité zvážit vhodné použití forem a metod výuky (Lepil, 2010). Mezi učební pomůcky používané v odborných předmětech lze zařadit: originální předměty a přírodniny, modely (např. statické, dynamické, virtuální či тренаžéry), tištěné textové pomůcky (knihy, odborné časopisy, atlasy, pracovní sešity, klíče k určování organismů), statická zobrazení (např. obrazy, fotografie, diapozitivy) a dynamická zobrazení (např. výukový film) a využití elektronických zdrojů na internetu (Slavík, M., Husa, J., Miller, 2007).

Originálních předmětů (např. přírodniny, konzervované biologické preparáty, suché preparáty či nerosty a horniny) jsou pro efektivní výuku nutnou součástí. Důležité je však brát zřetel na multiplikaci těchto předmětů, pouhé kolování nízkého počtu přírodniny po třídě není totiž během expoziční části příliš vhodné (Slavík, M., Husa, J., Miller, 2007). Pracovním listem se rozumí textová učební pomůcka, která se oproti

pracovním sešitům odlišuje v možnosti zařazení přesných učebních úloh. Učební úlohy tak mohou být vázané na konkrétní formy a metody, které vycházejí z učební osnovy daného předmětu (Frýzová, 2014). Pracovní listy mohou sloužit žákům k jejich: motivaci a aktivizaci, samostatnosti (i během experimentální činnosti), vytváření nových informací, procvičování a fixaci učiva, individualizaci a diferenciaci, prohlubování a upevňování učiva (Lepil, 2010; Frýzová, 2014). Učitelům na oplátku poskytují prostor pro tvůrčí činnost a vhodný diagnostický prostředek (Frýzová, 2014).

Didaktická technika je prostředkem sloužící k zprostředkování učebních pomůcek. Lze také definovat jako soubor zrakových, sluchových, zrakově sluchových a technických systémů sloužících k vyučování. Do didaktických technik lze zařadit: tabule, projekční plochy (plátna), projekční techniku, digitální fotoaparáty a videokamery, audio techniku a v neposlední řadě počítače s příslušenstvím (Slavík, M., Husa, J., Miller, 2007).

3.2.2 Nemateriální didaktické prostředky

Mezi nemateriální didaktické prostředky výchovně-vzdělávacího procesu jsou řazeny formy a metody výuky. Formu výuky lze definovat jako seskupení podmínek nutných k uskutečnění obsahu vyučování v konkrétním místě a čase. Vyučovací metoda je definována jako záměrný postup aktivit učitele, které vedou k zvládnutí učiva a zajišťují splnění výchovně-vzdělávacích cílů (Slavík, M., Husa, J., Miller, 2012).

Slavík et al. (2012) dělí formy výuky dle způsobu organizace vyučování a aspektu vztaženému k jednotlivci či skupině. Způsobem organizace vyučování lze rozumět široké pojetí forem výuky, například: praktická výuka, distanční vzdělávání a vyučování, kombinovaná forma studia, workshop, sebevzdělávání nebo jednotka teoretického vyučování (Slavík, M., Husa, J., Miller, 2012). Dělení podle postavení jednotlivce či skupiny rozlišuje formy následovně: individuální a individualizované, skupinové a kooperativní, frontální a týmové či projektové (Slavík, M., Husa, J., Miller, 2012). Mezi formy výuky se dále řadí badatelsky orientovaná výuka, která by pro ztraktivnější přírodovědných předmětů měla být již nutností a tento moderní způsob je rovněž využíván v rámci praktické části práce (Papáček, 2010; Dostál, 2013). Důležité je kriticky přiznat, že tato forma výuky s sebou nese značnou odbornou a časovou zátěž pro pedagoga (Papáček, 2010). Pro rozvoj sociálních vztahů v kolektivu a návyků

spolupráce je v praktické části práce brán zřetel na skupinovou a kooperativní formu výuky (Slavík, M., Husa, J., Miller, 2012).

Vyučovací metody se z pohledu didaktiky odborných předmětů mohou dělit na metody usměrňující zájem (motivace a usměrnění zájmu žáka), expozice učiva (může být formou: verbální, problémového vyučování, názorného poznávání předmětů, pracovních činností a samostatné práce), fixace učiva a metody diagnostické a klasifikační (Slavík, M., Husa, J., Miller, 2012). Za nejčastěji užívanou metodu výuky (Skalková, 2007), včetně odborných předmětů (Slavík, M., Husa, J., Miller, 2012), se označuje verbální expoziční metoda. Verbální expoziční metoda může mít celou řadu forem, konkrétně formu přednášky, vyprávění, výkladu, besedy, diskuse či heuristického rozhovoru (Skalková, 2007; Slavík, M., Husa, J., Miller, 2012). Je důležité, aby přes přeborné množství metod výuky, učitel důmyslně vybíral vhodné metody, které vedou k postupnému rozvíjení a sebepoznávání žáků (Skalková, 2007). V praktické části práce bude vhodně využíváno hned několika metod. Mezi nejdůležitější patří metody názorného poznání zkoumaného předmětu, pracovních činností a samozřejmě metoda verbálně expoziční.

3.3 Představení modelového organismu *H. axyridis* a jeho chování

Invazním druhem se rozumí takový, který je na daném území nepůvodní, člověkem zavlečený, zde se pak nekontrolovaně šíří a agresivně vytlačuje původní druhy (MŽP, 2019). Seznam invazních druhů na území České republiky lze nalézt v publikaci podle Pergl *et al.* (2016), která rozděluje druhy do jednotlivých kategorií na základě jejich celkového impaktu, rozšíření a možné existenci opatření na kontrolu druhu. Do černého seznamu jsou zařazeny druhy, u kterých je jednoznačně prokázán negativní dopad invazního chování. V hrubém měřítku lze určit několik vlastností, které jsou pro invazivní druhy společné a lze tak předpokládat, že tyto vlastnosti patří mezi hlavní příčiny účinné invaze. Obvykle mají rychlý růst, rychlou reprodukční schopnost s krátkou generační dobou, vysokou schopnost šíření, velmi vysokou fenotypovou plasticitu. V novém prostředí nemají žádné přirozené predátory, parazity ani patogeny, pokud existují přirození konkurenti, jsou méně zdatní než invazní druhy. V případě invazních predátorů je jejich kořist hojná a postrádá účinnou obranu proti predátorům. Tolerují široké rozmezí přírodních podmínek a jsou generalisté (Ewel *et al.*, 1999).

Mezi takové druhy živočichů lze zařadit například: karase stříbřitého (*Carassius gibelio*), mývala severního (*Procyon lotor*), norka amerického (*Neovison vison*), psíka mývalovitého (*Nyctereutes procyonoides*) či střevličku východní (*Pseudorasbora parva*). Z rostlin jsou za nejinvazivnější považovány například: bolševník velkolepý (*Heracleum mantegazzianum*), borovice vejmutovka (*Pinus strobus*), trnovník akát (*Robinia pseudoacacia*), javor jasanolistý (*Acer negundo*) nebo netýkavky (*Impatiens sp.*) a křídlatky (*Reynoutria sp.*) (MŽP, 2019).

Invazivní chování slunéčka *H. axyridis* spočívá především v extrémně rychlém šíření napříč Evropou (Nedvěd, 2014), dále agresivitou při setkání s larvami jiných sluněček, výkonným imunitním systémem, výborně fungující chemickou obranou či vysokou úspěšností přežívání během přezimování (Nedvěd, 2014). Další nepříjemnost způsobují slunéčka milovníkům vína. Existuje mnoho záznamů, že při nedostatku mšic, zejména v podzimních měsících jsou slunéčka masově přiživována na vinné révě, vinařům pak při zpracování hroznů nenávratně poškozují chuť produktu, jelikož slunéčka *H. axyridis* nepříjemně zapáchají a jejich huť je nahořklá (Řeřicha, 2017). Některým obyvatelům také způsobují nekomfortní pocit prostřednictvím přirozeného způsobu jejich zimování, jedná se o vytváření masových agregací v úzkých štěrbinách. Bohužel tyto štěrby bývají ve městech často nahrazovány mezerami pod okenními rámy, na půdách, pod krovky a podobně (Nedvěd, 2014; Řeřicha, 2017).

Brouk *H. axyridis* je variabilní ve velikosti těla i zbarvení krovek, obvykle měří 5 až 8 mm a vyskytuje se v několika geneticky podmíněných varietách. Nejrozšířenější varietou slunéčka na území České republiky je „světle“ zbarvená *succinea* (reprezentuje asi 86 % všech jedinců na našem území (Nedvěd, 2014). Další, na našem území hojněji zastoupenou varietou, je „tmavá“ *spectabilis* (Nedvěd, 2015). Pro možnou determinaci jednotlivých variet druhu během praktické části jsou slunéčka *H. axyridis* přehledně popsána v pracovním listě č. 1.

3.3.1 Vznik invazní formy slunéčka a její šíření

Neinvazní (původní) forma slunéčka *H. axyridis* pochází z východní Asie, kde se vyskytuje v mírném a subtropickém podnebném pásu. V původním areálu rozšíření existují dva poddruhy, u kterých nedochází k vzájemné genetické komunikaci (Nedvěd, 2014). Invazní forma *H. axyridis* vznikla pravděpodobně z důvodu nevědomosti

o původním výskytu poddruhů ve východní Asii, poněvadž v oblasti kolem Louisiany (USA) došlo roku 1988 k jejich zavlečení a později také ke zkřížení. Následně byla ještě prokázána jistá genetická mutace těchto kříženců, což zahájilo postupné šíření invazní *H. axyridis* napříč severní Amerikou. Na území Evropy (do zemí Beneluxu) se dostali první invazní jedinci na přelomu tohoto tisíciletí. V České republice byla biologická invaze *H. axyridis* poprvé zaznamenána v roce 2006 (Nedvěd, 2014).

3.3.2 Vývoj sluněčka *H. axyridis* od vajíček po dospělé

Vajíčka mají žlutou barvu, jsou kladena ve snůškách obsahující nejčastěji 20–80 vajíček. Úspěšnost vylíhnutí se u kvalitně oplozené snůšky odhaduje kolem 70–90 % vyvíjejících se vajíček. V posledních hodinách před vylíhnutím (cca 6 hodin do vylíhnutí) oplozená vajíčka zešednou, což značí blížící se líhnutí larev prvního instaru (Nedvěd, 2015). Fotografie vajíček a larev prvního instaru lze nalézt v praktické části práce v pracovním listu č. 1 v druhé etapě projektu.

Po vylíhnutí larva prochází čtyřmi larválními instary (L1-L4, k vidění jsou v pracovním listu č. 1 v druhé etapě projektu). Pro jednotlivá larvální stádia je poměrně častý kanibalismus, proto v případě experimentálních chovů je nutné larvám vytvořit dostatečně velký prostor a larvy rozdělovat po nižším počtu (např. 4-6 jedinců na jednu petriho misku o průměru 9 cm). Těsně před přeměnou larvy čtvrtého instaru na kuklu, nastává zajímavá etapa tzv. prepupa. Larva je již připevněna pevně k podkladu a zdánlivě připomíná kuklu (k vidění je v pracovním listu č. 1 v druhé etapě projektu; Nedvěd, 2014; Řeřicha, 2015).

Rychlost vývoje kukly je závislá na teplotě prostředí, přičemž nejvhodnější podmínky pro vývoj jedince se nacházejí v rozpětí 14-28 °C (Castro, Almeida and Pentado, 2011). Čerství dospělci (imaga) potřebují několik hodin na utvrzení své kutikuly a vybarvení krovek (Řeřicha, 2015). Pohlavní zralosti dosáhnou až po několika dnech (Nedvěd, 2014).

Pohlaví dospělců lze nejlépe zjistit dle tvaru posledního zadečkového článku (sternitu), pro upřesnění je přidán vlastní nákres v pracovním listu č. 1 (první etapa projektu). Existuje také možnost determinaci pohlaví podle barvy klypeusu a horního pysku na kousacím ústním ústrojí (samice mají obvykle horní pysk černý a samci naopak bílý), ovšem v případě hůře vybarvených jedinců (jedinci světlejších odstínů barev),

může být tato determinace nepřesná (ukázku lze vidět v pracovním listu č. 1 v první etapě projektu; Řeřicha, 2017).

Výše zmíněný popis jednotlivých stádií vývoje a determinace pohlaví slouží jako důležitý podklad pro řešení úkolů během projektové výuky v druhé části práce.

3.3.3 Potenciální biologické zbraně sluněčka, efektivně fungující imunitní systém a nákaza houbou *Hesperomyces harmoniae*

Sluněčko *H. axyridis* v rámci svého antipredačního chování efektivně využívá chemickou obranu. Během chemické obrany, neboli při tzv. reflexním krvácení, vylučuje svojí hemolymfu (krvomízu) ve formě drobných nažloutlých kapek z podkoleních kloubů a v případě larev ze zadečkových článků na hřbetní straně jedince. Proces reflexního krvácení využívají i naše původní druhy sluněček a široká veřejnost pozná tuto strategii při kontaktu se sluněčky přímo na vlastní kůži. Ovšem efektivita chemické obrany *H. axyridis* spočívá v síle chemických sloučenin obsažených v hemolymfě. Jedná se především o silný alkaloid harmonin (nahořklé chuti) a páchnoucí metoxypyrazín. Harmonin je pro svou jedovatost dokonce předmětem vědeckého bádání v humánní medicíně a v ojedinělých případech se může jednat o alergen (Nedvěd, 2014; Řeřicha, 2017).

Při zkoumání hemolymfy (krvomízy) *H. axyridis* zjistili Vilcinskas *et al.*, (2015), přítomnost tzv. mikrosporidií, které by údajně mohly pomáhat při biologické invazi sluněčka. *H. axyridis* je na rozdíl o některých původních evropských druhů sluněček schopna svojí chemickou silou výskyt těchto hub v těle přežít a údajně i nakazit původní druhy. Pro původní druhy se mohou mikrosporidie stát později letálními. V rámci praktické části bude možné jednoduchou metodou odběru hemolymfy mikrosporidie pozorovat.

Fungující imunitní systém je jeden z klíčových faktorů pro přežití většiny organismů. U hmyzu, lze imunitu dělit podle typu imunitní obrany na buněčnou (ukázka v pracovním listu č. 2, první etapa projektu) a látkovou (Knapp *et al.*, 2018; Řeřicha *et al.*, 2018). Sluněčko *H. axyridis* má výborně fungující imunitní systém a v součinnosti s chemickou obranou se může jednat o důležitý faktor invazního chování druhu (Schmidtberg *et al.*, 2013; Řeřicha *et al.*, 2018). *H. axyridis* je totiž schopna odolávat patogenům mnohem lépe než naše původní druhy sluněček, například sluněčko

sedmítečné (*Coccinella septempunctata*) či slunéčko dvoutečné (*Adalia bipunctata*; Schmidtberg *et al.*, 2013; Knapp *et al.*, 2018). Ve zjednodušené formě lze imunitní systém rozdělit na buněčnou a humorální část. Buněčná část je reprezentovaná tzv. hemocyty. Humorální část je mnohem komplikovanější, lze jí však demonstrovat různými antimikrobiálními peptidy či tzv. fenoloxydázovou kaskádou (Řeřicha, 2017). Během praktické části je nabídnuta jedinečná možnost pozorování imunitního systému, konkrétně imunitní buněk hmyzu (hemocytů).

Hesperomyces harmoniae je druh ektoparazita (k vidění v pracovní listu č. 2, první etapa projektu) vyskytující se především na krovkách a v případě sameček také na spodní straně těla. Tento druh houby aktuálně prodělává výrazný výzkumný zájem hned od několika vědeckých skupin (Haelewaters, 2019). V rámci praktické části bude možnost ektoparazita objevovat (pozorovat).

3.3.4. Vývoj parazitoidů v těle slunéček

Lumčík *Dinocampus coccinellae* fascinuje svým způsobem života nejen entomology. Zároveň poukazuje na propojenost jednotlivých ekologických vazeb (invazní druh vs. parazitoid) v přírodě a umožňuje tak řešení zajímavého experimentu v rámci praktické části mojí práce.

D. coccinellae je pro lidské pozorovatele nápadný zejména ve stádiu kukly, kdy hostitel (v této fázi již vždy dospělec slunéčka) zůstane paralyzován nad kokonem lumčíka a poskytuje mu efektivní ochranu před přirozenými nepřáteli (pracovní list č. 1, 2. etapa projektu; Dheilly *et al.*, 2015). Dospělci *D. coccinellae* (pracovní list č. 1, 2. etapa projektu) se živí převážně nektarem, zatímco larva se vyvíjí jako endoparazitoid v těle slunéček. Nejčastěji jsou vajíčka kladena do dospělých slunéček, ale úspěšný vývoj je znám i v případě naklazení vajíček do pozdnějších larválních stádií či kukel (Dheilly *et al.*, 2015). Dlouho nebylo jasné, jak může parazitoid manipulovat chování svého hostitele po opuštění jeho těla. Mechanismus této interakce objasnili až nedávno Dheilly *et al.* (2015), když popsali symbiotický RNA virus, jehož prudká infekce propukne v těle hostitele v momentě dokončení larválního vývoje lumčíka. Velice zajímavý je i způsob reprodukce *D. coccinellae*. Z přírody jsou známy jen samice, které se množí partenogeneticky (Wright, 1978).

4. Praktická část

Pro zdravé životní prostředí je důležité vnímat rizika spojená s biologickou invazí. V návaznosti na tuto problematiku byl vytvořen můj didaktický projekt, který dává možnost nahlédnout na biologickou invazi u konkrétního příkladu sluněčka *H. axyridis*. Tento projekt může být implementován do vyučovacího procesu formou projektové výuky v rámci jednoho dne. Na šesti hodinovou projektovou výuku (projektový den) navazuje etapa zaměřená na dlouhodobější chov sluněček ve školních podmínkách. Projekt je možné realizovat v obou etapách, nebo si učitel může vybrat libovolnou z nich.

4.1 Metodika

4.1.1 Analýza zařazení didaktického projektu v rámci RVP 16-01-M/01

Praktické výstupy jsou vytvořené dle kurikulárního rámce rámcově vzdělávacího programu (dále jen „RVP“; NÚOV, 2008) pro obor vzdělání Ekologie a životní prostředí (kód oboru: 16-01-M/01) a proto mohou být začleněni přímo do vyučovacího procesu. V tabulce níže jsou uvedeny jednotlivé stěžejní informace obsažené v projektu s přiřazením přesného učiva dle RVP pro biologicko-ekologické vzdělání v oboru 16-01-M/01.

Tabulka č. 1: Analýza učiva didaktického projektu dle zařazení do RVP

Informace obsažené v projektu	Učivo dle RVP pro 16-01-M/01	Charakteristika učiva v RVP pro 16-01-M/01
Biologická invaze	1) Základní ekologické pojmy 2) Ekologické faktory prostředí 3) Odpovědnost člověka za ochranu přírody a životní prostředí	1) Charakteristika základních vztahů mezi organismy ve společenstvu 2) Biotické faktory prostředí (populace, společenstva, ekosystém) 3) Hodnocení vlivu člověka na životní prostředí

Slunéčko <i>H. axyridis</i> jeho onemocnění a symbióza	1) Rozmanitost organismů a jejich charakteristika 2) Dědičnost a proměnlivost	1) Porovnání základních skupin organismů 2) Význam genetiky
Imunitní buňka	1) Typy buněk	1) Buňka jako funkční jednotka

Následující text udává do kontextu projektu jednotlivé učivo dle RVP pro obor 16-01-M/01 v rámci zařazení do biologicko-ekologické vzdělání. Biologické invaze jsou základním ekologickým pojmem a z hlediska udržení světové biodiverzity jsou klíčovým biotickým faktorem. Nevhodné a neopatrné chování lidí, například během cestování, vede k negativnímu vlivu těchto organismů na životní prostředí. Odpovědnost za biologické invaze tak nese především člověk.

Slunéčko východní je výborným modelovým příkladem biologické invaze obtěžující dokonce i širokou veřejnost. Obecně jsou slunéčka mezi lidmi atraktivním hmyzem a je tak velmi vhodné rozlišovat naše původní druhy od invazní *H. axyridis*, u které navíc existuje velké množství geneticky podmíněných variet. Imunitní systém *H. axyridis* je schopen perfektního fungování, i přes možné napomáhání výborně fungující imunity, existují dokonce různá onemocnění těchto slunéček.

4.1.2 Využití teoretického pozadí pro tvorbu vyučovacích jednotek a pracovních listů

Pro tvorbu praktické části práce bylo nejprve nutné najít vhodné začlenění dle RVP pro obor vzdělání Ekologie a životní prostředí (16-01-M/01). Dále se pro tvorbu vycházelo z prvků badatelsky orientované formy výuky (využívá formu praktické výuky) a projektového vyučování, což je v moderní době nezbytné pro vzbuzení zájmu žáků o vyučovanou problematiku (Kratochvílová, 2009; Dostál, 2013), samozřejmostí je využití materiálních prostředků (Slavík, M., Husa, J., Miller, 2007). Z pohledu k jednotlivci a skupině, je vyžíváno především skupinové, kooperativní a projektové výuky. V pracovních listech je kladen důraz na aktivizační metodu, zejména v prvním a druhém úkolu první části. Důležité je dbát důraz na přiměřenou motivaci, které je využíváno zejména během terénních odchytů a celkového hodnocení. Dále je nesmírně důležitá demonstrační a praktická metoda, které jsou v rámci projektu také významně

zahrnutý (Slavík, M., Husa, J., Miller, 2012). Dle Frýzové (2014) je důležité při tvorbě pracovních listů pro podobné projekty brát zřetel na soubor pravidel, konkrétně na názornost, přiměřenost a návaznost. První část projektu se snaží vycházet z předpokladu návaznosti (schematicky: výroba pomůcky na odchyt hmyzu → úvodní teoretická hodina → terénní odchyt hmyzu → determinace jedinců slunéček → pokročilejší aktivita při odběru tělní tekutiny). Po zakončení této části je možné navázat ještě doplňující částí chovu slunéček, ukázky vývojového cyklu hmyzu s proměnou dokonalou a líhnutí parazitoidů. Názornost a přiměřenost byly brány v potaz komplexně, při vypracování celého projektu.

4.1.3 Tvorba jednotlivých úkonů v rámci praktické části projektu

První část, nezbytná pro projektový den, bude realizovaná formou domácí přípravy. Jedná se o tvorbu vlastního zařízení na odchyt terestrického hmyzu dle skutečné pomůcky, tzv. exhaustoru. Postup jednotlivých kroků, k jeho správnému zhotovení, je popsán blíže v praktické části na str. 32-36.

Jako informační opora k vytvořené prezentaci slouží učitelům část literární rešerše v kapitole „Představení modelového organismu *H. axyridis*“.

Odchyt slunéček *H. axyridis* je velmi jednoduchý a při vhodném načasování sběru a krátkém zaškolení jej žáci hravě zvládnou. Pro determinaci pohlaví a houbového onemocnění *Hesperomyces harmoniae* je nutné, aby škola vlastnila binokulární mikroskop (nebo kvalitnější lupu), plastové petriho misky (alternativně zavařovací sklenice), vatu a entomologické pinzety. Odběr hemolymfy je nejpokročilejší částí projektu, která přesto nevyžaduje mnoho specializovaných pomůcek ani vysokou náročnost realizace. Pro přípravu je nutné vytvořit jednoduchý roztok zabraňující srážení odebrané hemolymfy (tzv. antikoagulační pufr), pořídit plastové zkumavky typu eppendorf, plastové mechanické pipety a dostatečné množství podložních a krycích sklíček. K pozorování imunitních buněk (hemocytů) a mikrosporidií jsou nutné mikroskopy s minimálně čtyřistanásobným celkovým zvětšením.

Druhá část projektové výuky zahrnuje dlouhodobě řízený chov slunéček *H. axyridis*, který umožňuje pohled na hmyz s proměnou dokonalou ve všech vývojových stádiích (vajíčko, larva, kukla, dospělec). Pro tuto část je opět připraven pracovní list. Technické zajištění projektu je triviální, nutností jsou plastové petriho misky (cca 20 ks)

nebo jiné uzavíratelné nádoby, nastříhané papíry složené do „harmoniky“ a papírové utěrky. Z hlediska časové náročnosti se jedná o nejnáročnější část projektu, vyžaduje občasnou péči o slunéčka (při množství cca 100 jedinců brouků bude nutné asi 2× týdně věnovat ½ hodiny krměním). Dále je důležité projekt vhodně načasovat, důvodem je nutnost zajistit dostatečné zdroje potravy pro slunéčka, což jsou zejména mšice. Například v květnu není problém nalézat mšice v hojných koloniích na kopřivách obecných (*Urtica dioica*) či bezu černém (*Sambucus nigra*). Taková kolonie mšic vydrží *H. axyridis* i několik dní. V měsíci září/říjnu se vyskytují ohromné kolonie mšic například v polích s kukuřicí setou (*Zea mays*). Odměnou pro pedagoga bude, že žáci budou mít jedinečnou možnost během několika týdnů vidět celý život brouka (pokud škola vlastní časosběrnou kameru, lze dokonce vytvořit záběry líhnutí jednotlivých stádií). Zároveň je během této části možné sledovat zvláštní chování jedinců nakažených parazitoidy (působení na nervovou soustavu = ochrana kokonu parazitoida), jejichž výskyt bude u jedinců sebraných z přírody více než pravděpodobný.

Z praktických důvodů nejsou veškeré tabulky a obrázky umístěné přímo v pracovních listech pro žáky i pedagogy číslovány ani přiřazeny v přílohách práce.

4.2.1 Návrh didaktického projektového dne pro obor ekologie a životní prostředí

První etapa projektu (projektový den) se skládá ze šesti vyučovacích jednotek a zadaného domácího úkolu. V rámci první vyučovací jednotky budou žáci seznámeni s biologickou invazí v obecné rovině, s modelovým organismem *H. axyridis* a možnými příčinami biologické invaze druhu. Teoretická hodina vychází z poznatků v literární rešerši věnující se slunéčku *H. axyridis*, tento text je důležitým podkladem pro pedagogy v rámci celého projektu.

Pro projektový den jsou vytvořené pracovní listy v této posloupnosti: determinace variet slunéčka, pohlaví a infekce houbovým onemocněním – pracovní list „Poznej, s kým máš tu čest“, analýzy hemolymfy – pracovní list „Zbraně v úspěšné biologické invazi“ a opakování teoretické hodiny – pracovní list „I slunéčka koušou, aneb biologická invaze, o které jste možná nevěděli“.

Hlavním smyslem projektového dne je osvojit u žáků kompetence při odchytu terestrického hmyzu a determinaci invazního slunéčka, dále jsou to cíle k získání poznatků v oblasti biologických invazí a pochopení šíře této problematiky.

4.2.1.1 Specifikace projektového dne

Obor: Ekologie a životní prostředí (16-01-M/01)

Délka vyučovací jednotky: 45 min, časová posloupnost projektu: teoretická hodina (45 min), terénní práce (2 × 45 min) a laboratorní práce (2 × 45 min) = celý projektový den trvá 6 hodin

Název projektu k zapsání do třídní knihy: Biologické invaze na příkladu modelového organismu slunéčka východního

Vzdělávací oblast v RVP: biologické a ekologické vzdělávání – charakteristika základních vztahů mezi organismy ve společenstvu, biotické faktory prostředí (populace, společenstva, ekosystém), hodnocení vlivu člověka na životní prostředí, porovnání základních skupin organismů, význam genetiky a buňka jako funkční jednotka

Výukové metody: reálné poznávání organismů, jejich částí a jevů, metody pracovní činnosti, pracovní listy, výklad, motivační metody

Formy výuky: frontální výuka = úvodní hodina, badatelsky orientovaná výuka = laboratorní část, projektová výuka = v celé šíři projektu, praktická výuka = výroba exhaustoru, terénní odchyt a odběr vzorků, skupinová (cca 3 žáci ve skupině) a kooperativní výuka = zjišťování informací od ostatních skupin

Vstupní předpoklady žáka:

- dodržuje pokyny učitele během celého projektového dne
- vychází ze zásad slušného chování
- rozlišuje základní skupiny terestrických bezobratlých živočichů
- je schopen pracovat s entomologickou pinzetou a binokulárním mikroskopem
- umí pracovat s biologickým materiálem a základními chemikáliemi

Výchovně-vzdělávací cíle žáka:

- jedná v souladu s principy morálky a společenského chování
- jeho chování je v souladu se zásadami kultury projevu
- je schopen spolupracovat a komunikovat ve skupině s ostatními žáky
- ovládá samostatně správným způsobem binokulární a optický mikroskop
- ovládá manipulaci se základními chemikáliemi

- ovládá základní metodu odběru tělních tekutin hmyzu pro analýzy pod mikroskopem
- ovládá orientaci v problematice biologické invaze a chápe možné dopady na životní prostředí
- umí samostatně vyhledávat informace o biologických invazích
- je schopen rozlišení slunéčka *H. axyridis* od jiných zástupců řádu brouků (Coleoptera) včetně jednotlivých variet

Formy a prostředky hodnocení: průběžné slovní hodnocení, zpětná vazba, zpětné slovní hodnocení, bodové hodnocení, klasifikace nejlepších týmů na základě získaných bodů

Klíčové kompetence:

Komunikativní a sociální kompetence žáka:

- dokáže se vyjadřovat odbornou terminologií
- je schopen práce v týmu při realizaci jednotlivých úkolů
- uvědomuje si rozdílné schopnosti a dovednosti svých spolužáků

Kompetence k řešení problémů žáka:

- dokáže porozumět zadaným úkolům
- dokáže aplikovat teoretické vědomosti pro praktické činnosti
- je schopen logického uvažování při řešení jednotlivých úkolů
- je trpělivý při řešení jednotlivých úkolů
- dokáže se orientovat v terénu a překonávat přiměřené překážky spojené s touto činností

Občanské kompetence:

Žák si váží spolupráce se spolužáky v celé šíři projektu.

4.2.1.2 Metodická část k projektu pro učitele

Seznámení studentů s projektem

Seznámení studentů s plánovaným projektem zabývající se biologickou invazí by mělo proběhnout minimálně s čtrnácti denním předstihem. Učitel dle struktury tematického plánu vhodně projekt zařadí do výuky. Pro samotnou realizaci existují dvě vhodná časová období, tj. začátkem školního roku v měsíci říjnu (slunéčka se připravují na přezimování a jsou v masových agregacích možná k odchytu) nebo v průběhu měsíce května (již

existuje dostatečné množství jedinců v rámci jarní generace, zároveň v tomto období je možné přímo v terénu sledovat veškerá vývojová stádia). Po vhodném výběru načasování projektu bude studentům zadán jednoduchý domácí úkol. Žákům bude představena fotografie vyrobeného exhaustoru s ukázkou postupu výroby, učitel žáky motivuje k výrobě vlastního zařízení a může žáky zároveň nabádat k přemýšlení k čemu podobná zařízení mohou sloužit.

Úvodní teoretická vyučovací jednotka

Úvodní teoretická jednotka bude trvat 45 minut dle následující struktury: zahájení hodiny, výklad nového učiva, procvičování nového učiva a shrnutí hodiny s ukončením. Nové učivo probírané během úvodní hodiny je v souladu s charakteristikou učiva v RVP (viz výše v kapitole „4.1 Zařazení didaktického projektu v rámci RVP 16-01-M/01“). Teoretická úvodní hodina by měla vycházet z odborných poznatků v kapitole 3.3 „Biologické invaze a představení modelového organismu *H. axyridis*“. Struktura frontální výuky by měla být následující: biologická invaze s představením konkrétních příkladů, představení sluněčka *H. axyridis* (zařazení v rámci systematiky, jednotlivé variety, ukázka vývojového cyklu), biologické zbraně a výborně fungující imunitní systém, existence onemocnění houbou *Hesperomyces harmoniae* a infekce parazitoidy. Časový plán s činnostmi učitele a žáků je uveden v tabulce níže.

Tabulka č. 2: Časový plán s činnostmi učitele a žáků v úvodní teoretické hodině

Čas v minutách	Struktura vyučovací jednotky	Činnost učitele	Činnost žáků
3	Zahájení	Pozdrav, zápis do třídní knihy, sdělení tématu a cílů hodiny	Pozdrav, pochopení cílů
30	Výklad nového učiva	Frontální výklad nového učiva s podporou multimediální prezentace, krátká diskuze se žáky nad tématem	Naslouchají, píší si samostatně poznámky, diskutují nad tématem, pokládají otázky učiteli
5	Procvičování osvojeného učiva	Krátké frontální opakování učiva, pokládání otázek	Odpovídají na otázky během frontálního opakování
7	Shrnutí učiva a ukončení hodiny	Shrnutí tématu, další informace o pokračování projektového dne, odpovídá na dotazy a ukončuje hodinu	Případné dotazy k tématu a další části projektového dne a reakce na průběh hodiny

Informace s pokyny a podklady pro učitele k realizaci projektového dne

Příprava na projektový den by měla být v několika fázích. Minimálně čtrnáct dní předem informovat žáky o projektové výuce. Následuje individuální příprava učitele i žáků. Žáci mají dostatečný čas na vypracování vlastního exhaustoru. Učitel by měl před konečným termínem realizace projektu absolvovat terénní obchůzku při které zjistí stav přírody v okolí školy. V měsíci květnu lze slunéčka ve velkém množství sledovat na rostlinách napadených mšicemi, mohou to být například kopřiva dvoudomá (*Urtica dioica*), bez černý (*Sambucus nigra*), ale také mnohé další. Ještě jednodušší alternativa se

nabízí při realizaci projektu během měsíce října. Slunéčka zpravidla v první polovině měsíce října nalétají masově na fasády obydlích, skály, informační cedule apod. Souvisí to s jejich přirozenou životní strategií přezimování v úzkých štěrbinách, která je v moderní zástavbě nahrazena okenními rámy, půdami atd. Při vhodném nálezu místa výskytu slunéček, je možné během několika minut, nachytat i stovky jedinců. Jediné úskalí je sledování předpovědi počasí. Jedná se o ektotermní organismus, a proto je nutné slunečné počasí.

Během přípravy na projektový den by měl vyučující žáky informovat o vytvoření týmových skupin o cca třech žácích. Žáci by se měli sami rozhodnout během týdne předcházejícího projektu a týmy si vytvořit. Dále je nutné, aby učitel vybral odbornou učebnu, ve které bude probíhat úvodní frontální hodina a zejména experimentální část projektu (nutností jsou mikroskopy s celkovým čtyřnásobným zvětšením, jednoduché lupy či binokulární mikroskopy). Během dne předcházejícímu projektu musí učitel připravit veškeré pomůcky pro realizaci experimentální části a informovat žáky o místě setkání pro frontální výuku a experimentální část. Učitel by ve dne předcházejícímu projektu měl žáky dále informovat o výběru trasy/místa kde budou slunéčka lovena. Zpravidla v každé vesnici/městské části je během výše vybraných období takových lokalit hned několik.

Projektový den bude začínat úvodní teoretickou vyučovací jednotkou, podrobněji výše v „Úvodní teoretická vyučovací jednotka“. Před odchodem do terénu učitel žáky poučí o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci v terénu a laboratoři. Učitel by poučení o bezpečnosti měl ihned zapsat do třídní knihy a před samotným odchodem ještě zkontrolovat vybavení žáků do terénu. Během terénní praktické činnosti učitel kontroluje průběh prací jednotlivých skupin, slovně hodnotí aktivitu žáků při odchytu hmyzu, a hledí na bezpečnost žáků. Po návratu z odchytu hmyzu do odborné učebny žáci s pomocí učitele zajistí nasbíraný hmyz a učitel vyhlásí dvacetiminutovou přestávku.

Během experimentální části učitel opět kontroluje jednotlivé týmy, slovně hodnotí a v případě nesnází u některé ze skupin učitel vhodně navádí k správnému vyřešení pracovních listů. Jelikož existují v literatuře případy alergií po kontaktu se slunéčkou (ačkoliv jsou marginální), dbá učitel, aby si žáci důkladně po kontaktu se slunéčkou umyli ruce. Po vypracování dvou pracovních listů v rámci experimentální části projektového

dne, si učitel tyto práce vybere a ohodnotí nejlepší skupinu známkou výborně. Následuje patnácti minutová přestávka, po které je realizováno závěrečné samostatné vypracování pracovního listu, který slouží jako celková zpětná vazba učiteli. Samostatná práce může být případně hodnocena známkou se zahrnutím do klasifikace daného předmětu. V posledních minutách projektového dne učitel krátce slovně zhodnotí průběh celého dne, dohlíží na úklid pracovních míst žáků a ukončuje vyučování. V tabulce níže je uveden časový a obsahový plán projektového dne.

Tabulka č. 3: Časový a obsahový plán projektového dne

Čas v minutách	Struktura výuky	Činnost učitele	Činnost žáků
60	Zahájení, teoretická výuka, poučení o bezpečnosti	Pozdrav, zápis do třídní knihy, sdělení tématu a cíle hodiny, frontální výuka, poučení o BOZP, kontrola pomůcky pro odchyt a terénního oděvu	Pozdrav, pochopení cíle, naslouchání a zápis poznámek
15	Přestávka	Pokyn k zahájení přestávky	Volná
90	Přesun do terénu, terénní odchyt hmyzu, přesun zpět do školy a zajištění chyceného materiálu v odborné učebně	Dozor a kontrola postupu jednotlivých skupin, slovně hodnocení aktivity žáků v terénu, řeší nenadále potíže během terénního odchytu, ukazuje místa určení nachytaného materiálu v odborné učebně	Terénní odchyt jedinců hmyzu, důraz na slunéčka, uchování materiálu v exhaustoru před odchodem zpět do třídy
20	Přestávka	Pokyn k zahájení přestávky	Volná
90	Experimentální část a úklid pracovních ploch	Kontrolu postupu jednotlivých týmů při řešení praktických úkolů a pracovních listů, slovní hodnocení, pokyn k úklidu praktické učebny	Řeší jednotlivé úkoly a zaznamenávají je do pracovních listů, uklízí odbornou učebnu
20	Přestávka	Pokyn k zahájení přestávky	Volná
30	Závěrečné shrnutí a ukončení projektového dne	Zadáva individuální pracovní list, vybírá pracovní listy, slovně hodnotí průběh projektového dne a stanovených cílů, odpovídá na dotazy žáků, ukončuje vyučování	Řeší individuální pracovní list, odevzdání pracovních listů, reakce a diskuze

Pomůcky potřebné k realizaci projektu lze rozdělit do dvou částí, předměty nutné k realizaci terénní části a předměty a přístroje nutné k realizaci experimentální části. Důležitou terénní pomůckou je vlastnoručně vyrobený exhaustor. Toto zařízení se skládá z plastové lahve o objemu 500 ml, dvou brček a kusu jemné sítky (lze použít například starou záclonu). Do plastové lahve je nutné vytvořit dvě díry. Do každé z nich se zasunou brčka. Otvor ústí směrem k ústům je nutné přetěsnit z vnitřní strany jemnou sítkou a vše důkladně přilepit vteřinovým lepidlem nebo lepicí páskou. K funkčnosti zařízení je nutné mít původní víčko od lahve. Hrdlo lahve zároveň slouží jako otvor pro vysypání ulovených brouků. K hladkému průběhu terénní části projektu je dále nutné, aby žáci měli vhodné oblečení do terénu, pevnou obuv, svačinu a pití. Pro názornost je níže vyhotoven obrazový postup vedoucí k výrobě exhaustoru.

1) Materiál a náčiní nutné k vytvoření exhaustoru: brčka, lepicí páska, PET lahev, prodyšná tkanina (záclona) a nůžky.



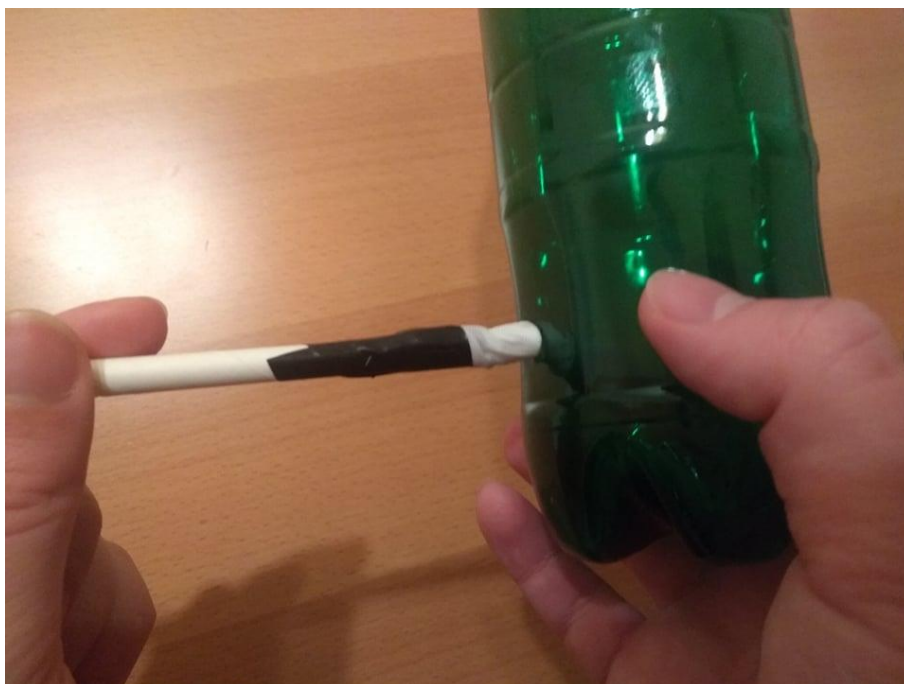
2) Za pomoci nůžek vytvořte do PET lahve otvor k zasunutí zkráceného brčka.



3) Delší brčko omotejte tkaninou (aby se zabránilo možnému vdechnutí hmyzu).



4) Zasuňte omotané ústí brčka do druhé vytvořené dírky v PET lahvi. Dírka by měla být v dolní polovině lahve.



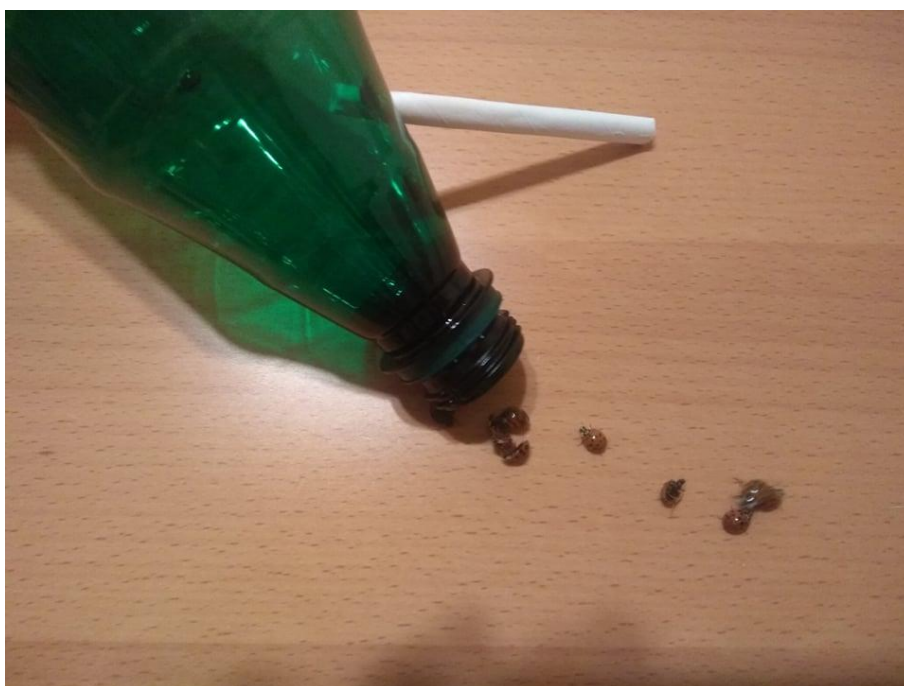
5) Vytvořený exhaustor.



6) Ukázka odchytu slunéčka pomocí vytvořeného exhaustoru.



7) Ukázka vysypání slunéček z vytvořeného exhaustoru.



8) Porovnání profesionálního exhaustoru s vytvořeným.



Nutností pro laboratorní část je optický mikroskop (zvětšení minimálně 400×), binokulární mikroskop (nebo kvalitnější lupa), průhledné plastové petriho misky, vata, zkumavky typu eppendorf a mechanické pipety. Učitel by měl v den předcházejícímu projektu vytvořit roztok proti srážení odebraných vzorků hemolymfy (antikoagulační pufr) jehož výroba je velmi jednoduchá, nicméně vyžaduje, aby škola vlastnila analytické váhy (případně jiné váhy s přesností na desetiny gramu). Složení antikoagulačního pufru je následující: do 500 ml demineralizované vody se přidá 18 g chloridu sodného, 13,5 g monohydrátu kyseliny citronové a 100 g glukózy. Výsledný roztok je vhodné nechat rozpouštět do druhého dne v chladničce.

Hodnocení projektového dne lze provádět v několika fázích. Důležité je, aby učitel v průběhu celého dne žáky především pozitivně hodnotil a motivoval k lepším výsledkům. Kromě slovního hodnocení je v projektovém dni zahrnuto hodnocení praktických pracovních listů. Pracovní list 1-2 může učitel opravit a nejlepší skupinu odměnit klasifikační známkou výborně. Individuální pracovní list lze hodnotit pro všechny žáky dle standardní klasifikační stupnice.






4.2.1.3 Pracovní listy k didaktickému projektovému dni

Pracovní list č. 1: Poznej, s kým máš tu čest – verze pro učitele

Pomůcky: binokulární lupa, vyrobený exhaustor, entomologická pinzeta, kalkulačka a psací potřeby

Úkol č. 1:

a) Determinuj nasbíraná slunéčka *H. axyridis*, na základě obrázků zaznamenej počty jednotlivých variet druhu.

<p>forma: <i>succinea</i></p>  <p>zdroj: wikipedia.org/wiki/Harmonia_axyridis</p> <p>Přítomnost jedince zaznamenej čárkou: <i>přes 80 % evropské populace</i></p>	<p>forma: <i>axyridis</i></p>  <p>zdroj: wikipedia.org/wiki/Harmonia_axyridis</p> <p>Přítomnost jedince zaznamenej čárkou: <i>vzácná forma</i></p>	<p>forma: <i>spectabilis</i></p>  <p>zdroj: wikipedia.org/wiki/Harmonia_axyridis</p> <p>Přítomnost jedince zaznamenej čárkou: <i>cca 8 % evropské populace</i></p>
<p>forma: <i>conspica</i></p>  <p>Zdroj: Oldřich Nedvěd, Academia 2015</p> <p>Přítomnost jedince zaznamenej čárkou: <i>cca 4 % evropské populace</i></p>	<p>forma: <i>equicolor</i></p>  <p>Zdroj: Oldřich Nedvěd, Academia 2015</p> <p>Přítomnost jedince zaznamenej čárkou: <i>vzácná forma</i></p>	

max. 5/5 b

b) Vypočítej procentuální zastoupení jednotlivých variet druhu.

Přibližné procentuální zastoupení je stanoveno výše, ale může docházet k lokálním odchylkám.

max. 2/2 b

c) Pokuste se zamyslet nad rozdílem ve zbarvení krovek u jedinců formy *succinea*, setkali jste se také s touto formou bez „teček“?

Jedná se o tzv. termální melanismus. Jedinci, kteří se vyvíjeli při stádiu kukly ve vyšších teplotách mají světlejší zbarvení a zpravidla nemají tolik vybarvené tmavé skvrny na krovkách. Naopak u vývoje kukly v nižších teplotách (např. 17 °C) dochází k výraznému vybarvení skvrn. Zbarvení krovek dále souvisí se stářím dospělců. Mladí dospělci jsou více do odstínu žluté, s postupujícím vývojem brouka dochází k tmavnutí krovek a přechodu do odstínů červené.

Ukázka variability v rámci formy *succinea*:



nebodováno

d) Nasbírali jste do exhaustoru i jiné zástupce třídy hmyzu (Insecta)?

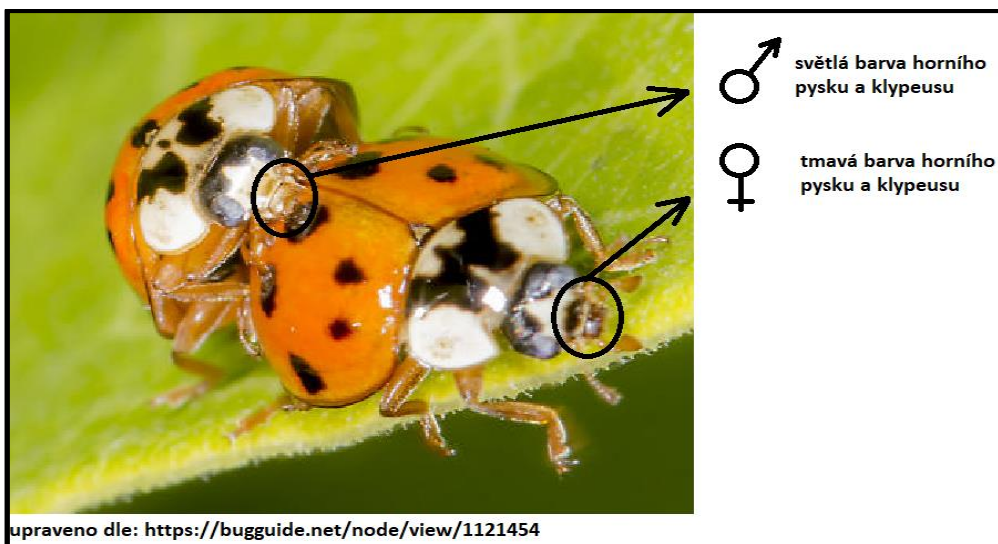
Lokálně specifické, záleží také na zadání, zda se učitel s žáky rozhodne sbírat pouze sluněčka nebo i další zástupce hmyzu.

nebodováno

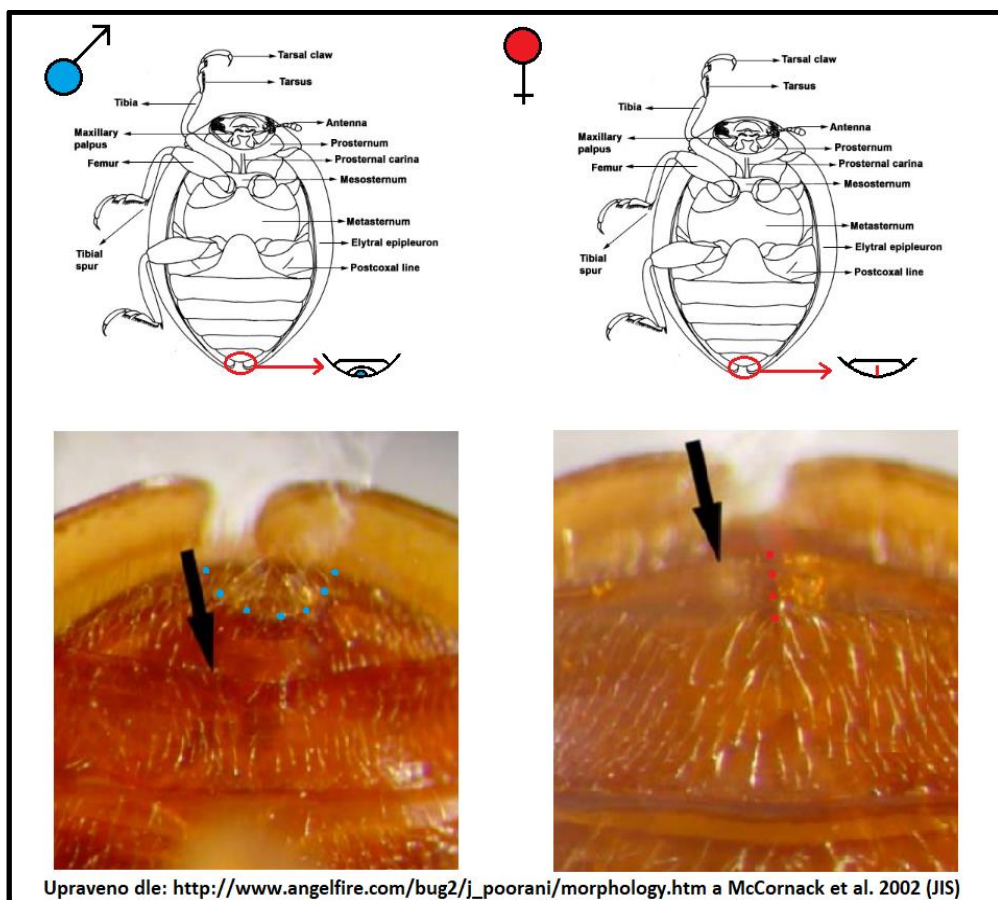
Úkol č. 2:

Pomocí determinačních znaků ověř od všech vytvořených skupin ve třídě všeobecně předpokládaný poměr pohlaví 1:1.

Znak A – Barva horního pysku a klypeusu u ústního ústrojí:



Znak B – Tvar posledního viditelného břišního článku (sternitu)



a) Doplň tabulku:

Skupina:	Počet samic:	Počet samců:

b) Na základě zjištěných údajů jednotlivých skupin vypočítej celkový poměr pohlaví.

*Všeobecně předpokládaný poměr pohlaví je 1:1. V případě *H. axyridis* je možný i posun k vyššímu počtu samic ku samcům. Důvodem jsou tzv. „male killing“ cytoplazmatické bakterie, které způsobují úmrtí samčích embryí.*

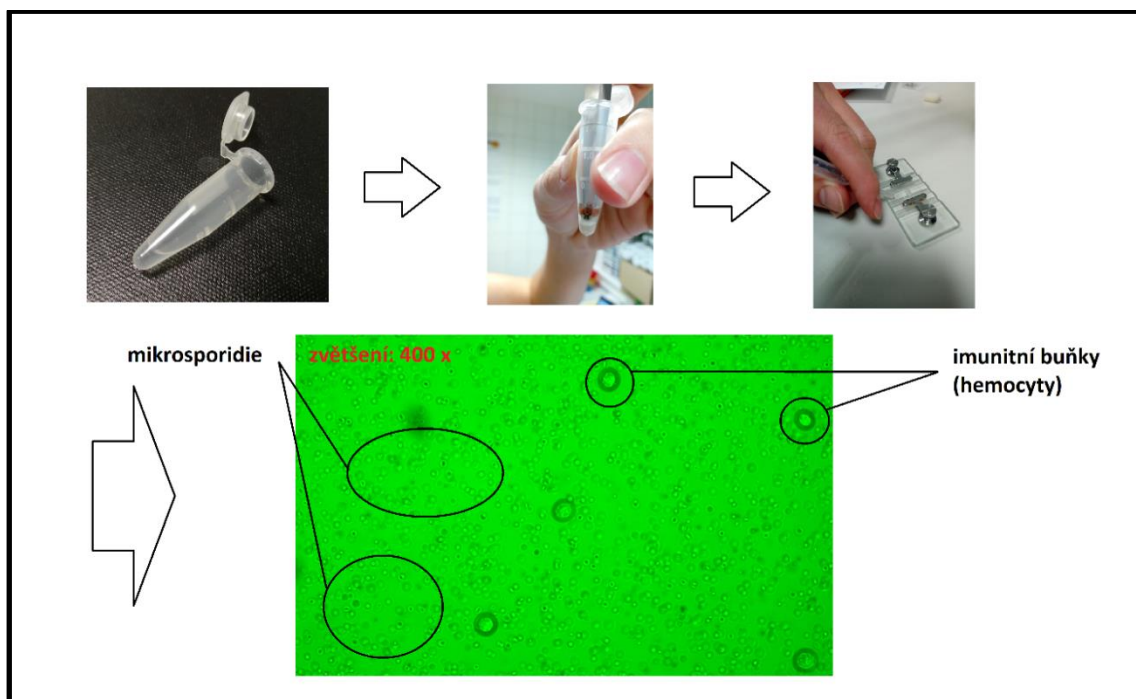
max. 4/4 b

Pracovní list č. 2: Zbraně v úspěšné biologické invazi a patogeny
slunéček – verze pro učitele

Pomůcky: optický mikroskop, zkumavka typu eppendorf, entomologická pinzeta, podložní a krycí sklíčko, připravený roztok, mechanický pipeta a tužka

Pracovní postup: Do připravených zkumavek nalijte roztok proti srážení krvomízy slunéček. Vyberte cca 5 jedinců *H. axyridis* a postupně je namáčejte do zkumavky s roztokem. Vlivem namáčení dochází k tzv. reflexnímu krvácení slunéček. Roztok s hemolymfou opatrně promíchejte mechanickou pipetou. Odeberte část objemu vzorku a napipetujte mezi podložní a krycí sklíčko. Pod dostatečným zvětšením pozorujte imunitní buňky hmyzu a tzv. mikrosporidie.

Vizualizace postupu:



Úkol č. 1: Pozoruj a zakresli imunitní buňky hmyzu a mikrosporidie. Do nákresu uveď celkové zvětšení.

Nákres při celkovém zvětšení 400 x odpovídá vizualizaci výše.

max. 4/4 b

Úkol č. 2:

a) V rámci vytvořených skupin ve třídě zjistěte, zda se vyskytují jedinci *H. axyridis* nakažení houbou *Hesperomyces harmoniae*. Počet zaznamenejte.

Ukázka pokročilé nákazy:



b) Co může způsobovat, že samci mají často výtrusy také na ventrální (břišní) straně těla?

Během rozmnožování může dojít k přímému kontaktu mezi nakaženou samicí na krovkách (dorzální straně těla) a nenakaženým samcem.

max. 2/2 b.

Pracovní list č. 3: I slunéčka koušou, aneb biologická invaze, o které jste možná nevěděli – verze pro učitele

Úkol č. 1: Přiřaď správné dvojice, invazní druh a jeho biologická třída. **Správně**

- | | | |
|--------------------------|-------------------------------|-------|
| 1) norek americký | A) vyšší dvouděložná rostlina | 1) B) |
| 2) bolševník velkolepý | B) savec | 2) E) |
| 3) střevlička východní | C) hmyz | 3) H) |
| 4) křídlatka sachalinská | D) hmyz | 4) A) |
| 5) kněžice mramorovaná | E) vyšší dvouděložná rostlina | 5) C) |
| 6) slunéčko východní | F) plži | 6) D) |
| 7) plzák španělský | G) vyšší dvouděložná rostlina | 7) F) |
| 8) trnovník akát | H) ryba | 8) G) |

max. 8/8 b.

Úkol č. 2: Jaký je odborný název slunéčka východního?

Harmonia axyridis

max. 2/2 b.

Úkol č. 3: Vyber, zda se jedná o pravdivá tvrzení:

1) Invazivní chování slunéčka *H. axyridis* spočívá především v extrémně rychlém šíření napříč Evropou, dále agresivitou při setkání s larvami jiných slunéček, výkonným imunitním systémem, výborně fungující chemickou obranou či vysokou úspěšností přežívání během přezimování.

ano/ne

2) Přírozenou strategií pro úspěšné přezimování slunéček *H. axyridis* je vyhledávání vlhkých míst, zejména lužních lesů. Zde zimují nejčastěji v břehovém porostu.

ano/ne

3) Brouk *H. axyridis* je uniformní ve velikosti těla i zbarvení krovek, měří 12 mm a vyskytuje se ve dvou geneticky podmíněných varietách.

ano/ne

4) Neinvazní (původní) forma slunéčka *H. axyridis* pochází ze Severní Ameriky, kde se vyskytuje v mírném až subtropickém podnebném pásu.

ano/ne

5) Efektivita chemické obrany *H. axyridis* spočívá v síle chemických sloučenin obsažených v hemolymfě (krvomíze).

ano/ne

max. 5/5 b.

Úkol č. 4: Označ **maximálně** jednu správnou odpověď:

1) Tzv. kiling male bakterie způsobují u slunéček:

- a) zvýšené zastoupení samců v dané populaci
- b) snížené zastoupení samic v dané populaci
- c) zabití všech dospělých samců v dané populaci
- d) u slunéček si nic podobného nevyskytuje

2) Imunitní buňky hmyzu se odborně nazývají:

- a) erytrocyty
- b) hemocyty**
- c) adipocyty
- d) teratocyty

3) Alkaloid vyskytující se v těle slunéček východních se nazývá:

- a) coccinellin
- b) bufotenin
- c) histrionicotoxin
- d) harmonin**

max. 3/3 b.

Úkol č. 5: Do vynechaného prostoru v textu doplň správné údaje:

Invazním druhem se rozumí takový, který je na daném území **nepůvodní**, člověkem zavlečený, zde se pak nekontrolovaně šíří a agresivně vytlačuje **původní druhy**. V novém prostředí nemají žádné přirozené **predátory**, parazity ani patogeny, pokud existují přirození konkurenti, jsou méně zdatní než invazní druhy.






max. 3/3 b.

Pracovní list č. 1: Poznej, s kým máš tu čest

Pomůcky: binokulární lupa, vyrobený exhaustor, entomologická pinzeta, kalkulačka a psací potřeby

Úkol č. 1:

a) Determinuj nasbíraná slunéčka *H. axyridis*, na základě obrázků zaznamenej počty jednotlivých variet druhu.

<p>forma: <i>succinea</i></p>  <p>zdroj: wikipedia.org/wiki/Harmonia_axyridis</p> <p>Přítomnost jedince zaznamenej čárkou:</p>	<p>forma: <i>axyridis</i></p>  <p>zdroj: wikipedia.org/wiki/Harmonia_axyridis</p> <p>Přítomnost jedince zaznamenej čárkou:</p>	<p>forma: <i>spectabilis</i></p>  <p>zdroj: wikipedia.org/wiki/Harmonia_axyridis</p> <p>Přítomnost jedince zaznamenej čárkou:</p>
<p>forma: <i>conspica</i></p>  <p>Zdroj: Oldřich Nedvěd, Academia 2015</p> <p>Přítomnost jedince zaznamenej čárkou:</p>	<p>forma: <i>equicolor</i></p>  <p>Zdroj: Oldřich Nedvěd, Academia 2015</p> <p>Přítomnost jedince zaznamenej čárkou:</p>	

.../5 b.

b) Vypočítej procentuální zastoupení jednotlivých variet druhu.

.../2 b.

c) Pokuste se zamyslet nad rozdílem ve zbarvení krovek u jedinců formy *succinea*, setkali jste se také s touto formou bez „teček“?

Ukázka variability v rámci formy succinea:



nebodováno

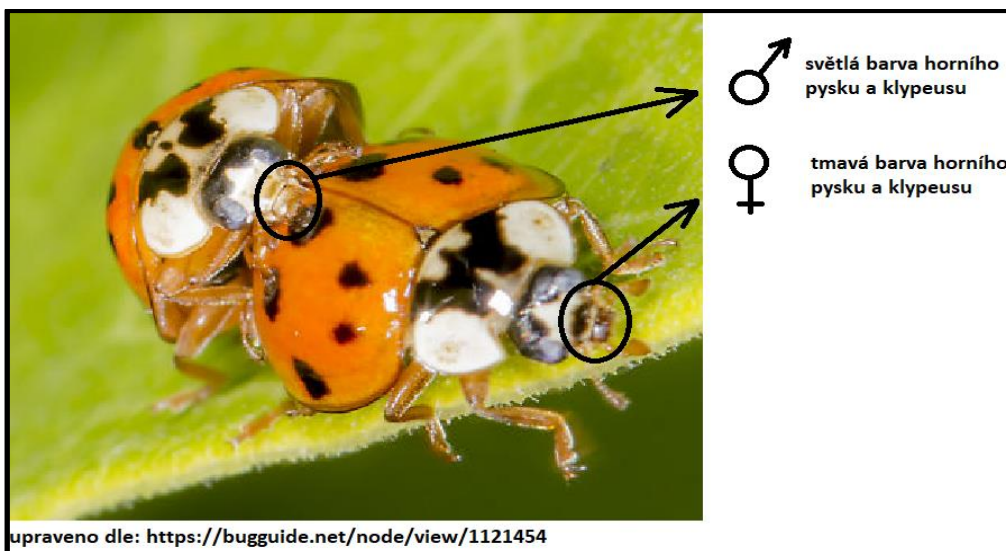
d) Nasbírali jste do exhaustoru i jiné zástupce třídy hmyzu (Insecta)?

nebodováno

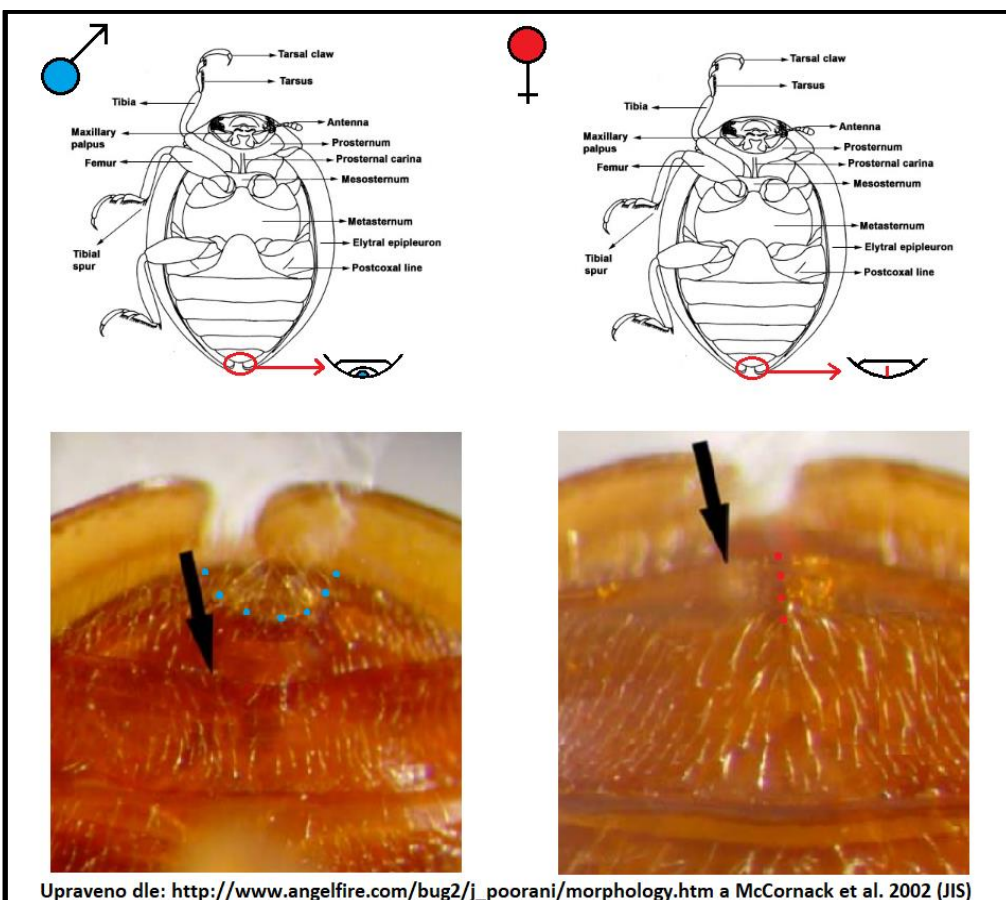
Úkol č. 2:

Pomocí determinačních znaků ověř od všech vytvořených skupin ve třídě všeobecně předpokládaný poměr pohlaví 1:1.

Znak A – Barva horního pysku a klypeusu u ústního ústrojí:



Znak B – Tvar posledního viditelného břišního článku (sternitu)



a) Doplň tabulku:

Skupina:	Počet samic:	Počet samců:

.../... b.

b) Na základě zjištěných údajů jednotlivých skupin vypočítej celkový poměr pohlaví.

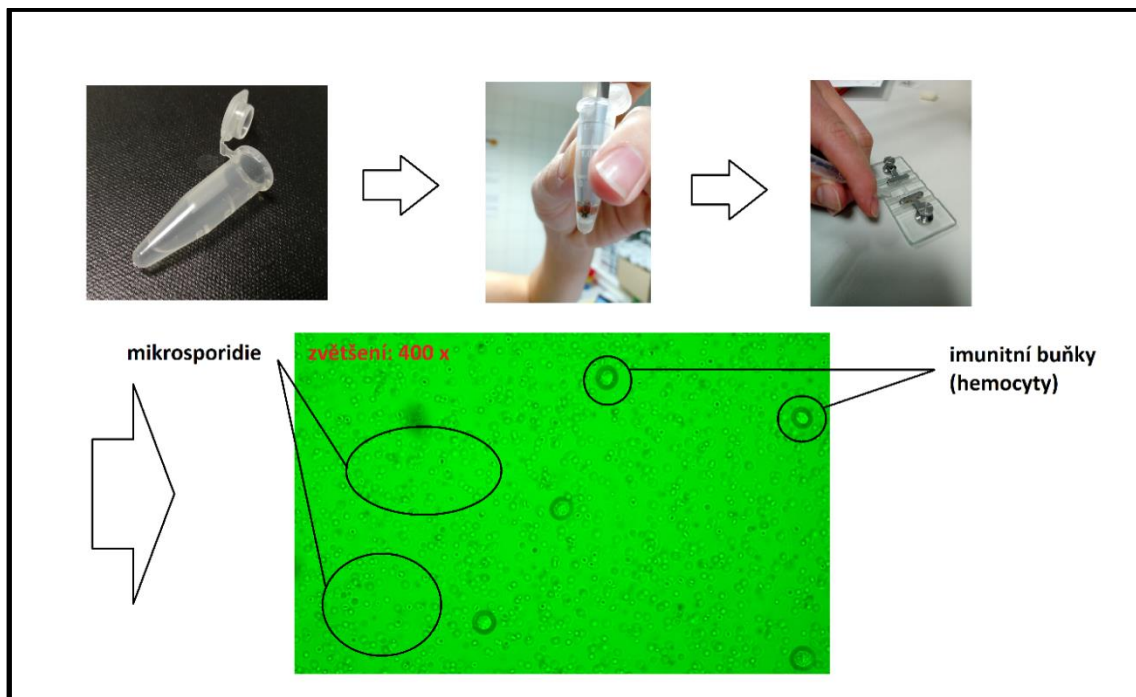
.../4 b.

**Pracovní list č. 2: Zbraně v úspěšné biologické invazi a patogeny
slunéček**

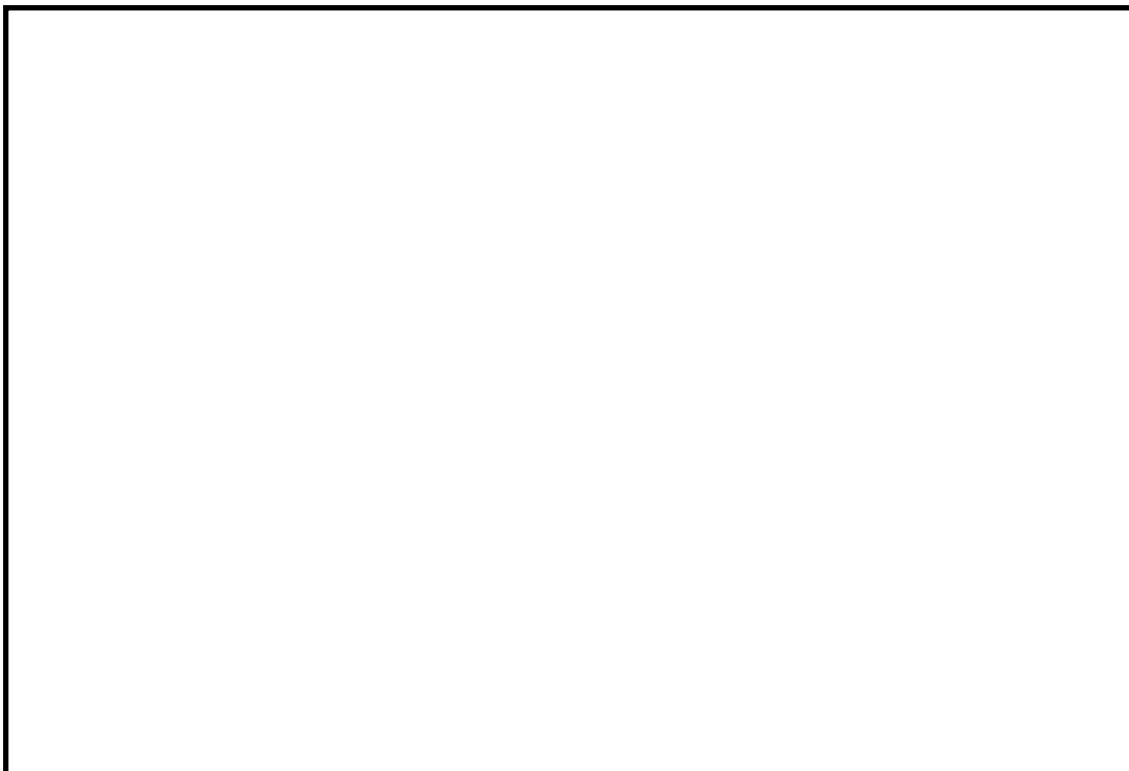
Pomůcky: optický mikroskop, zkumavka typu eppendorf, entomologická pinzeta, podložní a krycí sklíčko, připravený roztok, mechanický pipeta a tužka

Pracovní postup: Do připravených zkumavek nalijte roztok proti srážení krevní masy slunéček. Vyberte cca 5 jedinců *H. axyridis* a postupně je namáčejte do zkumavky s roztokem. Vlivem namáčení dochází k tzv. reflexnímu krvácení slunéček. Roztok s hemolymfou opatrně promíchejte mechanickou pipetou. Odeberte část objemu vzorku a napipetujte mezi podložní a krycí sklíčko. Pod dostatečným zvětšením pozorujte imunitní buňky hmyzu a tzv. mikrosporidie.

Vizualizace postupu:



Úkol č. 1: Pozoruj a zakresli imunitní buňky hmyzu a mikrosporidie. Do nákresu uveď celkové zvětšení.



.../4 b.

Úkol č. 2:

a) V rámci vytvořených skupin ve třídě zjistěte, zda se vyskytují jedinci *H. axyridis* nakažení houbou *Hesperomyces harmoniae*. Počet zaznamenejte.

Ukázka pokročilé nákazy:



Počet jedinců s nákazou:

b) Co může způsobovat, že samci mají často výtrusy houbového onemocnění také na ventrální (břišní) straně těla?

.../2 b.

Pracovní list č. 3: I slunéčka koušou, aneb biologická invaze, o které jste možná nevěděli – verze pro učitele

Úkol č. 1: Přiřaď správné dvojice, invazní druh a jeho biologická třída.

- | | |
|--------------------------|-------------------------------|
| 1) norek americký | A) vyšší dvouděložná rostlina |
| 2) bolševník velkolepý | B) savec |
| 3) střevlička východní | C) hmyz |
| 4) křídlatka sachalinská | D) hmyz |
| 5) kněžice mramorovaná | E) vyšší dvouděložná rostlina |
| 6) slunéčko východní | F) plži |
| 7) plzák španělský | G) vyšší dvouděložná rostlina |
| 8) trnovník akát | H) ryba |

.../8 b.

Úkol č. 2: Jaký je odborný název slunéčka východního?

.....

.../2 b.

Úkol č. 3: Vyber, zda se jedná o pravdivá tvrzení:

1) Invazivní chování slunéčka *H. axyridis* spočívá především v extrémně rychlém šíření napříč Evropou, dále agresivitou při setkání s larvami jiných slunéček, výkonným imunitním systémem, výborně fungující chemickou obranou či vysokou úspěšností přežívání během přezimování

ano/ne

2) Přírozenou strategií pro úspěšné přezimování slunéček *H. axyridis* je vyhledávání vlhkých míst, zejména lužních lesů. Zde zimují nejčastěji v břehovém porostu.

ano/ne

3) Brouk *H. axyridis* je uniformní ve velikosti těla i zbarvení krovek, měří 12 mm a vyskytuje se ve dvou geneticky podmíněných varietách.

ano/ne

4) Neinvazní (původní) forma slunéčka *H. axyridis* pochází ze Severní Ameriky, kde se vyskytuje v mírném až subtropickém podnebném pásu.

ano/ne

5) Efektivita chemické obrany *H. axyridis* spočívá v síle chemických sloučenin obsažených v hemolymfě (krvomíze).

ano/ne

.../5 b.

Úkol č. 4: Označ **maximálně** jednu správnou odpověď:

1) Tzv. kiling male bakterie způsobují u slunéček:

- a) zvýšené zastoupení samců v dané populaci
- b) snížené zastoupení samic v dané populaci
- c) zabití všech dospělých samců v dané populaci
- d) u slunéček si nic podobného nevyskytuje

2) Imunitní buňky hmyzu se odborně nazývají:

- a) erytrocyty
- b) hemocyty
- c) adipocyty
- d) teratocyty

3) Alkaloid vyskytující se v těle slunéček východních se nazývá:

- a) coccinellin
- b) bufotenin
- c) histrionicotoxin
- d) harmonin

.../3 b.

Úkol č. 5: Do vynechaného prostoru v textu doplň správné údaje:

Invačním druhem se rozumí takový, který je na daném území, člověkem zavlečený, zde se pak nekontrolovaně šíří a agresivně vytlačuje, V novém prostředí nemají žádné přirozené, parazity ani patogeny, pokud existují přirození konkurenti, jsou méně zdatní než invazní druhy.

.../3 b.

4.2.2 Návrh experimentální výuky pro obor ekologie a životní prostředí

Druhá etapa projektu (experimentální výuka) se skládá ze dvou na sebe provázaných částí. V této etapě didaktického projektu se jedná o dlouhodoběji řízený experiment. Žáci zde budou seznámeni s kompletním vývojem hmyzu s proměnou dokonalou na modelovém organismu slunéčka *H. axyridis*. Odchytení jedinci z projektového dne budou sloužit jako rodičovské páry pro další generace slunéček. Zároveň tato slunéčka mohou být z přírody nakažena parazitoidem *D. coccinellae*, které bude možné v rámci druhé etapy projektu také pozorovat.

Pro experimentální výuku je vytvořen pracovní list s názvem „Od vajíček po dospělce – hmyz s proměnou dokonalou“. Hlavním smyslem experimentální výuky je osvojit u žáků kompetence pro laboratorní chov s ukázkou celého vývojového cyklu hmyzu s proměnou dokonalou. Dílčím cílem je ukázka vztahu parazitoid vs. hostitel. Experimentální výuka bude probíhat ve třech stanovených vyučovacích jednotkách, úvodní teoretickou hodinou a dále v intervalu čtrnácti a třiceti dní od doby zahájení laboratorních chovů. Dokonce se nemusí jednat o celou vyučovací jednotku, žákům by měla být v rámci vhodného zařazení ve výuce prezentována pouze ukázka jednotlivých stádiích hmyzu a líhnutí parazitoidů (praktické úkoly bude zahrnovat pracovní list). Zároveň budou žáci držet ve skupinách po pěti členech týdenní služby zaměřené na experimentální chov slunéček. Tyto služby budou vyžadovat vyšší úroveň kooperace mezi žáky v celé třídě, aby byl výsledný projekt úspěšný. Výstupem z této části projektu bude kromě osvojení si kompetencí pro laboratorní chov hmyzu také vypracovaný individuální pracovní list.

4.2.2.1 Specifikace experimentální výuky

Obor: Ekologie a životní prostředí (16-01-M/01)

Délka vyučovací jednotky: není stanovena standartní vyučovací jednotka, doporučené provedení je 2× 30 minut, v průběhu dvou vyučovacích jednotek

Vzdělávací oblast v RVP: biotické faktory prostředí (populace, společenstva, ekosystém), porovnání základních skupin organismů

Výukové metody: reálné poznávání organismů, jejich částí a jevů, pracovní list, výklad, motivační metody

Formy výuky: badatelsky orientovaná výuka, projektová výuka, praktická výuka, skupinová a kooperativní výuka

Vstupní předpoklady žáka:

- dodržuje pokyny učitele pro řízený experimentální chov hmyzu
- vychází ze zásad slušného chování
- rozlišuje základní vývojové fáze hmyzu
- je schopen pracovat s entomologickou pinzetou
- umí pracovat s biologickým materiálem

Výchovně-vzdělávací cíle žáka:

- jedná v souladu s principy morálky a společenského chování
- jeho chování je v souladu se zásadami kultury projevu
- je schopen spolupracovat a komunikovat ve skupině s ostatními žáky
- má kompetence pro experimentální chov slunéček v podmínkách ex situ
- je schopen poznat jednotlivé vývojové fáze slunéčka *H. axyridis* (a dalších brouků)
- zná vztah hostitele a parazita/parazitoida dle modelového organismu ze všemi jeho důsledky

Formy a prostředky hodnocení: zpětná vazba, zpětné slovní hodnocení, bodové hodnocení

Klíčové kompetence:

Komunikativní a sociální kompetence žáka:

- dokáže se vyjadřovat odbornou terminologií
- je schopen práce ve skupině při kontrolách experimentálního chovu slunéček
- uvědomuje si rozdílné schopnosti a dovednosti svých spolužáků

Kompetence k řešení problémů žáka:

- dokáže porozumět zadaným úkolům
- dokáže aplikovat teoretické vědomosti pro praktické činnosti během experimentálního chovu
- je schopen logického uvažování při řešení jednotlivých úkolů
- je trpělivý při řešení jednotlivých úkolů

- dokáže se vypořádat s možnými nedostatky během zajišťování experimentálního chovu slunéček

Občanské kompetence:

Žák si váží a chápe důležitost spolupráce se spolužáky

4.2.2.2 Metodická část pro učitele k experimentální chovu slunéček

Seznámení studentů s možností chovu slunéček

Druhá etapa projektu navazuje na komplexní projektový den. Po vhodném výběru načasování projektu (viz výše) bude studentům představena možnost druhé části projektu. Učitel by s dostatečnou časovou rezervou měl zvážit, zda bude chtít s žáky realizovat také část věnující se experimentálnímu chovu. Slunéčka *H. axyridis*, vyříděná po terénním odchytu, je totiž nutné zachovat pro založení těchto chovů. Je nutné, aby se žáci předem rozdělili do pěti členných skupin. V rámci těchto skupin budou mít rozdělené týdenní služby na krmení a čištění slunéček *H. axyridis* v experimentálním chovu.

Zařazení teoretického vyučování v rámci experimentálního chovu

Úvodní teoretická jednotka bude trvat 45 minut (lze individuálně i zkrátit). Dle následující struktury: zahájení hodiny, výklad nového učiva, procvičování nového učiva a shrnutí hodiny s ukončením. Teoretická úvodní hodina by měla vycházet z odborných poznatků kapitoly „Biologické invaze a představení modelového organismu *H. axyridis*“. Struktura frontální výuky by měla být následující: připomenutí biologické invaze *H. axyridis*, vysvětlení vývoje hmyzu s proměnou dokonalou a nedokonalou, ukázka vývojového cyklu brouků na příkladu slunéčka *H. axyridis*, vysvětlení vztahu parazit/parazitoid vs. hostitel. Odhadnutý časový plán experimentálních chovů je uveden v tabulce níže.

Tabulka č. 4: Organizace projektové výuky v jednotlivých týdnech

Časová řada	Struktura výuky	Činnost učitele	Činnost žáků
Úvodní den	Teoretická vyučovací jednotka	Pozdrav, zápis do třídní knihy, sdělení cíle projektu, frontální výuka, poučení o BOZP	Pozdrav, pochopení cíle, naslouchání a zápis poznámek k řešení praktické části
První týden	Experimentální chov slunéček	Koordinuje žáky při prvním krmení slunéček	Řeší zadané praktické úkoly v dané skupině, cílem je udržení laboratorních chovů v dobré kondici
Druhý týden	Experimentální chov slunéček	Koordinuje žáky při prvním krmení slunéček	Řeší zadané praktické úkoly v dané skupině, cílem je udržení laboratorních chovů v dobré kondici
Třetí týden	Praktické vyučování, pohled na aktuální vývojová stádia v laboratorních chovech	Ukazuje jednotlivá vývojová stádia hmyzu a případná nakažená slunéčka parazitoidem (identifikuje kokon pod slunéčky)	Řeší zadané úkoly v pracovním listě, orientují se v aktuálně vylíhnutých stádiích slunéček
Třetí týden	Experimentální chov slunéček	Koordinuje žáky při prvním krmení slunéček	Řeší zadané praktické úkoly v dané skupině,

			cílem je udržení laboratorních chovů v dobré kondici
Čtvrtý týden	Experimentální chov slunéček	Koordinuje žáky při prvním krmení slunéček	Řeší zadané praktické úkoly v dané skupině, cílem je udržení laboratorních chovů v dobré kondici
Pátý týden	Praktické vyučování, pohled na aktuální vývojová stádia v laboratorních chovech	Ukazuje další vývojová stádia hmyzu a případná nakažená slunéčka parazitoidem (identifikuje kokon pod slunéčky), pokud již proběhla všechna vývojová stádia, tak ukončuje projekt	Řeší zadané úkoly v pracovním listě, orientují se v aktuálně vylíhnutých stádiích slunéček, odevzdávají pracovní list k hodnocení
Pátý týden a případné další týdny	Experimentální chov slunéček	Koordinuje žáky při prvním krmení slunéček, pokud již proběhla všechna vývojová stádia, tak ukončuje projekt	Řeší zadané praktické úkoly v dané skupině, cílem je udržení laboratorních chovů v dobré kondici

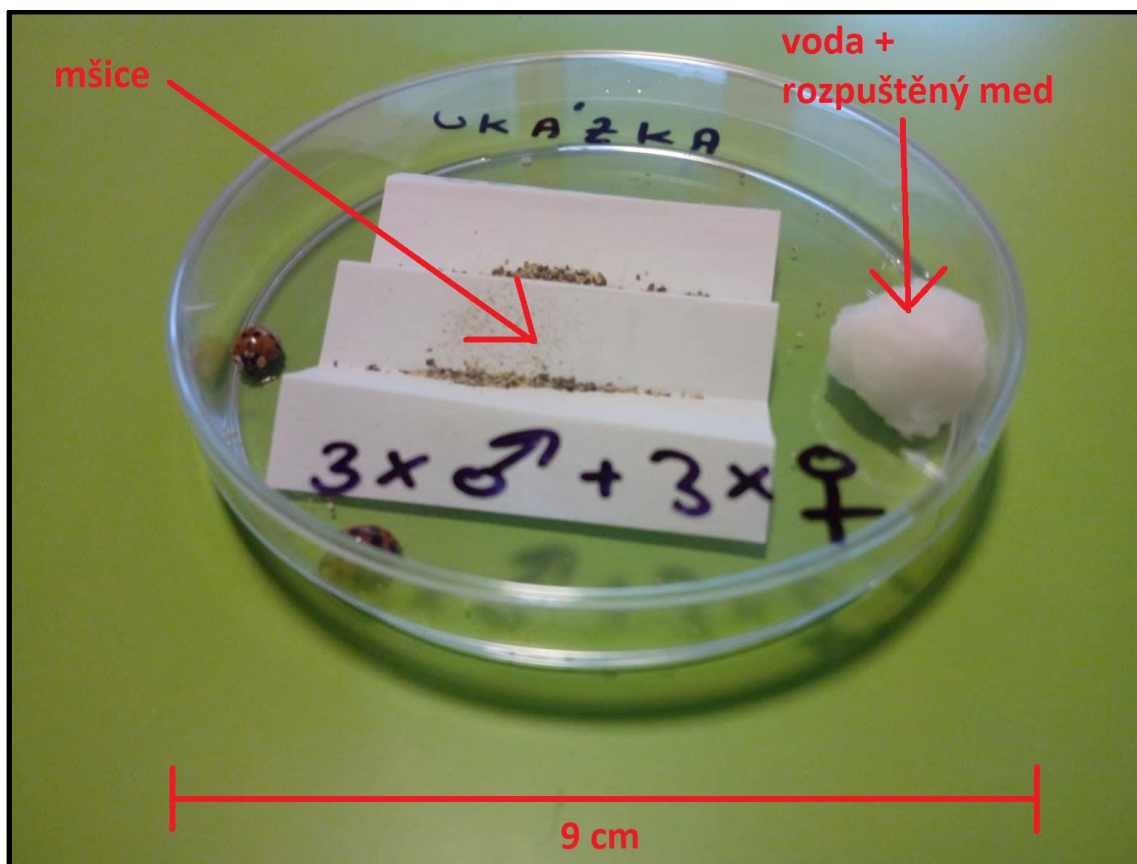
Informace s pokyny a podklady pro učitele k řízené projektové výuce

Příprava na projektovou výuku vyžaduje ponechání odchycených jedinců *H. axyridis* z projektového dne. Učitel žákům představí hlavní myšlenku této části a řádně poučí o bezpečném chování během realizace chovu. Není nutné ihned po ukončení projektového dne zakládat chovy. Slunéčka je možné ponechat například v zavařovacích sklenicích několik dní v chladničce, pokud bude zajištěna dostatečná vlhkost (pomocí namočeného kapesníku) a přísun kyslíku (malé dírky ve víčku od sklenice). Nasbírané jedince učitel dále rozdělí do připravených nádob (zavařovací sklenice) či petriho misek s dostatečným množstvím vody a potravy (vizualizováno níže na str. 60). Dále je nutné zajistit v blízkosti školy dostatečný zdroj mšic pro udržení chovů, zjištění zdrojů mšic lze zadat žákům jako úkol. Pro efektivnější výstupy (rychlejší páření) je vhodné obohatit potravu cukrem, nabízí se jednoduše rozpuštěný med v ubrousku či rozkrojená kulička hroznového vína. Pro chov je ideální teplota okolí kolem 25 °C (zjednodušeně: v nižších teplotách než 25 °C pomalejší vývoj a naopak), fotoperiodu ponechte například 12 hodin den a 12 hodin noc.

Na základě stanovených týmů (služeb) ve třídě je o slunéčka v pravidelných intervalech pečováno. Pro udržení experimentálního chovu je nutné zajistit kontrolu množství potravy a vody minimálně dvakrát týdně. V případě již výraznějšího znečištění nádob určených k chovu je nutná jejich výměna. Celková časová náročnost závisí na množství odchycených jedinců. U vytvořených skupin po pěti žácích by neměla časová náročnost překročit 2 hodiny/týden.

V třetím a pátém týdnu od zahájení chovů (případně kdykoliv učitel uzná za vhodné) proběhne kontrola jednotlivých stádií hmyzu a výskytu parazitoidů. Pracovní list k projektové výuce je možné řešit v přesně definované vyučovací jednotce či průběžně a individuálně během postupu celého chovu (vizualizace jednotlivých stádií je na str. 61).

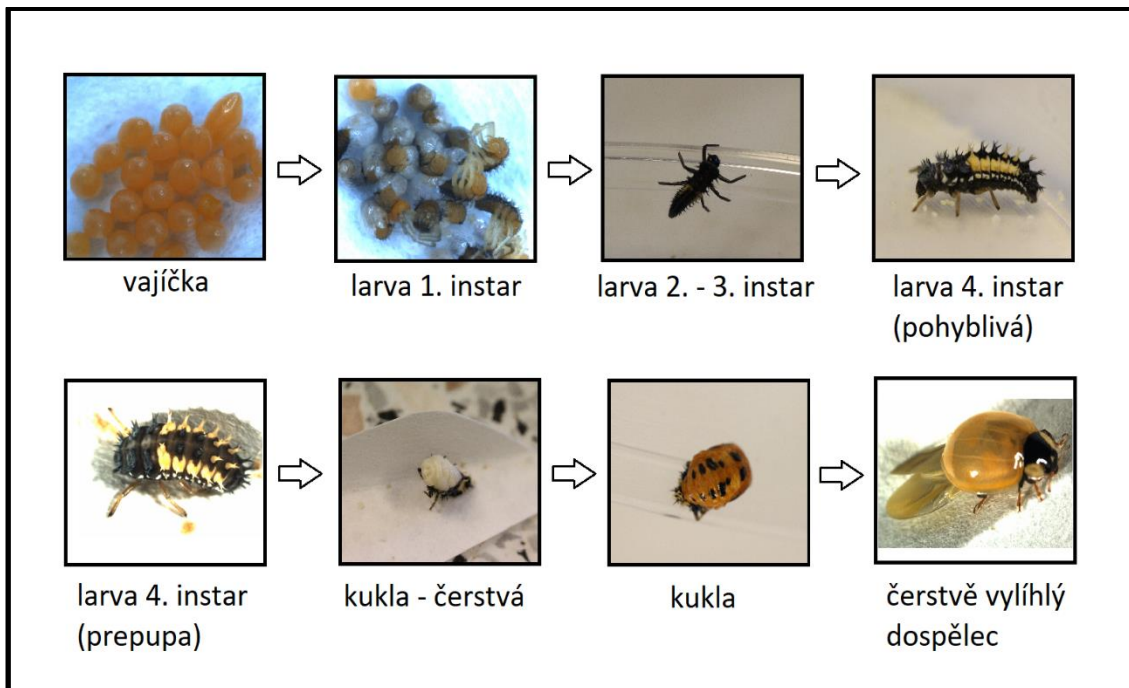
Vizualizace možného chovu sluníček v petriho miskách:



4.2.2.3 Pracovní list k projektové výuce

Pracovní list II. etapa: Od vajíček po dospělé – verze pro učitele

Úkol č. 1: V čase pozorujte a postupně zakreslete (barevně) jednotlivá ontogenetická stádia hmyzu s proměnou dokonalou na modelovém organismu *H. axyridis*.




max. 8/8 b.

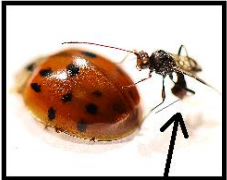
Úkol č. 2: Sledujte snahu dospělého lumčička infikovat hostitele (slunéčko). Šipkami zaznamenávejte útoky kladělkem na hostitele.

Identifikace a možný odchov lumčička:


A) slunéčko střežící kokon parazitoida



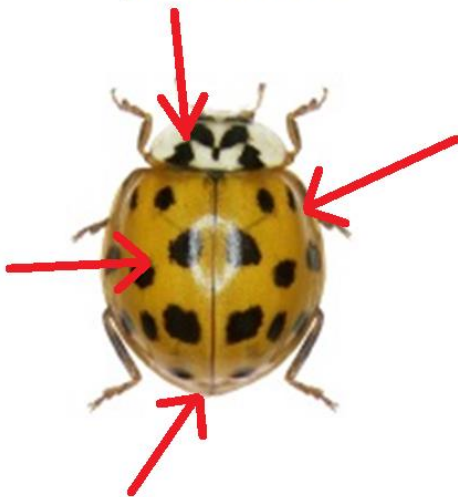
B) dospělý lumčiček infikuje slunéčko



Kokony je možné umístit do zkumavky typu eppendorf (s malou dírkou ve víčku) a čekat na vylíhnutí dospělé



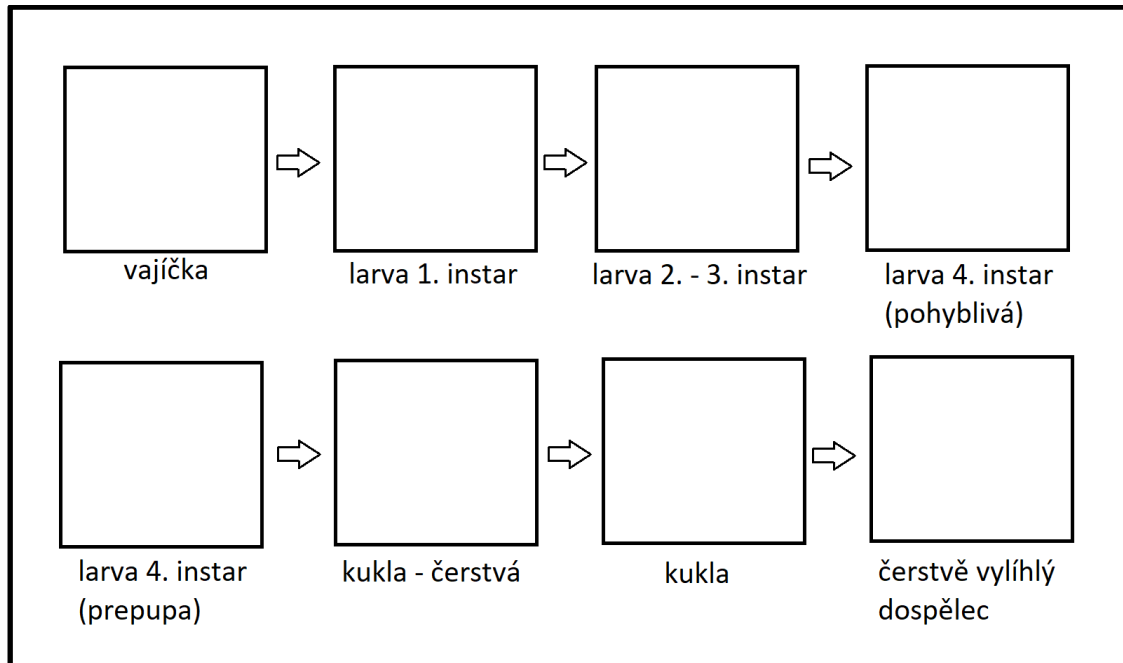
Zakreslování ataků parazitoida



nebodováno

Pracovní list II. etapa: Od vajíček po dospělé

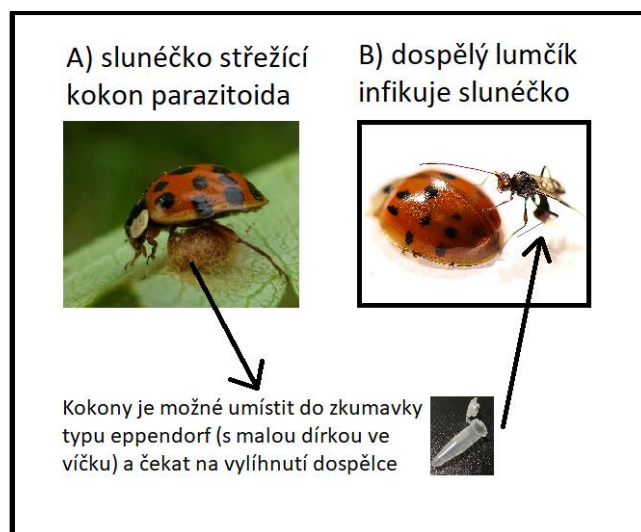
Úkol č. 1: V čase pozorujte a postupně zakreslete (barevně) jednotlivá ontogenetická stádia hmyzu s proměnou dokonalou na modelovém organismu *H. axyridis*.



.../8 b.

Úkol č. 2: Sledujte snahu dospělého lumčíka infikovat hostitele (slunéčko). Šipkami zaznamenávejte útoky kladélkem na hostitele.

Identifikace a možný odchov lumčíka:





nebodováno

5. Diskuze

Vytvořený didaktický projekt na modelovém organismu invazního slunéčka *H. axyridis* lze realizovat ve dvou nezávislých etapách (projektový den a projektová výuka). Projekt využívá standardních požadavků pro tento typ výuky (spektrum forem i metod výuky, dominantní jsou aktivity žáků a učitel je v roli „průvodce“ činnostmi; Kratochvílová, 2009; Lojdová, 2012). Zároveň tento projekt přistupuje k výuce přírodovědného tématu inovativním směrem badatelsky orientované výuky (Papáček, 2010; Dostál, 2013). Synergie projektu s prvky badatelsky orientované výuky a výsledek z podrobné analýzy kurikulárního rámce RVP (NUOV, 2008) pro obor Ekologie a životní prostředí (kód oboru: 16-01-M/01) ukazuje na možnost zařazení projektu nejen na středních odborných školách.

Biologické invaze jsou základním ekologickým pojmem a z hlediska udržení světové biologické rozmanitosti jsou jedním z klíčových biotických faktorů. Nevhodné a neopatrné chování lidí bohužel vede k negativnímu vlivu těchto organismů na životní prostředí. Odpovědnost za biologické invaze tak nese především člověk (například během cestování, exportu a importu komodit; Ewel *et al.*, 1999). Slunéčko *H. axyridis* je výborným modelovým organismem úspěšné biologické invaze, dnes obtěžující dokonce i širokou veřejnost. Ačkoliv jsou slunéčka mezi lidmi oblíbeným hmyzem, je vhodné rozlišovat naše původní druhy od invazní *H. axyridis*, což nemusí být pro laika úplně jednoduché. Invazní slunéčko totiž existuje v množství geneticky podmíněných variet lišících se barvou krovek (Nedvěd, 2014, 2015).

Během realizace projektu žáci vystřídají celou řadu aktivit. Projekt začíná zadáním domácího úkolu za účelem vytvoření vlastního zařízení na odchyt hmyzu. Po úvodní teoretické hodině následuje terénní odchyt hmyzu. Příchodem zpět do odborné učebny s nachytným biologickým materiálem učitel zahájí část vedoucí k vypracování praktických úkolů. Projektový den uzavírá krátké opakování a shrnutí tématu. Kromě badatelsky orientované výuky využívá projekt formy (z hlediska postavení k jednotlivci) skupinové, kooperativní a částečně individuální výuky. Z pohledu vyučovacích metod projekt využívá zejména motivace, expozice nového učiva, fixace učiva, diagnózy i reflexe probraného tématu. Za nejdůležitější metody v tomto didaktickém projektu pokládám metody názorného poznání zkoumaného

předmětu, pracovních činností a samozřejmě metodu verbálně expoziční (Papáček, 2010; Slavík, M., Husa, J., Miller, 2012).

Negativem návrhu didaktického projektu bude poměrně vysoká časová náročnost. Učitel bude muset věnovat čas přípravou na projektový den po organizační i didaktické stránce. Druhá etapa projektové výuky vyžaduje navíc důmyslné rozvržení práce žákům do jednotlivých skupin, tak aby tento dlouhodobější proces nezávisel pouze na učiteli. Práce ve skupinách s sebou navíc nese riziko konfliktů a nespolupráce žáků. Pedagog proto musí během řešení projektové výuky udržovat velmi dobrou náladu v kolektivu (Dostál, 2013). Dalším negativem navrženého projektu je ohrožení terénních odchytů hmyzu v případě náhlých nepříznivých klimatických podmínek. V případě nepřízně počasí bohužel většina terestrického hmyzu není aktivní. Navrhuji pravidlo předběžné opatrnosti a doporučuji učitelům raději mít v „záloze“ vlastní nachytaná sluněčka z týdne přecházející samotné realizaci projektu (lze je skladovat v chladničce).

Ačkoliv je projektová výuka pro žáky velmi atraktivní, měla by být využívána v přiměřené míře a s dostatečnou rozvahou. Dovolím si proto kapitolu uzavřít s následujícím tvrzením. „Projektová metoda není všelék, není metodou všespasitelnou, ale jednou z možných metod školní edukace, která by však měla mít v procesu výchovy a vzdělávání rovnocenné postavení jako metody ostatní“ (Žanta, 1934; In Kratochvílová, 2006, s. 55).

6. Závěr

V této práci byl vytvořen didaktický projekt zaměřující se na problematiku biologických invazí u modelového organismu slunéčka východního *Harmonia axyridis*. Vytvořený projekt komplexně představuje modelový organismus. Projekt je možné realizovat v předmětech ekologického a biologického zaměření, konkrétně pro obor Ekologie a životní prostředí (kód oboru: 16-01-M/01).

Pro vytvořený didaktický projekt byla sepsána literární rešerše o modelovém organismu, která slouží jako důležité vodítko pro učitele k úspěšné realizaci projektu. Praktická část zahrnuje podrobnou analýzu vhodnosti zařazení projektu dle RVP. Metodické pokyny pro učitele včetně návodu k výrobě vlastního zařízení na odchyt terestrického hmyzu. V neposlední řadě praktická část obsahuje vlastní pracovní listy. Myslím si, že podobný koncept projektu by učitelé po drobných úpravách mohli zařadit do vyučovacího procesu také na druhém stupni vzdělání. Zejména praktická část věnující se jednotlivým stádiím vývoje hmyzu je pro biologicky zaměřené předměty velmi atraktivní. Zároveň si myslím, že práce má potenciál k přispění k tématu ekologie, ochrany životního prostředí a ohrožení světové biodiverzity.

Vlastní sepisování závěrečné práce hodnotím velmi kladně neboť jsem se mohl dále zdokonalovat v oblasti didaktiky odborných předmětů. Byl bych velmi potěšen, pokud by mnou vytvořený projekt nezůstal pouze „na papíře“, ale skutečně jej některá ze středních škol vyučující ekologické (biologické) předměty aplikovala. Se svým vedoucím v rámci postgraduálního studia plánuji vytvořit koncept nabízených přednášek pro popularizaci vědy na středních i základních školách a závěrečná práce poslouží jako vhodná kostra k možnému zaměření přednášek. S vedoucí závěrečné práce doc. PhDr. Radmilou Dytrtovou, CSc. jsem se předběžně domluvil, že by tato práce mohla být prezentována na mezinárodní vědecké konferenci EDUCO 2020.

7. Seznam použitých zdrojů

Castro, C. F., Almeida, L. M. and Penteadó, S. R. C. 2011. The Impact of Temperature on Biological Aspects and Life Table of *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae). *Florida Entomologist*. 94(4), 923–932. doi: 10.1653/024.094.0429.

Ceryngier, P. 2018. Predators and parasitoids of the harlequin ladybird, *Harmonia axyridis*, in its native range and invaded areas. *Biological Invasions*. 20(4), 1009–1031. doi: 10.1007/s10530-017-1608-9.

Coufalová, J. Projektové vyučování pro první stupeň základní školy. Fortuna, 2003. 135 s. ISBN: 80-7168-958-0.

Dheilly, N. M. , Maure, F., Ravallec, M., Galinier, R., Doyon, J., Duval, D., Leger, L., Volkoff, A. N., Missé, D., Nidelet, S., Demolombe, V., Brodeur, V., Gourbal, B., Mitta, F. G. T. 2015. Who is the puppet master? Replication of a parasitic wasp-associated virus correlates with host behaviour manipulation. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 282(1803). doi: 10.1098/rspb.2014.2773.

Dostál, J. Experiment jako součást badatelsky orientované výuky. *Trendy ve vzdělávání*. 2013, č. 1, s. 9-19. ISSN 1805-8949.

Dvořáková, M. Projektové vyučování v české škole: vývoj, inspirace, současné problémy. Karolinum, 2009. 160 s. ISBN 9788024616209.

Ewel, J. J., O'Dowd, D. J., Bergelson, J., Daehler, C. C., D'Antonio, C. M., Diego Gómez, L. , Gordon, R. D., Hobbs, R. J, Holt, A., Hopper, K. H., Hughes, C. E, LaHart, M., Roger, R. B., Lee, G., Loope, L. L., Lorence, D. H., Louda, S. M., Lugo, A. E., McEvoy, P. B., Richardson, D. M., Vitousek, P. M. 1999. Deliberate Introductions of Species: Research Needs. *BioScience*. 49(8), 619–630. doi: 10.2307/1313438.

Frýzová, I. 2014. Pracovní list nejen v přírodovědném vzdělávání. *Komenský*. 1, pp. 48–54.

Haelewaters, D. (2019) *Hesperomyces* 'harmoniae' nom. prov. (Laboulbeniales), an ectoparasitic fungus specific to *Harmonia axyridis*. Available at: https://www.researchgate.net/publication/334549361_Hesperomyces_harmoniae_nom_prov_Laboulbeniales_an_ectoparasitic_fungus_specific_to_Harmonia_axyridis_IOBC-WPRS_BULLETIN_2019_14553-55 (Accessed: 22 October 2019).

Kašová, J. Škola trochu jinak: projektové vyučování v teorii i praxi. Kroměříž: IUVENTA, 1995. 81 s.

Knapp, M. Dobeš, P., Řeřicha, M., Hyršl, P. 2018. Puncture vs. reflex bleeding: Haemolymph composition reveals significant differences among ladybird species (Coleoptera: Coccinellidae), but not between sampling methods. *European Journal of Entomology*. 115, 1–6. doi: 10.14411/eje.2018.001.

Kratochvílová, J. *Teorie a praxe projektové výuky*. Brno: Masarykova univerzita v Brně, 2009. 160 s. ISBN 80-210-4142-0.

Lepil O. *Teorie a praxe výukových materiálů*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2010. 97 s. ISBN 978-80-244-2489-7.

Lojdrová K., *Projektové vyučování*, 2012. [cit. 28.11.2019]. Dostupné z: [https:// docplayer.cz/978053-Projektove-vyucovani-skripta-ke-kurzu-13-12-2012-mgr-katerina-lojdova.html](https://docplayer.cz/978053-Projektove-vyucovani-skripta-ke-kurzu-13-12-2012-mgr-katerina-lojdova.html).

Maure, F., Thomas, F., Doyon, J., Brodeur, J. 2016. Host nutritional status mediates degree of parasitoid virulence. *Oikos*. 125(9), 1314–1323. doi: 10.1111/oik.02944.

Ministerstvo životního prostředí, 2019 [online]. MŽP. [cit. 28.11.2019]. Dostupné z: [https:// www.mzp.cz](https://www.mzp.cz).

Nedorostová, E. N. *Mezigenerační rozdíly v přístupu k životnímu prostředí*. Ústí nad Labem, 2017. Bakalářská práce. Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem.

Nedvěd, O. *Pomocník v biologické ochraně nebo ohrožení biodiverzity?* České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2014. 67 s. ISBN: 978-80-7394-490-2

Nedvěd, O. Brouci čeledi slunéčkovití (Coccinellidae) střední Evropy. Academia, 2015. 304 s. ISBN: 978-80-200-2495-4

Papáček, M. Badatelsky orientované přírodovědné vyučování – cesta pro biologické vzdělávání generací Y, Z a alfa? *Scientia in educatione*, 2010, roč. 1, č. 1, s. 33–49. ISSN 1804-7106.

Pergl, J., Sádlo, J., Petrušek, A., Laštůvka, Z., Musil, J., Perglová, I., Šanda, R., Šefrová, H., Šíma, J., Vohralík, V., Pyšek, P. 2016 Black, Grey and Watch Lists of alien species in the Czech Republic based on environmental impacts and management strategy. *NeoBiota*. 28, 1–37. doi: 10.3897/neobiota.28.4824.

Řeřicha, M. Vliv teploty během preimaginálního vývoje na imunitní systém dospělců hmyzu. Praha, 2015. Bakalářská práce. Česká zemědělská univerzita. Fakulta životního prostředí. Katedra ekologie.

Řeřicha, M. Imunitní systém invazního slunéčka *Harmonia axyridis*. Praha, 2017. Diplomová práce. Česká zemědělská univerzita. Fakulta životního prostředí. Katedra ekologie.

Řeřicha, M., Dobeš, P., Hyršl, P., Knapp, M. 2018. Ontogeny of protein concentration, haemocyte concentration and antimicrobial activity against *Escherichia coli* in haemolymph of the invasive harlequin ladybird *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). *Physiological Entomology*. 43, 51–59. doi: 10.1111/phen.12224.

Schmidtberg, H., Röhrich, Ch., Vogel, H., Vilcinskas, V. 2013. A switch from constitutive chemical defence to inducible innate immune responses in the invasive ladybird *Harmonia axyridis*. *Biology Letters*. 9(3). doi: 10.1098/rsbl.2013.0006.

Skalková, J. *Obecná didaktika*. Praha: Grada, 2007. 328 s. ISBN: 978-80-247-1821-7.

Slavík, M., Husa, J., Miller, I. *Materiální didaktické prostředky a technologie jejich využívání*. Textová studijní opora. Praha: IVP ČZU v Praze, 2007. 50 s. ISBN 978-80-213-1705-5.

Slavík M, Miller I. *Oborová didaktika pro zemědělství, lesnictví a příbuzné obory*. Textová studijní opora. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2012. 121 s. ISBN 978-80-213-2277-6.

Tomková, A., Kašová, J., Dvořáková, M. Učíme v projektech. Praha: Portál, 2009.

Vilcinskas, A., Schmidtberg, H., Estoup, A., Tayeh, A., Facon, B., Vogel, H. 2015. Evolutionary ecology of microsporidia associated with the invasive ladybird *Harmonia axyridis*. *Insect Science*. 22(3), 313–324. doi: 10.1111/1744-7917.12159.

Wright, E. J. 1978. Observations on the copulatory-behavior of *perilitus-coccinellae* (Hymenoptera, Braconidae). *Proceedings of the Entomological Society of Ontario*, 109, pp. 22–22.

8. Seznam tabulek

Tabulka č. 1: Analýza učiva didaktického projektu dle zařazení do RVP

Tabulka č. 2: Časový plán s činnostmi učitele a žáků v úvodní teoretické hodině

Tabulka č. 3: Časový a obsahový plán projektového dne

Tabulka č. 4: Organizace projektové výuky v jednotlivých týdnech