

Univerzita Palackého v Olomouci  
Přírodovědecká fakulta  
Katedra ekologie a životního prostředí



# **Vliv formaldehydu na účinnost zemních pastí**

Bc. Lucie Novotná

Diplomová práce

předložená

na Katedře ekologie a životního prostředí

Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci

jako součást požadavků

k získání titulu Mgr. ve studijním programu

Učitelství biologie a environmentální výchovy pro střední školy

Učitelství geografie pro střední školy

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

Olomouc 2026



Novotná L. 2026. Vliv formaldehydu na účinnost zemních pastí [diplomová práce]. Olomouc: Katedra ekologie a ŽP, PřF UP v Olomouci. 40 s. 2 přílohy, česky.

#### Abstrakt

Zemní pasti patří mezi nejčastěji využívané techniky pro vzorkování epigeických členovců. Vzhledem k rozmanitosti typů pastí a jejich modifikacím dochází k nejednotnosti dat napříč studii. Jedním z faktorů stojících za různorodostí úlovků a obtížnou srovnatelností výsledků, je použitá fixační tekutina. Její vliv byl v této práci studován na společenstvu střevlíkovitých brouků v lužním lese. Výzkum probíhal po dobu devíti týdnů v CHKO Litovelské Pomoraví, kde bylo instalováno celkem 90 zemních pastí ve třech variantách: s 4% roztokem formaldehydu, s vodou a suché pasti s hoblinami. Celkem bylo odchyceno 2415 jedinců střevlíkovitých brouků náležících k 17 druhům. Výsledky ukazují, že typ fixační tekutiny jednoznačně ovlivňuje velikost i složení odchyty střevlíkovitých brouků. Pasti s formaldehydem odchytávaly signifikantně více jedinců i druhů než pasti naplněné vodou nebo suché. Obdobný efekt byl pozorován také u indexu druhové diverzity. Typ použité fixační tekutiny se zároveň projevil i na úrovni jednotlivých druhů. Zatímco 4% roztok formaldehydu působil pro většinu zaznamenaných druhů atraktivně, u zástupců druhů *Pterostichus ovoideus* a *Stomis pumicatus* byl pozorován opačný efekt, kdy byly tyto druhy zachytávány v pastech s vodou. Naopak voda měla repelentní účinek na druhy *Abax parallelus*, *Pterostichus rufipes* a *Bembidion lampros*. Pasti s vodou měly na zachytávání jedinců druhu *Carabus coriaceus* neutrální vliv a u druhu *Carabus ullrichii* nebyla preference typu pasti statisticky prokázána. Odchyt druhů *Carabus scheidleri* a *Limodromus assimilis* byl v pastech s formaldehydem a v pastech naplněných vodou srovnatelný. Součástí práce je také návrh jednoduchých experimentů s živými střevlíky pro výuku přírodopisu na základních školách, které byly oslovenými pedagogy kladně hodnoceny.

**Klíčová slova:** Carabidae, CHKO Litovelské Pomoraví, fixační tekutina, formaldehyd, trapabilita, zemní past

Novotná L. 2026. The effect of formaldehyde on the effectiveness of pitfall traps [master's thesis]. Olomouc: Department of Ecology and Environmental Sciences, Faculty of Science, Palacký University Olomouc. 40 pp. 2 Appendices. In Czech

#### Abstract

Pitfall traps are among the most commonly used techniques for sampling epigeic arthropods. Due to the variety of trap types and their modifications, data are inconsistent across studies. One of the factors behind the diversity of catches and the difficult comparability of results is the fixing fluid used. Its influence was studied in this work on the ground beetle community in a floodplain forest. The research was conducted over a period of nine weeks in the Litovelské Pomoraví PLA, where a total of 90 pitfall traps were installed in three variants: with a 4% formaldehyde solution, with water and dry traps with shavings. A total of 2415 individuals of ground beetles belonging to 17 species were caught. The results show that the type of fixing fluid clearly affects the size and composition of the ground beetle catch. Traps with formaldehyde caught significantly more individuals and species than traps filled with water or dry traps. A similar effect was also observed for the species diversity index. The type of fixative fluid used was also reflected at the level of individual species. While a 4% formaldehyde solution had an attractive effect for most of the recorded species, the opposite effect was observed for representatives of the species *Pterostichus ovoideus* and *Stomis pumicatus* when these species were captured in water traps. On the contrary, water had a repellent effect on the species *Abax parallelus*, *Pterostichus rufipes* and *Bembidion lampros*. Water traps had a neutral effect on the capture of individuals of the species *Carabus coriaceus* and for the species *Carabus ullrichii*, the preference of the trap type was not statistically proven. The capture of the species *Carabus scheidleri* and *Limodromus assimilis* was comparable in formaldehyde traps and in water-filled traps. The work also includes a proposal for simple experiments with live ground beetles for teaching natural history in primary schools, which were positively evaluated by the teachers interviewed.

**Keywords:** Carabidae, fixation fluid, formaldehyde, Litovelské Pomoraví PLA, pitfall trap, trapability

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením doc. RNDr. Mgr. Ivana Hadriána Tufa, Ph.D., a jen s použitím uvedené literatury a zdrojů.

V Olomouci, 7. května 2026

# Obsah

Seznam obrázků.....	vii
Seznam tabulek.....	viii
1. ÚVOD .....	1
1.1 Zemní pasti.....	1
1.2 Fixační tekutina v zemních pastech.....	4
1.2.1 Funkce fixační tekutiny .....	5
1.2.2 Vliv detergentu .....	5
1.2.3 Necílové úlovky a etické aspekty .....	6
1.2.4 Výběr fixační tekutiny a její vliv .....	7
1.2.5 Přehled fixačních tekutin.....	7
2. CÍLE PRÁCE .....	12
3. MATERIÁL A METODY .....	13
3.1 Charakteristika zkoumaného území .....	13
3.2 Metodika sběru a zpracování materiálu .....	14
3.3 Analýza dat .....	16
4. VÝSLEDKY.....	18
4.1 Vliv fixační tekutiny na abundanci střevlíků .....	18
4.2 Vliv fixační tekutiny na druhovou bohatost střevlíků .....	21
4.3 Vliv fixační tekutiny na druhovou diverzitu střevlíků.....	22
5. DISKUSE .....	23
5.1 Vliv použité fixační tekutiny na velikost úlovku střevlíků .....	24
5.2 Vliv použité fixační tekutiny na druhové složení střevlíků .....	26
6. ZÁVĚR.....	28
Literatura .....	30
Příloha A .....	41
Příloha B.....	42

## Seznam obrázků

<b>Obrázek 1:</b> Přibližné vymezení studované lokality.....	13
<b>Obrázek 2:</b> Schéma zemní pasti.....	15
<b>Obrázek 3:</b> Vliv fixační tekutiny na abundanci střevlíkovitých brouků.....	18
<b>Obrázek 4:</b> Počty odchycených jedinců jednotlivých druhů Carabidae v závislosti na typu náplně pasti.....	21
<b>Obrázek 5:</b> Vliv fixační tekutiny na druhovou bohatost střevlíkovitých brouků.....	22
<b>Obrázek 6:</b> Vliv fixační tekutiny na druhovou diverzitu střevlíkovitých brouků.....	22

## Seznam tabulek

<b>Tabulka 1:</b> Statistické vyhodnocení vlivu fixační tekutiny na počet jedinců vybraných druhů Carabidae.....	21
--	----

## Poděkování

V první řadě bych velice ráda poděkovala vedoucímu diplomové práce doc. Tufovi za jeho ochotu, cenné rady, trpělivost a veškerou pomoc při vzniku této práce. Velké poděkování patří také studentům programu Zoologie za inspirativní návrhy experimentů využitých v didaktické části práce. Touto cestou bych také ráda poděkovala své rodině a přátelům, kteří mi byli velkou oporou nejen při vzniku této práce, ale i v průběhu celého studia.

V Olomouci, 7. května 2026

# 1. ÚVOD

Suchozemští členovci tvoří skupinu drobných bezobratlých, která je nezbytným článkem pro fungování terestrických ekosystémů. Představují přibližně 80 % celkové druhové rozmanitosti na Zemi a navzdory své velikosti těla se podílejí na několika klíčových procesech (Wilson 1992, citováno podle Work a kol. 2002). Hrají nezbytnou roli při rozkladu organické hmoty a s ním spojeného koloběhu látek v ekosystému (Samways a kol. 2010; Seastedt 2003). Důležité je také jejich postavení v přenosu energie v rámci potravních řetězců. Zde působí jako významní predátoři či jako potrava pro jiné bezobratlé, obojživelníky, ptáky a savce (Pettersson a kol. 1995; Samways a kol. 2010). V rámci dalších ekosystémových služeb mají nezastupitelnou funkci především při opylování a šíření semen rostlin (Mattson a Addy 1975).

V ekologii jsou členovci často využíváni ke sledování určitých vlastností ekosystému nebo životního prostředí (Hilty a Merenlender 2000; Chowdhury a kol. 2023). Typická je pro ně krátká generační doba a schopnost rychle reagovat na ekologické změny. Na základě jejich početnosti, druhové rozmanitosti a celkového stavu populace lze vyhodnotit stav prostředí. Zároveň je možné posoudit míru narušení ekosystému antropogenními vlivy (těžbou, zemědělstvím, urbanizací apod.) a také úspěšnost ochrannářských opatření (Hussain a kol. 2023; Majer 1983; Niemelä a kol. 1993; Walcher a kol. 2020).

V současném ekologickém výzkumu se pro studium společenstev epigeických členovců využívá celá řada metod (Samways a kol. 2010; Southwood a Henderson 2000; Sutherland 2006). Aby použité metody spolehlivě charakterizovaly společenstva epigeické fauny, nemělo by docházet k nadhodnocení ani podhodnocení odchytu určitých skupin nebo druhů (Lang 2000; Topping a Sunderland 1992). Jedině na základě přesných výsledků o početnosti druhů, velikosti a hustotě, populační dynamice a rozšíření mohou ekologové vytvářet vhodná ochrannářská opatření či později sledovat jejich dopady na ekosystém (O'Connell a kol. 2024). Z tohoto důvodu je nutné využívat takové výzkumné metody, které umožňují získat spolehlivé vzorky a zároveň jsou pro výzkumníky časově i finančně dostupné (Goodenough a kol. 2026; Sutherland 2006).

## 1.1 Zemní pasti

Zemní (padací) pasti, v odborné literatuře označované jako „pitfall traps“, patří mezi nejčastěji používané metody pro vzorkování střevlíků, pavouků a dalších povrchově

aktivních členovců (Adis 1979; Hohbein a Conway 2018; Cheli a Corley 2010; McCravy a Willand 2007; Mommertz a kol. 1996). Odchyt pomocí zemních pastí patří mezi pasivní techniky sběru. Entomologové tento způsob vzorkování považují za nejefektivnější z hlediska vynaloženého času a úsilí (Skvarla a kol. 2014). Na rozdíl od jiných technik nevyžaduje tato metoda odchytu přítomnost výzkumníka. Velikost úlovku tak nezávisí na jeho vytrvalosti a zároveň se tím snižuje zkreslení výsledků způsobené jeho chybami. Instalované pasti mohou navíc fungovat na různých stanovištích současně a získaný materiál lze následně mezi sebou porovnávat. Oblíbenost zemních pastí souvisí zejména s jejich jednoduchou konstrukcí a nenáročnou instalací. Pasti se snadno obsluhují a jejich použití je finančně dostupné (Prasifka a kol. 2007; Zou a kol. 2012). Nicméně nejvýznamnější výhodou zachytávání pomocí zemních pastí je nepřetržitost jejich fungování. Nabízí tak nepřerušovaný sběr epigeických členovců, včetně těch s noční aktivitou (Huusela-Veistola 1996; Ward a kol. 2001). Stammer (1948) ve své práci píše: „Protože mohou být otevřeny po celý rok, dávají dobrý obraz o zastoupení druhů a hustotě jedinců, o vývoji, a dospívání a době kopulace, o konkurenci mezi druhy a o populační dynamice (citováno podle Skuhřavý 1957).“

Základ této techniky tvoří obvykle kruhová nádoba, která se zapustí do půdy tak, aby její hrdlo lícovale s okolním terénem. Součástí pasti je ve většině případů stříška, která slouží jako ochrana před dešťovými srážkami a listovým opadem. Past může být doplněna o tekutinu v podobě látky se smrtícími a konzervačními vlastnostmi. V případě sběru za účelem získání živého materiálu fixační prostředek v pasti chybí. Princip odchytu spočívá v tom, že jedinec pohybující se po povrchu půdy překoná okraj pasti, jednoduše spadne do nádoby a v ideálním případě z ní neunikne (Southwood 1994; Spence a Niemelä 1994).

V entomologické praxi je metoda zemních pastí využívána již od konce devatenáctého století (Dahl 1896, citováno podle Stašiov a kol. 2021). V minulosti se pasti instalovaly buď prázdné, nebo s návnadou k lákání cílových druhů. Za průkopníka odchytu s využitím zemních pastí se stal americký entomolog Herbert Spencer Barber. Koncem dvacátých let 20. století provedl výzkum, ve kterém aplikoval pasti ve formě skleněných trubic při studiu jeskynních bezobratlých. Pasti plnil různými roztoky (např. etylenglykolem) a testoval jejich vliv na kondici ulovených bezobratlých. Nad pasti umístil také návnadu v podobě hniječím masa (Barber 1931). V některých zemích jsou proto tyto pasti označovány jako „Barber’s traps“. Tato metoda se později velmi rychle

rozšířila a stala se nepostradatelnou při ekologických a faunistických studiích. Tomu odpovídá i rostoucí počet publikací odkazujících na metodu odchyty pomocí zemních pastí (viz Příloha A).

S rostoucím využíváním pastí v ekologických studiích se zároveň zvyšovala i kritika jejich použití. Greenslade (1964) mezi prvními upozornil, že zemní pasti neměří skutečnou hustotu populací. Došel k závěru, že počet odchycených jedinců spočívá nejen v jejich abundanci, ale závisí i na jejich pohybové aktivitě. Systém odchyty pomocí zemních pastí později ukázal, že podhodnocuje malé druhy a zvýhodňuje velké, zároveň aktivnější druhy. V důsledku toho Spence a Niemelä (1994) doporučují zemní pasti kombinovat s jinými metodami sběru. Podobně Topping a Sunderland (1992) již dříve ve své studii poukázali na nadhodnocení pohybově aktivnějších druhů. Tento jev může způsobit zkreslení poměrů ulovených sameců a samic, kteří jsou v období hledání partnera aktivnější. Důležité je zmínit, že i samotná instalovaná past může v důsledku „kopání“ dočasně zvýšit pohybovou aktivitu jedinců a tím i počet uloveného materiálu (Digweed a kol. 1995). Míru odchyty může ovlivnit i fakt, že ne všichni jedinci, kteří dosáhnou okraje pasti, do nádoby spadnou. Někteří jsou schopni se na okraji pasti udržet a zachránit se nebo z jejich spár i po pádu uniknout (Gerlach a kol. 2009; Halsall a Wratten 1988; Petruška 1969).

Jak je z předchozího zřejmé, účinnost odchyty závisí na řadě parametrů. Na základě rozsáhlého výzkumu problematiky zemních pastí Adis (1979) vymezil celkem 18 faktorů, které ovlivňují odchyt členovců. Tím upozornil na komplikace při srovnávání získaných dat prezentovaných různými výzkumníky a uvedl doporučení pro budoucí vzorkování pomocí pastí. Mezi uvedené faktory patřily i vlastnosti experimentální plochy, zahrnující klimatické podmínky (půdní vlhkost, srážky, teplotu prostředí), vegetační pokryv v blízkosti pastí nebo nerovnosti povrchu půdy. Takové vlastnosti jsou však ze strany sběratele neovlivnitelné.

Značné rozdíly v početnosti a složení odchyceného materiálu se připisují i designu pasti. Široká aplikace této výzkumné techniky vedla k četným úpravám a vylepšením pastí, což způsobilo další problémy při interpretaci výsledků (Spence a Niemelä 1994). V důsledku toho se již dříve Adis (1979) dožadoval standardizace konstrukce pastí. Dosud však jednotný design pasti nebyl vytvořen. Mnoho prací prokázalo vliv konstrukce pasti na její účinnost vzorkování. Například vyšší úlovky byly získány v pastech s nádobami ze skleněného materiálu než v pastech s nádobami kovovými či plastovými

(Luff 1975). Kov se v důsledku koroze vyznačuje jako nejméně spolehlivý pro udržení úlovek v pasti. Jako efektivnější se ukázaly pasti s kruhovým ústím ve srovnání se čtvercovými či obdélníkovými (Ahmed a Petrovskii 2019; Baars 1979; Spence a Niemelä 1994) a větší průměr ústí pasti obecně zvyšuje početnost i druhovou bohatost uloveného materiálu (Brennan a kol. 1999; Koivula a kol. 2003; Luff 1975). Kromě materiálu nádoby pasti může mít na účinnost odchyty vliv také její barva. Světlé barvy (bílá, žlutá) lákají více pavouky a střevlíky, zatímco tmavší barvy preferují suchozemští stejnonožci (Buchholz a kol. 2010). Přítomnost stříšky a její materiál ovlivňuje odpar fixační tekutiny a mění mikroklima poblíž pasti (Adis 1979), ale vliv její barvy je na úlovky nejednotný (Alexeev a Aleksanov 2017; Buchholz a Hannig 2009). Efektivitu pasti lze dále zvýšit instalací návnad (Gatty a Grández 2020; Silva a kol. 2012) nebo naváděcích bariér v podobě pásů z plechu, které směřují členovce přímo do pasti (Morrill a kol. 1990; Hansen a New 2005). Velikost úlovku může také ovlivnit počet instalovaných pastí i jejich uspořádání v prostoru (Enge 2001; Engel a kol. 2017; Ward a kol. 2001). Kromě designu působí na účinnost pasti i použitá konzervační kapalina.

## 1.2 Fixační tekutina v zemních pastech

Z metodického hlediska lze rozlišit dva základní typy pastí. První z nich se využívá pro vzorkování „na sucho“, kdy do pasti není přidána žádná konzervační kapalina. Tento způsob odchyty je méně častý a aplikuje se pro získání živých jedinců. Ti mohou posloužit jako potrava pro jiné živočichy, k edukačním účelům, k chovu v laboratorních podmínkách nebo jako materiál při etologických studiích.

Uvnitř pasti se však mohou neusmrcení jedinci vzájemně napadat a konzumovat, čímž dochází ke zkreslení výsledků odchyceného materiálu. Pasti v takovém případě vyžadují častější kontrolu, ideálně i několikrát denně. Zvýšenou frekvencí kontrol se také snižuje úhyn členovců například v důsledku dehydratace při vysokých teplotách prostředí nebo utonutí při nahromadění dešťových srážek v pasti. Za účelem snížení predace uvnitř pasti doporučuje Tuf (2013) dno nádoby doplnit o hobliny nebo suché listí. Taková vrstva výplně může posloužit jako úkryt pro menší jedince před většími predátory. Pro zamezení vzájemné konzumace postačí i drátěné pletivo. Druhy s menší velikostí těla jeho oky propadnou na dno pasti, naproti tomu velké druhy pletivo zachytí a tím dojde k jejich oddělení.

Pasti bez přidané konzervační látky odchyťované bezobratlé neodpuzují a zároveň nepůsobí jako atraktant. Proto bývají při experimentech využívány jako pasti kontrolní

(Domingo-Quero a Alonso-Zarazaga 2010; Novotná 2023). Pokud není potřeba udržet úlovek naživu, v entomologických studiích se mnohem častěji instalují pasti „mokrě“, doplněné o fixační kapalinu.

### **1.2.1 Funkce fixační tekutiny**

Fixační, respektive smrtící tekutina představuje často nepostradatelnou složku při vzorkování pomocí zemních pastí. Tato tekutina se obvykle ve formě roztoku aplikuje do sběrné nádoby nebo přímo na dno pasti, kde zastává několik důležitých funkcí. Jak již název napovídá, konzervační tekutina umožňuje uchování těl jedinců od doby jejich odchytu až po laboratorní zpracování. Těla zachycených živočichů tak nepodléhají rozkladu a mohou být využita v dalších fázích výzkumu. Přidáním konzervantu se snižuje i potřeba pravidelné kontroly pastí.

Vedle konzervačního účinku je tekutina typická tím, že způsobuje poměrně rychlé usmrcení všech nasbíraných členovců. Zamezuje tím predaci uvnitř pasti a primárně snižuje únikovou schopnost zachycených jedinců z pasti ven, což vede ke zvýšení celkového úlovku (Luff 1975). K usmrcení jedinců dochází potopením jejich těl na dno nádoby nebo díky toxickým účinkům látky. Aby sběrná tekutina kvalitně konzervovala zachycené jedince, musí být funkční po celou dobu vzorkování. Z tohoto důvodu je ideální aplikovat kapaliny s nízkou rychlostí odpařování. V opačném případě potřebuje konzervant častější doplnění, čímž se zvýší i jeho celkový objem potřebný při vzorkování. Charakteristických vlastností konzervační tekutiny využil při svých experimentech již Barber (1931), který instaloval pasti na složitě přístupných místech v jeskynním systému. Použitím některých konzervačních tekutin získal vzorky v kvalitním stavu i při delších intervalech mezi obsluhami pastí.

### **1.2.2 Vliv detergentu**

Při použití konzervační tekutiny se doporučuje přidání několika kapek detergentu (Al Hussein a kol. 1991; Holopainen 1992). Nejčastěji se jedná o běžně dostupný tekutý mycí nebo prací prostředek, v ideálním případě bez zápachu. Parfemovaný detergent by mohl sám o sobě odchyťované členovce přitahovat nebo odpuzovat. Přidáním takového činidla se snižuje povrchové napětí konzervační tekutiny. Zachycení jedinci, i ti s nepatrnou hmotností těla, klesnou na dno nádoby a utopí se. V opačném případě by hladina tekutiny mohla posloužit jako opora k úniku z pasti (Petruška 1969).

Detergent k etylenglykolovému roztoku přidali ve svém experimentu i Topping a Luff (1995) a zaznamenali výrazný nárůst počtu lapených plachetnatkovitých pavouků.

Stejné výsledky pozoroval u pavouků i Pekár (2002). Naopak na střevlíky nemělo přidání detergentu do fixační tekutiny žádný vliv a drabčící se dokonce výrazně chytali více do pastí bez přítomnosti detergentu. Použití detergentu ovlivnilo úspěšnost odchyty také u chvostoskoků, kteří mohou díky své schopnosti skoku z pasti snadno uniknout (Bruckner a Ott 2024).

### 1.2.3 Necílové úlovky a etické aspekty

Při odchyty pomocí zemních pastí s nalitou fixační tekutinou nelze opomenout zachycení necílových druhů. Mezi takové úlovky mohou patřit jiné skupiny bezobratlých, které jsou pro potřeby konkrétního výzkumu nevýznamné. Závažnějším metodickým i etickým problémem je však vedlejší úlovek v podobě obratlovců. „Mokrě“ pasti mohou úspěšně zachytit a usmrtit obojživelníky, plazy (zejména ještěrky), drobné ptáky i savce (Oberprieler a kol. 2019; Pearce a kol. 2005; Thompson a Thompson 2008). Někteří z nich po pádu do pasti nejsou schopni úniku a v nalité tekutině utonou.

Nebezpečí v podobě toxické fixační látky však ohrožuje kromě těch drobnějších i větší obratlovce. Konzervanty s nasládlou chutí, mezi které se řadí i často využívaný etylenglykol, lákají k požití ptáky, divočáky a další (Kwon a kol. 2022). Konzumace i malého množství fixační kapaliny může vést k poškození organismu jedince nebo dokonce k jeho úhynu. Proto je nutné pasti používat tak, aby se maximálně snížila úmrtnost náhodně lovených obratlovců (New 1999).

Necílové úlovky lze částečně eliminovat jednoduchými úpravami na konstrukci pasti (Pearce a kol. 2005; Radawiec a Aleksandrowicz 2013). Jako účinná se ukázala modifikace v podobě nálevky, která se osvědčila jako bariéra bránící pádu drobných savců. Instalace takového trychtýře snížila množství vedlejšího úlovku přibližně o dvě třetiny, navíc bez negativního dopadu na odchyt bezobratlých (Lange a kol. 2011). Propadnutí necílových živočichů může zabránit i běžně dostupné pletivo s většími oky napnuté přes ústí nádoby (Barber 1931; Hall 1991). Dalším opatřením může být použití méně toxických alternativ tekutiny, jako je čistá voda (Waage 1985). Významnou roli může hrát také přidání odpuzujících hořkých látek (např. chinin sulfát), které snižují pravděpodobnost konzumace tekutiny obratlovcem (Hall 1991; Jud a Schmidt-Entling 2008). Důležité je zmínit, že přidání chinin sulfátu nemá žádný vliv na počet zachycených pavouků, dokonce zlepšuje kvalitu uchovávaného materiálu odchyceného v zemních pastech (Jud a Schmidt-Entling 2008).

#### 1.2.4 Výběr fixační tekutiny a její vliv

Za téměř sto let od zavedení zemních pastí do entomologické praxe bylo otestováno nespočetné množství typů konzervačních prostředků. Při výběru fixační tekutiny musí výzkumník zvážit především její účinky. Ve většině případů se nezohledňuje skutečnost, že použité fixační médium může ovlivnit počet i rozmanitost odchycených členovců (Knapp a Růžička 2012; McCravy a Willand 2007; Skvarla a kol. 2014).

Použitá konzervační tekutina na některé skupiny jedinců působí jako atraktant, zatímco jiné může naopak odpuzovat. Tím se komplikuje srovnání výsledků mezi studii různých výzkumníků. Použití konzervačních prostředků je proto v literatuře rozsáhle diskutováno. Typ zvoleného média se navíc podepisuje i na stavu materiálu, který může ovlivnit jeho další zpracování (Lemieux a Lindgren 1999).

Požadavky na fixační tekutiny se liší i s cílem vzorkování. Odchyt jedinců například pro potřeby analýzy DNA bude mít na fixační kapalinu jiné nároky než ten pro studium morfologických znaků nezbytných pro determinaci (Aristophanous 2010; Brown a Matthews 2016; Sasakawa 2007).

#### 1.2.5 Přehled fixačních tekutin

Použití konzervačních látek zmiňuje ve své práci již Barber (1931). V rámci výzkumu v jeskynním prostředí instaloval čistý etylenglykol nebo Galův roztok ve směsi s etylenglykolem či glycerinem. Konzervanty, které obsahovaly ethanol a kyselinu octovou, zavrhl z důvodu jejich repelentních vlastností.

V současnosti se k zadržení, usmrcení a konzervaci členovců v zemních padacích pastech používá celá řada konzervačních látek, včetně etylenglykolu, propylenglykolu, formalínu, petroleje, solanky, alkoholu, kyseliny octové a benzoové. (Bruckner a Ott 2024; Jud a Schmidt-Entling 2008; Scheller 1984; Woodcock 2005). Tekutiny se aplikují v různých koncentracích, případně ve formě směsí s dalšími složkami. Alternativně se mohou v pastech objevit konzervační tekutiny v podobě piva nebo vína, které zastávají roli atraktantu díky vysokému obsahu cukrů (Baini a kol. 2016). Yilmaz a kol. (2026) při výzkumu v tureckém Istanbulu do pastí instalovali roztok vanilinu a melasy.

Jak je již výše zmíněno, atraktivita konzervačního roztoku ovlivňuje druhové složení i počet odchyceného materiálu. I přes velké množství terénních studií je standardizace konzervační tekutiny pro metodu vzorkování pomocí zemních pastí velmi obtížná. Brown a Matthews (2016) konstatují, že doporučení jediného usmrcujícího

konzervačního prostředku pravděpodobně není možné. Dále autoři doporučují omezit běžné používání fixačních tekutin jako je formalín, roztoky benzoátu sodného, etylenglykol i podomácku připravené fixátory, typu solný roztok, víno nebo ocet. Hohbein a Conway (2018) ve své rešeršní studii o 257 publikacích zjistili, že mezi nejčastěji používané konzervační prostředky patřil etylenglykol (čistý i zředěný), dále voda v různých úpravách (např. s přidavkem soli nebo detergentu), propylenglykol a ethanol. Méně často byl využíván formaldehyd. V některých případech byly používány i směsi roztoků nebo méně obvyklé látky (např. ocet nebo Turquinův roztok).

### **Etylenglykol**

V současné době je etylenglykol jednou z nejčastěji používaných konzervačních látek v ekologických a faunistických studiích (Brown a Matthews 2016; Hohbein a Conway 2018). Je relativně levný, má nízkou rychlost odpařování a je snadno dostupný, například jako součást nemrznoucích směsí do automobilů (Schmidt a kol. 2006; Woodcock 2005). Mezi entomology je oblíbený především pro své výborné smrtící a konzervační vlastnosti (Sasakawa 2007). Na základě studie Cheli a Corley (2010) je jako fixátor nejúčinnější při 30% koncentraci. Etylenglykol je však prokazatelně toxický pro volně žijící obratlovce, které svou sladkou chutí láká ke konzumaci (Marshall a Doty 1990).

V důsledku toho se jako (dražší) alternativa doporučuje použití propylenglykolu. Má podobné fixační vlastnosti (Aristophanous 2010; Jud a Schmidt-Entling 2008), v porovnání s etylenglykolem je však i při požití objemnějšího množství téměř netoxický (Yu 2007, citováno podle Skvarla 2014). Navíc na základě výzkumu Weekse a McIntyreho (1997) nebyly zjištěny žádné významné odlišnosti v odchyty mezi instalovanými propylen-glykolovými a etylenglykolovými pastmi. Zatímco v porovnání s formaldehydem zachytil propylenglykol značně vyšší počet jedinců střevlíků a mrchožroutů a vyšší počet druhů mrchožroutů. Vyšší druhová bohatost mrchožroutů je pravděpodobně způsobena rozdílnou schopností těchto látek konzervovat organické tkáně (Knapp a kol. 2016).

Porovnáním různých konzervačních tekutin s etylenglykolem se zabývala celá řada publikací. McCravy a Willand (2007) studovali v listnatých lesích účinky šesti konzervačních tekutin (5% roztok kyseliny octové, destilovaná voda, 70% ethanol, 50% roztok etylenglykolu, 50% roztok propylenglykolu a 10% fyziologický roztok) na vzorkování společenstva střevlíků. Experiment ukázal, že nejnížší počty střevlíkovitých brouků byly zaznamenány u solného roztoku. Naopak nejvíce jedinců uvázlo v pastech

s kyselinou octovou a etylenglykolem. Zároveň však kyselina octová zachytila nejméně druhů střevlíků a pastí s etylenglykolem byly druhově nejbohatší. Výrazné odlišnosti v odchytu si výzkumníci vysvětlují rozdílnou atraktivností konzervačních prostředků a různou mírou v možnostech úniku z nich. Destilovaná voda a fyziologický roztok zabíjí střevlíky pomaleji než ostatní použité fixační tekutiny v této studii, což zvyšuje jejich šanci dostat se z pastí ven. Podobného efektu u střevlíkovitých brouků s použitím etylenglykolu jako konzervačního prostředku pozoroval ve svém experimentu již dříve Holopainen (1992). Také Koivula a kol. (2003) v rámci výzkumu v lesním porostu v Jižní Africe prokázali, že roztok etylenglykolu shromažďoval podstatně více jedinců i druhů střevlíkovitých brouků ve srovnání s komerční nemrznoucí směsí (s ethylenem jako hlavní složkou), komerčním parafínem a slanou vodou. Etylenglykol měl vyšší účinnost odběru na střevlíky a pavouky i ve studii Schmidta a kol. (2006), zatímco úlovky chvostoskoků podhodnocoval. Oproti tomu Lemieux a Lindgren (1999) nezaznamenali u střevlíkovitých při výzkumu v Kanadě žádné statisticky významné rozdíly v účinnosti zemních pastí při použití etylenglykolu nebo solanky. Vzorky však byly lépe uchovány v etylenglykolu.

## **Voda**

Konzervační kapalina v podobě vody se v zemních pastech objevuje spíše alternativně (Waage 1985). Čistá voda není toxická a její použití je šetrné k životnímu prostředí. Často se používá jako tekutina v chráněných oblastech nebo při vzorkování na stanovištích s výskytem chráněných druhů. Pro výzkumníky je finančně nejdostupnější sběrnou kapalinou a zachycené bezobratlé usmrcuje, ale není dobrým konzervantem. V práci Schmidta a kol. (2006) ztráceli pavouci své části těla ve vodě zhruba třikrát více, než v solném roztoku a etylenglykolu. Voda je vhodnou kapalinou v zemních pastech pouze v případě, že se pastí kontrolují alespoň jednou za týden. Za vyšších teplotních podmínek vzorkovaného stanoviště se doporučuje vyprazdňovat pastí i častěji. Případný zápach při rozkladu lapeného materiálu by mohl přilákat nebo odpudit jiné členovce a ovlivnit tak celkový výsledek výzkumu.

Gerlach a kol. (2009) ve svých laboratorních studiích neprokázali žádný přitahující ani repelentní účinek vody na odchycené členovce. Naproti tomu terénní výzkum Novotné (2023), realizovaný v lužním lese v CHKO Litovelské Pomoraví, ukázal, že do pastí s vodou bylo zachyceno větší množství mnohonožek i suchozemských

stejnonožců. Podle autorky je vyšší zájem o vodu způsoben vlivy přirozeného prostředí. Právě suchozemští stejnonožci i mnohonožky preferují stanoviště s vyšší vlhkostí.

Kombinace čisté vody a kuchyňské soli se zdá být vhodným konzervantem (Schmidt a kol. 2006). Aristophanous (2010) společně s Lemieuxem a Lindgrenem (1999) však zastávají opačný názor. Solný roztok může vykazovat také nižší účinnost odchyty. Díky vyšší hustotě roztoku umožňuje odchyceným jedincům na hladině plavat a tím usnadňuje jejich únik z pasti. Podle Gardarina a Valantin-Morisona (2021) pasti naplněné slanou vodou nebo octem (8% kyselinou octovou) působí na společenstva pavouků i střevlíků podobným účinkem. Navíc experiment Stašiova a kol. (2021) prokazatelně ukázal, že pasti naplněné solným roztokem přitahovaly druhy sekáčů s větší tělesnou velikostí.

### **Formaldehyd**

Zemní pasti se v některých případech označují jako pasti formalínové pro nejběžněji používanou konzervační tekutinu (Tuf 2013). Roztok formaldehydu je výbornou smrtící kapalinou i konzervantem. Uvádí se, že formalín nevyvolává zápach způsobený hnilobou odchycených jedinců ani po pěti týdnech expozice pasti (Heydemann 1958, citováno podle Skuhravý 1970). Kvůli vysoké toxicitě se však od jeho použití postupně ustupuje (van der Berghe 1992). Navzdory jeho relativně snadné dostupnosti, je formaldehyd ze zdravotního hlediska nebezpečný. Způsobuje podráždění očí, dýchacích cest a řadí se mezi karcinogeny. Navíc toxicitou, kterou formaldehyd produkuje, se může potenciálně kontaminovat vzorkované stanoviště. Pro entomology je důležité zmínit, že formaldehyd je zodpovědný za koagulaci kolagenu, což se může projevit jako komplikace při pozdější preparaci uloveného materiálu.

Podle dostupné literatury byl formaldehyd jako sběrná a smrtící tekutina zmíněn již v padesátých letech minulého století v dosud nevydané disertační práci Heydemanna. Ten ke sledování hmyzu v kulturních plodinách instaloval do zemních pastí místo etylenglykolu 3-4% roztok formalínu a sesbíraný materiál kontroloval v měsíčních intervalech (Skuhravý 1957). Luff (1968), Skuhravý (1970) a později i Adis (1979) předložili návrh, že formaldehyd může působit jako významný atraktant. Šafář a kol. (2010) v rámci výzkumu v CHKO Žďárské vrchy porovnávali působení tří konzervačních kapalin (4% roztok formaldehydu, 5% roztok etylenglykolu a nasycený roztok chloridu sodného) na střevlíkovité brouky. Autoři zjistili, že použití formaldehydu ovlivnilo druhové složení i početnost odchycených jedinců. Některé druhy se ve formaldehydových

pastech vyskytovaly častěji než v pastech s jinými fixačními médii. Zároveň tito autoři, stejně jako jejich předchůdci, naznačují, že formaldehyd nepůsobí pouze jako konzervační látka, ale může zkreslovat samotný odchyt určitých druhů a tím i interpretaci výsledků.

Formaldehyd výrazně ovlivňuje efektivitu sběru z hlediska druhové bohatosti a početnosti jedinců i u sekáčů a mnohonožek. Důsledkem je pravděpodobně kombinace přitahujícího účinku a rychlého usmrcení jedinců (Stašiov a kol. 2010). Ve studii Novotné (2023) vystupoval formaldehyd jako atraktant pouze pro sekáče, zatímco mnohonožky spíše odpuzoval. Repelentní vliv formaldehydu na mnohonožky zaznamenali ve svém laboratorním výzkumu i Gerlach a kol. (2009), kteří porovnávali působení fixačních tekutin na epigeické členovce. Formaldehyd odpuzuje také suchozemské stejnonožce (Tuf a kol. 2025). Holopainen a Varis (1986) neprokázali významný rozdíl ve velikosti úlovků střevlíkovitých brouků mezi formaldehydem a vodou. Waage (1985) navíc ve své práci nepotvrdil, že by formaldehyd působil na střevlíky jako atraktant.

Kromě přítomnosti formaldehydu v pasti, může míru zachycení ovlivnit i jeho koncentrace. Pekár (2002) ve své studii testoval pět různých koncentrací roztoku formaldehydu (1%, 2%, 4%, 10% a 20%) pro účinnost odchytu pavouků, sekáčů, střevlíků a drabčů. Na základě výsledků usoudil, že počet střevlíkovitých a drabčovitých brouků se zvyšoval s narůstajícími koncentracemi konzervačního roztoku. Naopak počet ulovených sekáčů se zvyšující koncentrací formaldehydu klesal a počet pavouků byl bez výrazného rozdílu pro všechny použité koncentrace. Pokles počtu sekáčů se zvyšující se koncentrací je pravděpodobně způsoben repelentními účinky formaldehydu. Výsledkům této práce neodpovídají data Novotné (2023), která zaznamenala, že 4% roztok formaldehydu instalovaný v zemních pastech působí na sekáče i pavouky jako atraktant.

## 2. CÍLE PRÁCE

Tato diplomová práce se zabývá vlivem formaldehydu používaného jako fixační tekutina na odchyt brouků čeledi Carabidae pomocí zemních pastí. Navazuje přitom na mou bakalářskou práci (Novotná 2023) a dále rozšiřuje její poznatky. Hlavními cíli práce je zjistit, zda má formaldehyd jako fixační tekutina vliv na velikost úlovku střevlíkovitých brouků a zda má formaldehyd jako fixační tekutina vliv na druhovou bohatost a druhovou diverzitu ulovených střevlíkovitých. Didaktickým cílem této práce je navrhnout několik jednoduchých experimentů s živými střevlíky pro výuku přírodopisu a jejich zhodnocení pedagogy.

### 3. MATERIÁL A METODY

#### 3.1 Charakteristika zkoumaného území

Výzkum probíhal v období od dubna do začátku června v roce 2022. Jako výzkumná lokalita byl vybrán fragment nížinného lužního lesa nacházející se v jižní části CHKO Litovelské Pomoraví (Obr. 1). Jako velkoplošně zvláště chráněné území byla oblast vyhlášena v roce 1990. Hlavní cíl ochrany spočíval v zachování přirozeně meandrujícího toku řeky Moravy a komplexu lužních lesů (Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky 2026)



**Obrázek 1:** Přibližné vymezení studované lokality (červená linie), zdroj mapového podkladu: ČÚZK

Dle zonace CHKO LP spadá vzorkované území do II. zóny ochrany (Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky 2026) a nachází se v katastrálním území obce Horka nad Moravou (49°39'11.1"N, 17°12'42.3"E). Obec se rozkládá v Olomouckém kraji přibližně 7 km severozápadně od města Olomouc, v nadmořské výšce 218 m n. m.

Stromová stavba této lokality odpovídala charakteru lužního lesa a byla tvořena především habrem obecným (*Carpinus betulus*), lípou velkolistou (*Tilia platyphyllos*) a dubem letním (*Quercus robur*). Mezi méně zastoupené druhy stromového patra patřil javor babyka (*Acer campestre*) a javor klen (*Acer pseudoplatanus*). Řídkému keřovému patru dominoval bez černý (*Sambucus nigra*) a zástupci rodu ostružiník (*Rubus* sp.). Naopak bohatě vyvinutý byl na této lokalitě jarní aspekt bylinného patra. V něm se hojně vyskytovala zejména dymnivka dutá (*Corydalis cava*), orsej jarní (*Ficaria verna*), sasanka hajní (*Anemone nemorosa*), sasanka pryskyřníkovitá (*Anemone ranunculoides*) a

sněženka podsněžník (*Galanthus nivalis*). Později kvetl česnek medvědí (*Allium ursinum*), plicník lékařský (*Pulmonaria officinalis*) a svízel přítula (*Galium aparine*).

Pro lužní lesy jsou charakteristické nivní půdy, tzv. fluvizemě, které se vyskytovaly i na studované lokalitě. Tento půdní typ se vyvíjí v říčních nivách ze sedimentů povodňového původu a je charakteristický zvýšeným obsahem organické hmoty v horních vrstvách půdy (Šafař a kol. 2003).

Vzorkované území dle Quittovy klasifikace spadá do teplé klimatické oblasti (T2) s průměrnou roční teplotou vzduchu přibližně 8 – 9 °C a průměrnými ročními srážkami v rozmezí přibližně 500-600 mm (Quitt 1971). Během studovaného období se minimální denní teploty pohybovaly v rozmezí přibližně od -3,1 °C do 16,4 °C, zatímco maximální denní teploty dosahovaly hodnot mezi 3,2 °C a 28,1 °C. Zaznamenané srážkové úhrny byly v období odchyty přibližně o 32 % vyšší než dlouhodobý průměr (Novotná 2023).

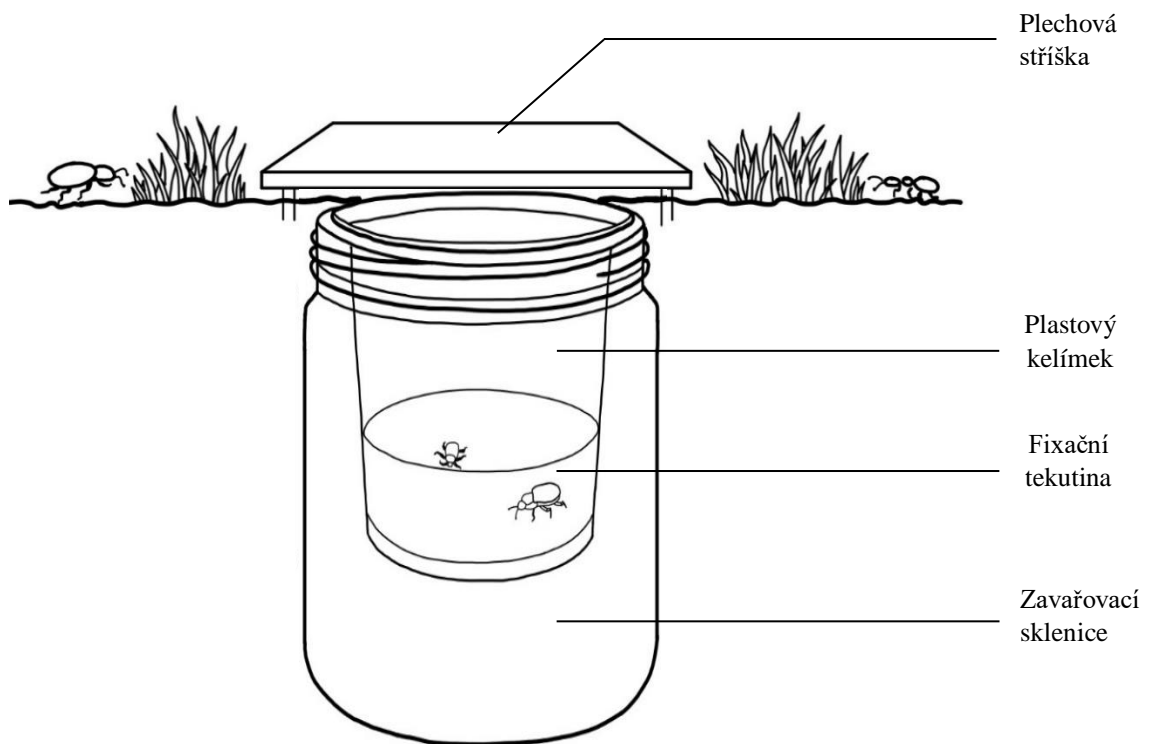
### 3.2 Metodika sběru a zpracování materiálu

Pro odchyt epigeicky žijících bezobratlých sloužila metoda zemních padacích pastí (Skuhřavý 1957). Každá past se skládala ze zavařovací sklenice typu Omnia o objemu 0,7 l. Sklenice byla pomocí vrtáku zapuštěna do půdy tak, aby její hrdlo lícovalo s povrchem okolního terénu. Pro usnadnění výběru bezobratlých z pastí se do sklenice vložil plastový nápojový kelímek o objemu 0,3 l. Hrdlo kelímku mělo stejný průměr jako hrdlo zavařovací sklenice (Obr. 2).

Třetina z celkového počtu instalovaných pastí obsahovala jako konzervační tekutinu 4% roztok formaldehydu. Stejně množství pastí bylo naplněno čistou vodou a zbývající část pastí byla ponechána suchá. Pasti obsahující konzervační tekutinu a vodu se instalovaly bez použití detergentu. V suchých pastech bez fixační tekutiny se na dno kelímku umístila vrstva hoblin (2 – 3 cm), které se běžně využívají jako stelivo pro drobné hlodavce. Tato vrstva sloužila jako úkryt drobnějším zástupcům epigeonu. Omezovala tak vzájemnou konzumaci odchycených neusmrcených jedinců.

Každá past byla zakryta plechovou stříškou o rozměrech 20x20 cm, která sahala asi 3 cm od povrchu půdy. Tento kryt sloužil jako ochrana před listovým opadem a dešťovými srážkami. Déšť by mohl konzervační tekutinu zředit nebo vyplavit jedince zachycené v pastech. Kryt také částečně odrazoval od predace hmyzožravými obratlovci (ptáky, hlodavci). Protože je výzkumné území často navštěvované obyvateli obce, byla každá stříška opatřena informační cedulkou. Jejím úkolem bylo upozornit návštěvníky na

probíhající výzkum. Předcházelo se tak případnému poničení pastí a přerušení odchyту bezobratlých.



**Obrázek 2:** Schéma zemní pasti

Na lokalitě v CHKO Litovelské Pomoraví se instalovalo celkem 90 zemních padacích pastí, uspořádaných do devíti linií po deseti pastech. Rozestupy mezi jednotlivými pastmi činily 12 m. Takto rozmístěné pasti vytvořily pravidelnou a hustou síť. Studovaná plocha zaujímala celkovou výměru 12.960 m<sup>2</sup>. V tomto uspořádání zůstaly pasti až do dokončení experimentu.

Instalace pastí proběhla na přelomu měsíce března a dubna roku 2022. Sběr dat následně probíhal po dobu devíti týdnů od 02.04.2022 do 03.06.2022. Při poslední kontrole zároveň došlo k odinstalování pastí a zarovnání jam po vyjmutých sklenicích. Během sledovaného období bylo provedeno celkem 18 kontrol. Odchycený materiál se vybíral pravidelně dvakrát týdně ve třídních a čtyřdenních intervalech.

Při každém odběru se z pasti vytáhnul nápojový kelímek. Jeho obsah se za pomoci jemného kuchyňského sítko přecedil a následně uložil do označeného ZIP sáčku. V případě pastí bez fixační tekutiny se celý obsah kelímku přesypal do ZIP sáčku a na dno kelímku se instalovala nová vrstva hoblin. Použitá fixační tekutina se po přecedění

materiálu vrátila zpět do kelímku. V důsledku odparu se tekutina dle potřeby doplňovala, v případě znečištění se vyměnila za novou.

Každá návštěva zahrnovala i kontrolu stavu pasti. Dle potřeby došlo k úpravě terénu v bezprostřední blízkosti ústí pasti. Nedostatky v podobě mezer mezi hrdlem pasti a půdou by mohly jedince před pádem do pasti odradit. Občas bylo nutné z pasti odstranit vedlejší úlovky, nejčastěji v podobě hlodavců (hrabošů a rejsků). Ti by mohli bezobratlé od pádu do pasti odradit, či naopak by posloužili jako návnada pro mrchožravé brouky nebo jiné obratlovce.

Odchycení epigeičtí bezobratlí se následně přepravili do laboratoře, kde zůstali umístěni v mrazáku až do dalšího zpracování. V rámci bakalářské práce (Novotná 2023) byly získané úlovky postupně tříděny a kvantifikovány v šesti modelových skupinách: stonožky (Myriapoda: Chilopoda), mnohonožky (Myriapoda: Diplopoda), suchozemští stejnonožci (Crustacea: Malacostraca: Isopoda: Oniscidea), střevlíci a ostatní brouci (Hexapoda: Ectognatha: Coleoptera), pavouci (Chelicerata: Arachnida: Araneae) a sekáči (Chelicerata: Arachnida: Opiliones). Vytříděný materiál se průběžně ukládal do mikroskopavek typu Eppendorf se 70% denaturovaným etanolem, který sloužil jako konzervační médium. Jednotlivé vzorky byly označeny podle data odběru, pozice pasti a typu náplně pasti.

V této diplomové práci byl získaný materiál střevlíkovitých brouků (Carabidae) determinován na úroveň druhu s využitím klíče Karla Húrky (Hůrka 1996). Veškerý determinovaný materiál je uložený v Pedobiologické laboratoři Katedry ekologie a životního prostředí Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci.

Téma předložené studie se ukázalo jako vhodné i pro didaktické využití v pedagogické praxi. V rámci didaktické části této diplomové práce byl vytvořen soubor experimentů s živými střevlíky, který je určený primárně pro využití ve výuce na základních školách (viz Příloha B). Součástí každého experimentu je záznamový arch, který slouží k zaznamenávání výsledků pozorování a jejich zpracování. Zhodnocení navržených experimentů proběhlo prostřednictvím krátkého dotazníkového šetření mezi pedagogy přírodopisu/biologie na základních školách a nižších stupních gymnázií.

### **3.3 Analýza dat**

Prostá statistická analýza dat proběhla v programu Microsoft Excel 2016. Následně získaná data prošla analýzou s využitím kombinace neparametrických statistických

metod, konkrétně Kruskal-Wallisova testu a následného Dunnova post-hoc testu, které slouží k porovnání rozdílů mezi více skupinami.

Nejprve byla data agregována tak, že úlovky z 18 dílčích odběrů byly pro každou past (identifikovanou pomocí kódu pasti) sečteny do jednoho celkového čísla za celou sezónu. Tento postup byl zvolen z důvodu eliminace pseudoreplikace, protože opakované odběry ze stejné pasti nepředstavují nezávislá pozorování. Agregací tak vzniklo 90 nezávislých vzorků, konkrétně 30 pro každou fixáž, což splňuje základní předpoklady pro korektní statistické testování.

Pro hodnocení diverzity byl použit Shannon-Wienerův index ( $H'$ ), který zohledňuje nejen druhovou bohatost, tedy počet druhů, ale také jejich relativní zastoupení ve společenstvu. Tento index patří mezi nejčastěji využívané ukazatele biodiverzity v entomologických studiích.

Analýza byla provedena paralelně pro tři různé metriky charakterizující společenstvo. Jednalo se o celkovou abundanci ( $N$ ), vyjadřující počet ulovených jedinců střevlíků, dále o druhovou bohatost ( $S$ ), tedy počet determinovaných druhů v jednotlivých pastech, a konečně o druhovou diverzitu ( $H'$ ), která popisuje strukturu společenstva pomocí Shannonova indexu.

Pro statistické vyhodnocení byl použit Kruskal-Wallisův test jako neparametrická alternativa analýzy rozptylu (ANOVA), který testuje existenci statisticky významných rozdílů v mediánech sledovaných metrik mezi třemi typy fixáží (hoblina, voda, formaldehyd). Tento test byl zvolen s ohledem na charakter ekologických dat, u nichž nelze předpokládat normální rozdělení. V případě průkazu statisticky významných rozdílů byl následně aplikován Dunnův post-hoc test, který umožňuje párové porovnání jednotlivých fixáží a identifikaci konkrétních skupin, mezi nimiž rozdíly nastávají. Pro kontrolu chyby způsobené vícenásobným testováním byla použita korekce  $p$ -hodnot metodou Benjamini-Hochberg, která snižuje riziko falešně pozitivních výsledků.

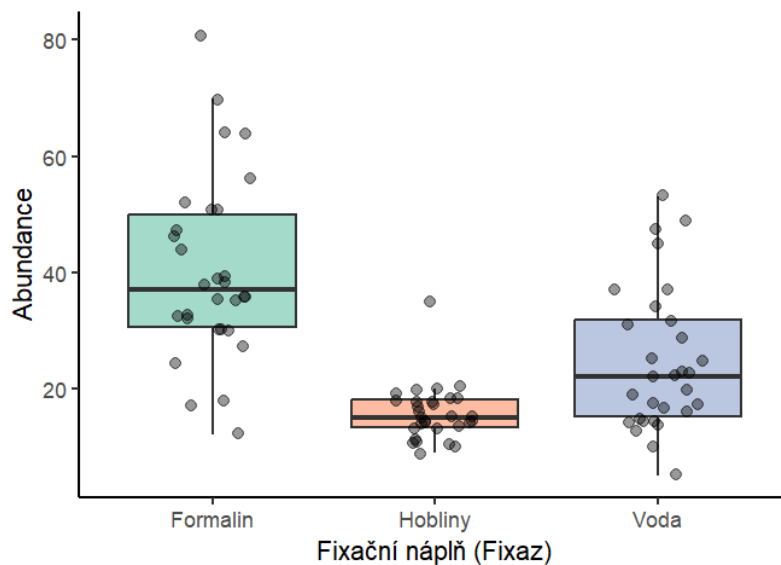
Výsledky byly vizualizovány pomocí krabicových grafů (boxplotů), které zobrazují medián, kvartily a variabilitu dat. Tyto grafy byly doplněny o jitter plot, tedy zobrazení jednotlivých datových bodů reprezentujících každou z 90 pastí, což umožňuje lepší přehled o distribuci surových dat v rámci jednotlivých skupin. Vizualizace výsledků znázorňujících druhové zastoupení střevlíkovitých podle typu náplně pasti byla provedena sloupovými grafy vytvořenými v programu Microsoft Excel 2016.

## 4. VÝSLEDKY

V průběhu terénního výzkumu bylo na studované lokalitě v CHKO Litovelské Pomoraví shromážděno celkem 2415 jedinců střevlíkovitých brouků náležících ke 17 druhům (Tab. 1). Nicméně do pastí se během studie zachytávali i další jedinci ze skupin Coleoptera, Diplopoda, Chilopoda, Araneae, Opiliones a Oniscidea, kteří nebyli do této práce zahrnuti. Kromě toho byly v sedmi pastech odchyceny dva druhy hlodavců.

### 4.1 Vliv fixační tekutiny na abundanci střevlíků

Vliv fixačního média na abundanci střevlíků byl signifikantní (Kruskal–Wallis,  $\chi^2(2) = 39,879$ ,  $p < 0,001$ ). Následný Dunnův post-hoc test prokázal statisticky významné rozdíly mezi všemi dvojicemi náplní pastí ( $p < 0,01$ ). Nejvyšší abundace byla zaznamenána v pastech s formaldehydem, nejnižší u pastí s hoblinami (Obr. 3).

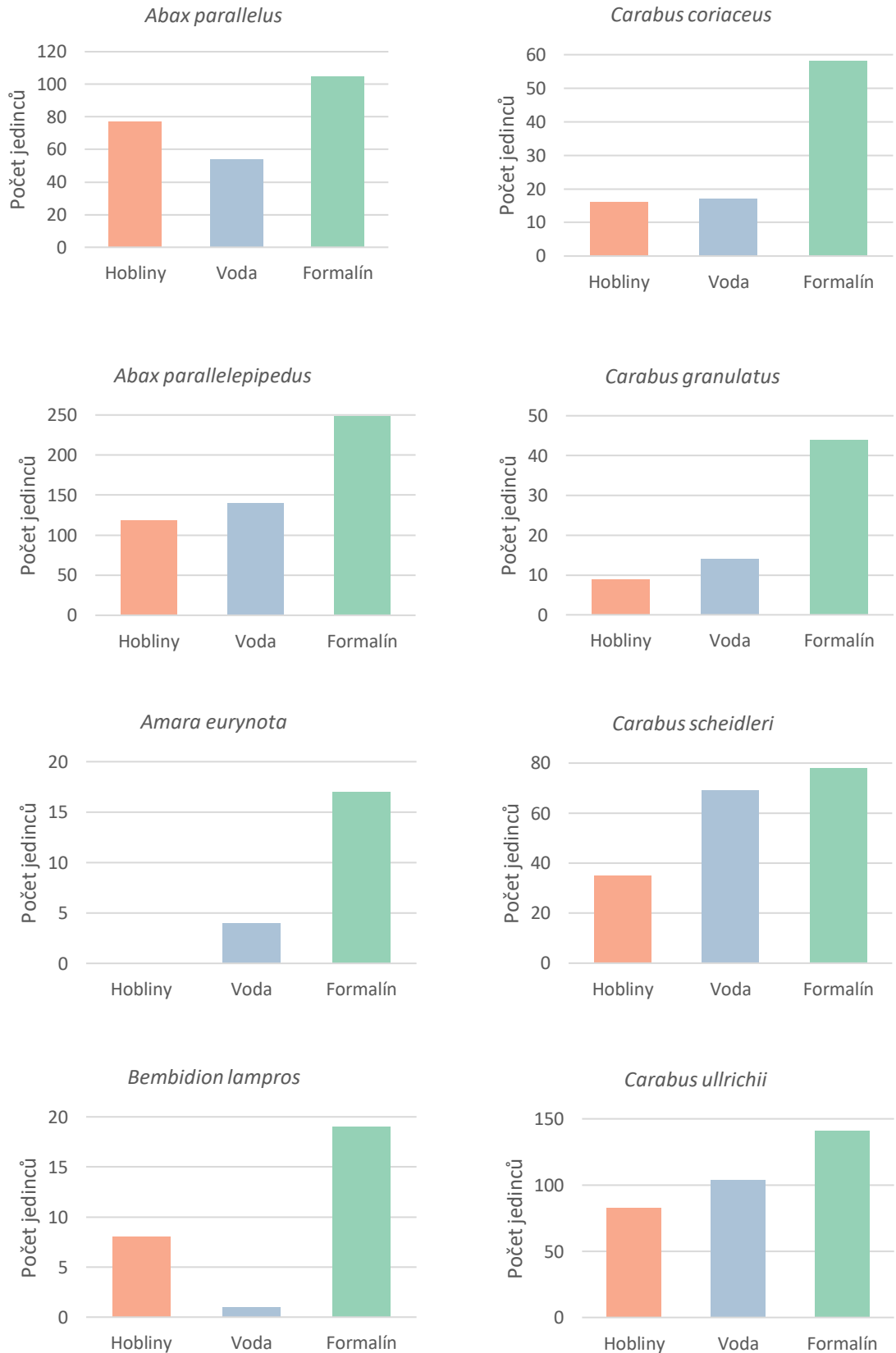


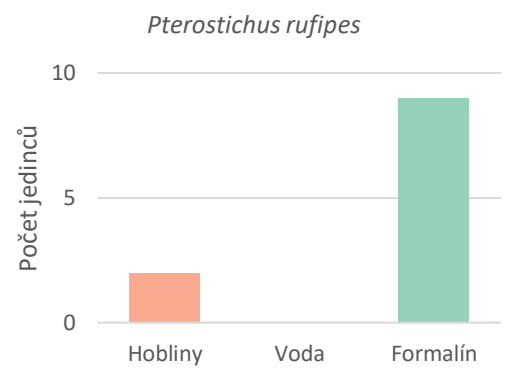
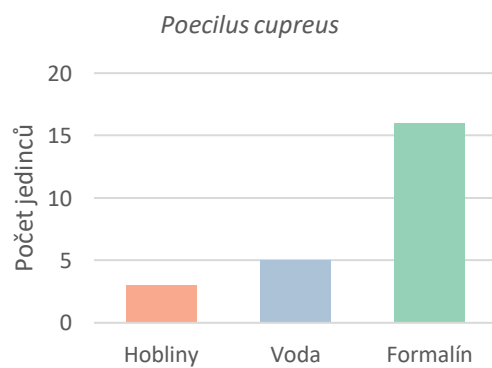
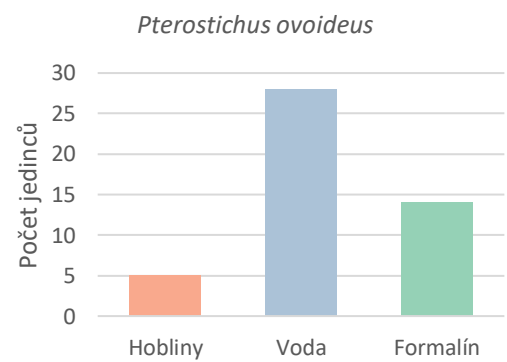
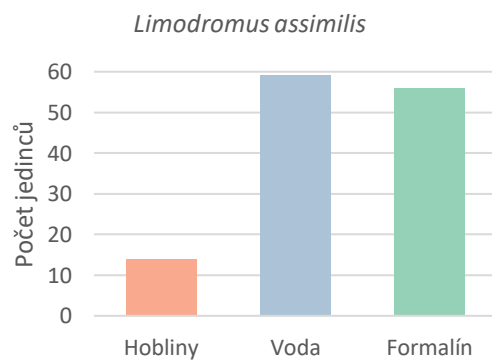
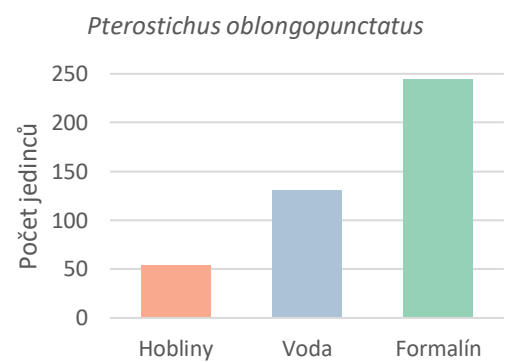
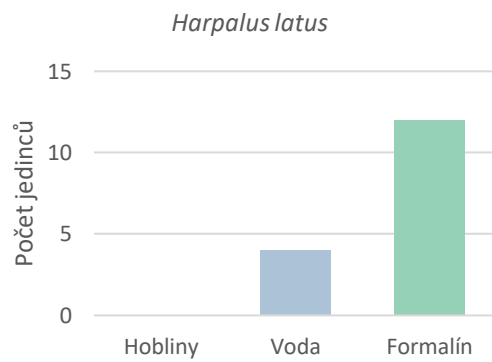
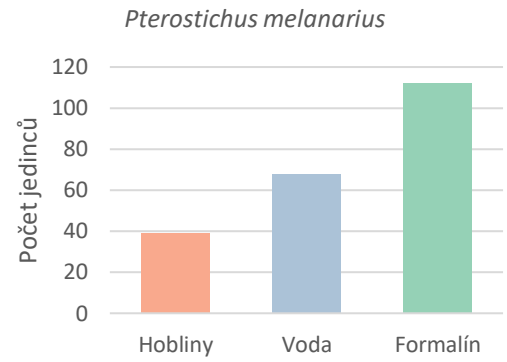
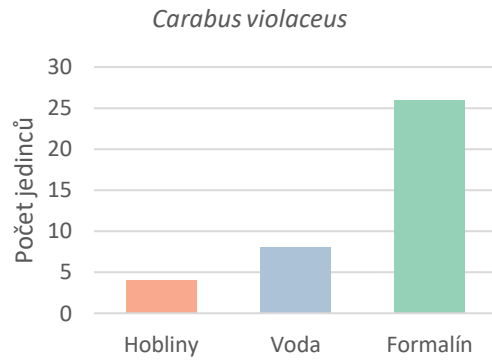
**Obrázek 3:** Vliv fixační tekutiny na abundanci střevlíkovitých brouků

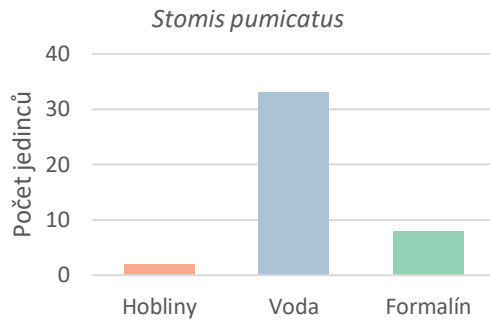
Z celkového počtu střevlíků se 1207 (50 %) jedinců odchytilo do formalinových pastí, 739 jedinců (31 %) do pastí naplněných vodou a 469 jedinců (19 %) do pastí s hoblinami (Obr. 4). Mezi úlovky byly nejpočetněji zastoupeny druhy *Abax parallelepipedus* (506 jedinců), *Pterostichus oblongopunctatus* (429 jedinců) a *Carabus ullrichii* (328 jedinců). Tyto odchycené druhy zastupovaly zhruba 52 % všech shromážděných střevlíkovitých brouků v zemních pastech.

U většiny zaznamenaných druhů střevlíkovitých brouků se více jedinců odchytilo do pastí s formaldehydem, než do pastí s hoblinami či pastí naplněných vodou. Oproti tomu bylo více jedinců druhů *Pterostichus ovoideus* a *Stomis pumicatus* zaznamenáno v

zemních pastech obsahujících vodu. Odchyt jedinců druhů *Carabus scheidleri* a *Limodromus assimilis* byl v pastech s formaldehydem a v pastech naplněných vodou srovnatelný (Obr. 4).







**Obrázek 4:** Počty odchycených jedinců jednotlivých druhů Carabidae v závislosti na typu náplně pasti

Na základě testu byl u převážné většiny druhů čeledi Carabidae prokázán statisticky významný vliv typu pasti na počet odchycených jedinců ( $p < 0,05$ ). Statisticky nevýznamný výsledek byl zaznamenán pouze u druhu *Carabus ullrichii* ( $p = 0,0756$ ). U tohoto druhu nebyla preference typu pasti prokázána (Tab. 1).

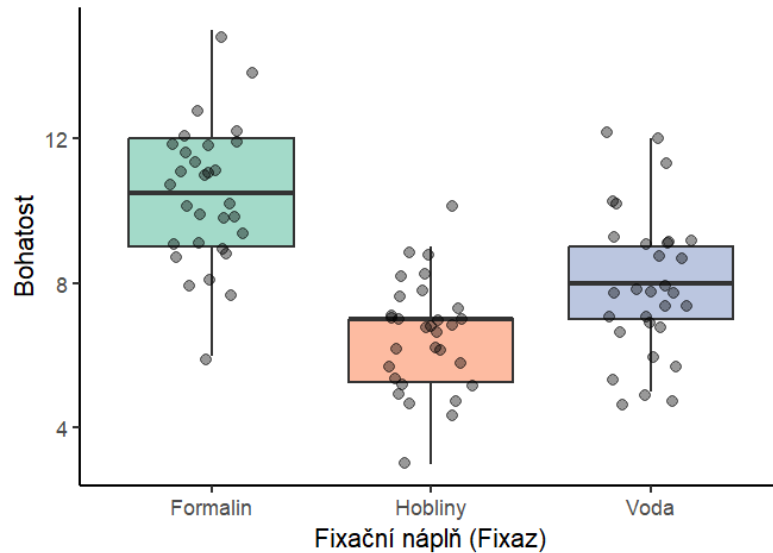
**Tabulka 1:** Statistické vyhodnocení vlivu fixační tekutiny na počet jedinců vybraných druhů Carabidae

Druh	počet jedinců	Chí kvadrát	df	p
<i>Abax parallelepipedus</i>	506	18,26	2	<b>0,0001</b>
<i>Abax parallelus</i>	236	11,37	2	<b>0,0034</b>
<i>Amara eurynota</i>	21	17,37	2	<b>0,0002</b>
<i>Bembidion lampros</i>	28	13,72	2	<b>0,0011</b>
<i>Carabus coriaceus</i>	91	17,89	2	<b>0,0001</b>
<i>Carabus granulatus</i>	67	12,39	2	<b>0,002</b>
<i>Carabus scheidleri</i>	182	13,64	2	<b>0,0011</b>
<i>Carabus ullrichii</i>	328	5,16	2	0,0756
<i>Carabus violaceus</i>	38	15,93	2	<b>0,0003</b>
<i>Harpalus latus</i>	16	10,06	2	<b>0,0065</b>
<i>Limodromus assimilis</i>	129	17,61	2	<b>0,0001</b>
<i>Poecilus cupreus</i>	24	9,25	2	<b>0,0098</b>
<i>Pterostichus melanarius</i>	219	14,46	2	<b>0,0007</b>
<i>Pterostichus oblongopunctatus</i>	429	29,94	2	<b>0</b>
<i>Pterostichus ovoideus</i>	47	8,09	2	<b>0,0175</b>
<i>Pterostichus rufipes</i>	11	7,73	2	<b>0,021</b>
<i>Stomis pumicatus</i>	43	21,1	2	<b>0</b>

#### 4.2 Vliv fixační tekutiny na druhovou bohatost střevlíků

Kruskal–Wallisův test prokázal statisticky významné rozdíly v druhové bohatosti střevlíkovitých brouků mezi použitými konzervačními tekutinami ( $\chi^2(2) = 39,88$ ;  $p < 0,001$ ). Následný Dunnův post-hoc test s Benjamini–Hochbergovou korekcí ukázal, že všechny párové rozdíly mezi jednotlivými náplněmi pastí byly statisticky významné ( $p <$

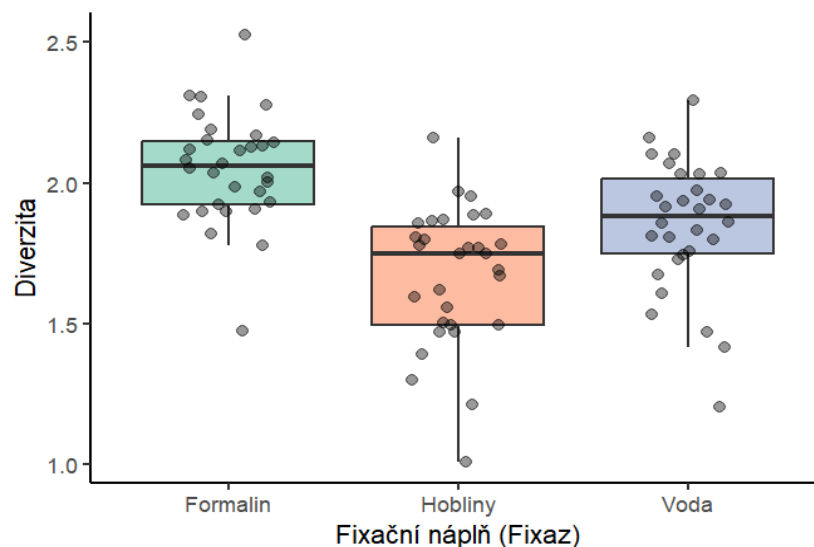
0,01). Nejvyšší druhová bohatost střevlíkovitých brouků byla zaznamenána v pastech s formalínem, následovaly pasti obsahující vodu, zatímco nejnižší abundance byla u pastí s hoblinami (Obr. 5).



**Obrázek 5:** Vliv fixační tekutiny na druhovou bohatost střevlíkovitých brouků

### 4.3 Vliv fixační tekutiny na druhovou diverzitu střevlíků

Analýza na základě Kruskal-Wallisova testu prokázala, že vliv fixačního média na druhovou diverzitu byl signifikantní ( $\chi^2(2) = 33,613$ ,  $p < 0,001$ ). Následný Dunnův post-hoc test s Benjamini–Hochbergovou korekcí prokázal statisticky významné rozdíly mezi všemi dvojicemi použitých náplní pastí ( $p < 0,01$ ), přičemž nejvyšší druhová diverzita byla zaznamenána v pastech formalínových a nejnižší u pastí s hoblinami (Obr. 6).



**Obrázek 6:** Vliv fixační tekutiny na druhovou diverzitu střevlíkovitých brouků

## 5. DISKUSE

Zemní pasti jsou nejčastěji používanou technikou pro sběr epigeických členovců. U entomologů si oblíbenost získaly především pro snadnou instalaci, finanční dostupnost a nepřetržitě fungování i bez přítomnosti výzkumníka. Během téměř stoletého využívání této metody vzorkování v ekologických studiích došlo k nespočetnému množství jejich modifikací, což bývá často podnětem k jejich kritice. Různé typy pastí přispívají k nejednotnosti získaných dat a způsobují obtížné srovnání výsledků mezi výzkumníky po celém světě (Greenslade 1964; Topping a Sunderland 1992). Výsledky odebraných jedinců mohou být ovlivněny konstrukcí pasti (Luff 1975; Ahmed a Petrovskii 2019; Koivula a kol. 2003; Buchholz a kol. 2010; Morrill a kol. 1990), jejich počtem a rozmístěním (Enge 2001; Engel a kol. 2017; Ward a kol. 2001) i klimatickými podmínkami vzorkovaného stanoviště (Adis 1979). Tato studie se zabývala vlivem použité fixační tekutiny na úlovek střevlíkovitých brouků z lužního lesa v CHKO Litovelské Pomoraví.

Čeď Carabidae patří mezi nejpočetnější a zároveň ekologicky významné skupiny brouků (Coleoptera) nejen u nás, ale i ve světě. Na území České a Slovenské republiky je v současnosti evidováno přes 500 druhů (Hůrka 1996). Jejich význam v terestrických ekosystémech je značný. Většina střevlíků se řadí mezi predátory, zejména členovců a měkkýšů, čímž přispívají ke koloběhu látek a energie. Tato skupina brouků se také považuje za významné bioindikátory kvality prostředí (Koivula 2011; Rainio a Niemelä 2003; Work a kol. 2008) a často se uplatňuje jako modelová skupina pro nejrůznější ekologické studie (Hůrka 1996). S ohledem na význam střevlíkovitých brouků v ekologii je znalost přitahujících či naopak repelentních účinků použitého konzervačního média stěžejní. Různé tekutiny mohou lákat nebo odpuzovat konkrétní druhy, což může ovlivnit míru odchyty a celkové výsledky faunistických studií.

Tato předložená práce se zaměřila na vliv použité konzervační kapaliny ve formě roztoku formaldehydu a s ním související atraktivitu zemních pastí pro odchyt střevlíkovitých brouků. Na základě výsledků předchozích studií se předpokládalo, že použitý roztok formaldehydu bude pro střevlíky významným atraktantem a bude nadhodnocovat jejich odchyt i počet jednotlivých druhů (Adis 1979; Luff 1968; Pekár 2002; Skuhřavý 1970; Šafář a kol. 2010). Významnou roli však hrála také míra náhodného úlovku pomocí suchých pastí bez fixační kapaliny.

Získaná data ukázala, že použitá konzervační tekutina prokazatelně ovlivňuje velikost úlovku střevlíkovitých brouků a také odchyt zástupců jednotlivých druhů této skupiny. Nejvyšší abundance i druhová rozmanitost střevlíků byla zaznamenána v pastech obsahujících 4% roztoku formaldehydu ve srovnání s pastmi naplněnými vodou a pastmi suchými. Napříč studiemi se však výsledná data neshodují. Zatímco Holopainen a Varis (1986) neprokázali rozdíly ve velikosti úlovků střevlíků v pastech se stejnými testovanými tekutinami, Waage (1985) formaldehyd nepovažoval za atraktivní.

### **5.1 Vliv použité fixační tekutiny na velikost úlovku střevlíků**

Rozdíly v úlovcích mezi testovanými typy pastí v této práci mohou být způsobeny několika faktory či jejich kombinací.

Důvodem rozdílné účinnosti odchyty použitých fixačních tekutin může být jejich odlišný vliv na únik epigeických členovců z pastí v důsledku různého smrtícího účinku. Roztok formaldehydu je vysoce toxický, přičemž poměrně rychle usmrcuje bezobratlé zachycené do pastí. Naopak v pastech s čistou vodou dochází k usmrcení jedinců výhradně jejich potopením na dno nádoby. Čím dále zůstávají zachycení členovci v pasti při životě, tím se zvyšuje pravděpodobnost jejich úniku (Halsall a Wratten 1988). V předložené studii navíc obě testované konzervační tekutiny nebyly doplněny o detergent, který by oslabil povrchové napětí hladiny použité kapaliny. Během pravidelných kontrol pastí bylo na hladině média pozorováno „plavání“ zástupců čeledi střevlíkovitých. Při vyšší akumulaci ulovených jedinců mohli sami střevlíci fungovat jako „odrazový můstek“, který usnadňoval opuštění pastí i ostatním zachyceným bezobratlým.

Důležité je zmínit, že prokazatelně všechny druhy střevlíkovitých brouků jsou schopni unikat i z formalínem naplněných pastí. Navíc se může lišit schopnost úniku i mezi jedinci rozdílného pohlaví (Petruška 1969). V takovém případě je žádoucí doplnit použité tekutiny o několik kapek již zmíněného detergentu, nejlépe bez zápachu. Pekár (2002) však účinnost detergentu ve formaldehydových pastech na střevlíky s větší tělesnou velikostí nepotvrdil.

Vliv na velikost úlovku střevlíkovitých může mít i materiál, z něhož je past zkonstruována. Sklo se vzhledem ke svému hladkému povrchu jeví jako účinnější bariéra proti úniku než past vyrobená z plastového materiálu (Waage 1985). V případě, že past obsahuje rychle usmrcující konzervační látku, k úniku z plastových pastí nedochází (Luff 1975). Na základě těchto výsledků mohl být nižší úlovek v suchých pastech v předložené

studii podpořen právě únikem jedinců. Pro budoucí experimenty stojí za zvážení opatřit suché pasti bez fixační kapaliny plastovými „trychtýři“, které zamezují vyklouznutí zachycených členovců (Luff 1996). Jejich zhotovení je jednoduché. Postačí uříznutá horní část PET lahve, která se následně posadí do pasti tak, aby její hrdlo směřovalo do sběrné nádoby pasti.

Zároveň nelze vyloučit, že nižší náhodný odchyt pomocí suchých pastí byl způsoben vzájemnou konzumací ulovených jedinců. Úkolem pastí bez fixační tekutiny je shromažďovat živé jedince, mezi nimiž však může docházet k predaci (Bouget 2001). I přes hoblinovou výstelku a pravidelné kontroly se na dně pastí hromadily zbytky těl drobnějších střevlíkovitých brouků. Ti se mohli stát potravou větších střevlíků nebo jiných predátorů z řádu Coleoptera.

Rozdíly v atraktivitě testovaných konzervačních kapalin mohou souviset rovněž s působením látek produkovaných jinými organismy, které se v pastech zachytily. Roztok formaldehydu účinně zabraňuje vzniku zápachu způsobeného hnilobou sesbíraných jedinců ani po pěti týdnech fungování pastí (Heydemann 1958, citováno podle Skuhravý 1970). Naopak čistá voda konzervačními vlastnostmi za formaldehydem výrazně zaostává. Navzdory kontrolám probíhajícím dvakrát týdně docházelo v pastech naplněných vodou během dnů s vyšší teplotou k rozkladu odchyceného materiálu. Ačkoliv je voda pro entomology nejdostupnějším a nejlevnějším konzervačním médiem, její použití by pravděpodobně nebylo vhodné pro vzorkování zahrnující dlouhé intervaly mezi jednotlivými kontrolami pastí. Důvodem je nedostatečná fixace způsobující měknutí vzorků, které mohou být pro další analýzu nekvalitní. Nicméně jedinci sesbíraní v tomto výzkumu se zdáli být v poměrně dobrém stavu.

Protože formalínové pasti zachytávají kromě epigeických členovců i savce, obojživelníky, plže nebo kroužkovce, mohou fungovat na podobném principu jako pasti návnadové. Zcela nepoškozená návnada v podobě vedlejšího úlovku se rozkládá rychleji, čímž působí na odchytávané jedince silnějším účinkem (Knapp a kol. 2016). Zápach způsobený hnilobou zachycených členovců i vedlejšího úlovku však mohl na střevlíky působit jako atraktant či repelent také v této práci. Rozklad materiálu uvnitř pastí dokládá přítomnost nashromážděných zástupců čeledi Silphidae, kteří se živí převážně zdechlinami. Greenslade (1964) se však domnívá, že pasti obsahující konzervační tekutinu, navíc doplněné o návnadu v podobě kousku masa nebo zdechliny, neměly na odchyt střevlíkovitých brouků žádný vliv.

Kromě toho se někteří jedinci zachycení v pasti mohou cítit ohroženi a na svou obranu uvolňují toxické látky. Takto chemicky ovlivněná past, obohacená o obranné látky nahromaděných členovců, mohla v této terénní studii některé střevlíky přitahovat nebo naopak působit repelentně (Luff 1986).

Gerlach a kol. (2009) ve svém experimentu porovnávali vliv fixačních tekutin v laboratorních podmínkách. Na základě svých pozorování uvádějí, že stanovení atraktivity použitých médií je pro venkovní studie téměř nemožné. Důvodem je působení několika faktorů prostředí. Například během teplých a zároveň suchých dnů mohou použité tekutiny působit na bezobratlé lákavými účinky. Tuto skutečnost potvrdila ve své terénní studii v lužním lese i Novotná (2023), která zaznamenala vyšší úlovky v pastech se zvyšující se denní teplotou během experimentu.

Vzhledem k tomu, že je formaldehyd těkavá látka, dochází při vyšších teplotách prostředí k jeho intenzivnějšímu odpařování. Výpary této kapaliny tak mohly během vzorkování přilákat větší počet úlovků. Naopak jedinci preferující vyšší vlhkost prostředí mohou během teplejších dnů vyhledávat pasti naplněné vodou a častěji se do nich zachytávat.

Navíc Honěk (1988) a Saska a kol. (2013) uvádějí, že teplota má neopomenutelný vliv na aktivitu členovců. Se zvyšující se teplotou roste jejich pohybová aktivita, což vede k častějšímu pádu do pastí. Během jarních měsíců, ve kterých probíhalo vzorkování v rámci této studie, navíc dochází k rozmnožování většiny odchycených druhů střevlíků. V tomto období je zaznamenána vyšší pohybová aktivita jedinců, související zejména s hledáním partnera. Společně s již zmíněnými faktory mohla reprodukce střevlíků přispět k vyšším úlovkům v zemních pastech.

## **5.2 Vliv použité fixační tekutiny na druhové složení střevlíků**

Roztok formaldehydu, jakožto vhodná konzervační tekutina pro velikost úlovku střevlíkovitých brouků, se však stejnými účinky neprojevil na úrovni druhů, jak se předpokládalo. Jestliže suché pasti bez fixační tekutiny odchyťovaly jedince náhodně, roztok formaldehydu druhovou rozmanitost střevlíků výrazně nezvyšoval. Mezi těmito testovanými typy pastí byl rozdíl pouze dvou druhů ve prospěch formaldehydu.

Obecně byly pasti se 4% roztokem formaldehydu atraktivní pro většinu zachycených druhů. Šafář a kol. (2010) ve své práci uvádějí, že několik autorů vnímá formaldehyd jako nepřirozenou umělou látku. Formaldehyd se však řadí do skupiny

aldehydů, které jsou běžně využívány při komunikaci mezi bezobratlými, zejména ve formě sexuálních feromonů (Thiele 1977, citováno podle Šafář a kol. 2010). Právě tato skutečnost může vysvětlovat vysokou atraktivitu nejen pro střevlíky, ale i ostatní epigeické bezobratlé odchyťované pomocí formalinových zemních pastí.

Ačkoliv Gerlach a kol. (2009) v laboratorním výzkumu nezaznamenali žádný přitahující či odpuzující vliv vody na testované druhy střevlíkovitých brouků, v této studii pasti s vodou odchytily více jedinců druhů *P. ovoideus* a *S. pumicatus*. Vysoká přitažlivost k vodě, a zároveň repelentní vliv formaldehydu může být způsoben vlivem přirozeného prostředí. Oba zmíněné druhy jsou vázány na polovlhká až vlhká stanoviště (Hůrka 1996) a past s vodou mohla v teplejších dnech působit jako lákadlo.

Pokud pasti se suchými hoblinami sloužily k náhodnému odchytu, voda jako repelent působila v této práci na druhy *A. parallelus*, *P. rufipes* a *B. lampros*. Nižší úlovek zachycený do pastí s vodou naznačuje, že tyto druhy mohly být vodou odpuzovány například zápachem způsobeným rozkladem jiných členovců uvnitř pasti nebo mají vyšší schopnost z pasti uniknout než jiní střevlíci. Naopak na zástupce druhu *C. coriaceus* působily pasti obsahující vodu neutrálním účinkem. U druhu *C. ullrichii* nebyla preference typu pasti statisticky prokázána.

Dle Hůrky (1996) jsou zástupci druhu *L. assimilis* vázani na vlhká stanoviště zastíněné lesní vegetací. Formalinové pasti a pasti obsahující vodu působily na jedince tohoto druhu podobně atraktivním účinkem. V této studii bylo 56 imág zachyceno do pastí s roztokem formaldehydu a 59 jedinců do pastí naplněných vodou. Obdobné výsledky byly v předložené práci zaznamenány také u zástupců druhu *C. schelerii*, který se kromě lesa může vyskytovat také na polích a loukách (Hůrka 1996). Navíc práce Holopainen a Varise (1986) neprokázala významný rozdíl v odchytu střevlíků mezi formalinovými pastmi a pastmi obsahujícími vodu. Srovnatelné účinky obou použitých fixačních tekutin na odchyt zástupců obou druhů střevlíků nelze jednoznačně vysvětlit. Příčinou tohoto jevu však může být kombinace výše uvedených faktorů.

## 6. ZÁVĚR

Tato diplomová práce se zabývala vlivem konzervační kapaliny ve formě roztoku formaldehydu a s ním související atraktivitou zemních pastí pro úlovky střevlíkovitých brouků. Výsledky předložené studie ukázaly, že typ použitého konzervačního média výrazně ovlivňuje velikost i složení odchyty střevlíků. Pasti s formaldehydem odchytávaly signifikantně více jedinců i druhů než pasti naplněné vodou nebo pasti suché. Obdobný efekt byl pozorován také u indexu druhové diverzity. Typ použité fixační tekutiny se zároveň projevil i na úrovni jednotlivých druhů. Ačkoliv 4% roztok formaldehydu přitahoval do zemních pastí většinu zaznamenaných druhů, na jedince druhů *P. ovoideus* a *S. pumicatus* působil opačným efektem a zároveň past s vodou v tomto případě fungovala jako atraktant. Naopak pasti obsahující vodu se projeví jako repelent na odchyt zástupců druhů *A. parallelus*, *P. rufipes* a *B. lampros*. Na zástupce druhu *C. coriaceus* působily pasti s vodou neutrálním účinkem a u druhu *C. ullrichii* nebyla preference typu pastí statisticky prokázána. Odchyt jedinců druhů *C. scheidleri* a *L. assimilis* byl v pastech s formaldehydem a v pastech naplněných vodou srovnatelný.

V rámci dalších experimentů by bylo možné studovat vliv formaldehydu na účinnost zemních pastí s využitím pastí o větším průměru ústí nádoby. V takovém případě má hladina konzervační kapaliny větší plochu a rychleji se odpařuje, což může odpuzovat nebo naopak přilákat vyšší počet vzorkovaného materiálu. Jako zajímavý přístup se nabízí také změna pozic pastí s různými typy fixační tekutiny v průběhu experimentu. Konkrétně by se jednalo o pravidelné přemísťování pastí tak, aby se střídaly jejich pozice. Výzkumník by pasti s hoblinami přesunul na místo pastí s vodou, pasti s vodou na místo pastí s formaldehydem a pasti s formaldehydem na místo pastí s hoblinami. Takové střídání by se mohlo opakovat například jednou týdně. Pravidelná změna pozic pastí může omezit působení konkrétního stanoviště na výsledky odchytů a lépe tak prokázat vliv použité fixační tekutiny. Další možností je testovat pasti naplněné roztokem formaldehydu o různých koncentracích nebo zkoumat atraktivitu fixačních tekutin při neměnných podmínkách v laboratoři. V důsledku toxicity formaldehydu by bylo na místě testovat vliv alternativních konzervačních tekutin, například méně toxického propylenglykolu, na odchyt střevlíkovitých brouků. Pro budoucí experimenty může být tedy tato diplomová práce podnětem k dalším studiím zabývajícím se vlivem formaldehydu jako použité konzervační látky v zemních pastech. Téma této studie se také ukázalo jako vhodné i pro didaktické využití v pedagogické praxi.

Závěrem lze konstatovat, že při vzorkování pomocí techniky zemních pastí je nezbytné zohlednit vliv použité konzervační tekutiny. Pasti s různými fixačními médii odchyťávají odlišný počet jedinců i druhů epigeických bezobratlých a výsledky takových studií jsou mezi sebou obtížně srovnatelné. Pro potřeby ekologického výzkumu je vhodné usilovat o globální sjednocení používání konzervačních médií.

## Literatura

- Adis, J. (1979):** Problems of interpreting arthropod sampling with pitfall traps. *Zoologischer Anzeiger*, 202: 177–184.
- Agentura ochrany přírody a krajiny ČR.** Ochrana přírody – Litovelské Pomoraví [online]. Dostupné z: <https://litovelskepomoravi.aopk.gov.cz/ochrana-prirody> [cit. 10. 4. 2026].
- Ahmed, D.A., Petrovskii, S.V. (2019):** Analysing the impact of trap shape and movement behaviour of ground-dwelling arthropods on trap efficiency. *Methods in Ecology and Evolution*, 10: 1246–1264.
- Al Hussein, I.A., Heyer, W., Wetzel, T. (1991):** Untersuchungen zum Auftreten der Webespinnen (Araneae) in Winterweizen und ihre Beeinflussung durch ausgewählte Insektizide. *Archiv für Phytopathologie und Pflanzenschutz*, 27: 219–228.
- Alexeev, S.C., Aleksanov, V.V. (2017):** Pitfall trap construction affects the efficacy of ground beetle counts. *Entomological Review*, 97: 310–319.
- Aristophanous, M. (2010):** Does your preservative preserve? A comparison of the efficacy of some pitfall trap solutions in preserving the internal reproductive organs of dung beetles. *ZooKeys*, 34: 1–16.
- Baars, M.A. (1979):** Catches in pitfall traps in relation to mean densities of carabid beetles. *Oecologia*, 41: 25–46.
- Baini F., Del Vecchio M., Vizzari L., Zapparoli M. (2016):** Can the efficiency of pitfall traps in collecting vary according to the used mixtures as bait? *Rendiconti Lincei*, 27: 495–499.
- Barber, H.S. (1931):** Traps for cave-inhabiting insects. *Journal of the Elisha Mitchell Scientific Society*, 46: 259–266.

- Bouget, Ch. (2001):** Echantillonnage des communautés de Coléoptères Carabiques en milieu forestier. *Relation espèces - milieu et variations d'efficacité du piège à fosse. Symbioses* 4: 55–64.
- Brennan, K.E.C., Majer, J.D., Reygaert, N. (1999):** Determination of an optimal pitfall trap size for sampling spiders in a Western Australian Jarrah forest. *Journal of Insect Conservation*, 3: 297–307.
- Brown, G.R., Matthews, I.M. (2016):** A review of extensive variation in the design of pitfall traps and a proposal for a standard pitfall trap design for monitoring ground-active arthropod biodiversity. *Ecology and Evolution*, 6(12): 3953–3964.
- Bruckner, A., Ott, C. (2024):** Attraction of pitfall trap preservation fluids complicates the estimation of Collembola density. *Pedobiologia*, 107: 151001.
- Buchholz, S., Hannig, K. (2009):** Do covers influence the capture efficiency of pitfall traps? *European Journal of Entomology*, 106: 667–671.
- Buchholz, S., Jess, A.M., Hertenstein, F., Schirmel, J. (2010):** Effect of the colour of pitfall traps on their capture efficiency of carabid beetles (Coleoptera: Carabidae), spiders (Araneae) and other arthropods. *European Journal of Entomology*, 107: 277–280.
- Český úřad zeměměřický a katastrální.** Geoprohlížeč [online] Dostupné z: <https://ags.cuzk.gov.cz/geoprohlizec/> [cit. 10. 4. 2026].
- Digweed, S.C., Currie, C.R., Cárcamo, H.A., Spence, J.R. (1995):** Digging out the “digging-in-effect” of pitfall traps: influences of depletion and disturbance on catches of ground beetles (Coleoptera: Carabidae). *Pedobiologia*, 39: 561–576.
- Domingo-Quero, T., Alonso-Zarazaga, M.Á. (2010):** Soil and litter sampling, including MSS. *Abc taxa*, 8(1): 173–212.
- Enge, K.M. (2001):** The pitfalls of pitfall traps. *Journal of Herpetology*, 35(3): 467–478.
- Engel, J., Hertzog, L., Tiede, J., Wagg, C., Ebeling, A., Briesen, H., Weisser, W.W. (2017):** Pitfall trap sampling bias depends on body mass, temperature, and trap number: insights from an individual-based model. *Ecosphere*, 8(4): e01790.

- Gardarin, A., Valantin-Morison, M. (2021):** Which pitfall traps and sampling effort to choose to evaluate cropping system effects on spider and carabid assemblages? *Environmental Entomology*, 50(1): 256–266.
- Gatty, Ch., Grández, R. (2020):** Efectividad de cebos en la captura de escarabajos saprófagos (Insecta: Coleoptera) en Allpahuayo Mishana, Amazonía peruana. *Ciencia Amazónica (Iquitos)*, 8: 71–84.
- Gerlach, A., Voigtländer, K., Heidger, C.M. (2009):** Influences of the behaviour of epigeic arthropods (Diplopoda, Chilopoda, Carabidae) on the efficiency of pitfall trapping. *Soil Organisms*, 81: 773–790.
- Goodenough, A.E., Baker, H.L., Otitolaye, F. (2026):** Hue's in the trap? Effects of colour, time of day, and weather on the use of pitfall traps for invertebrate surveys. *Journal of Insect Conservation*, 30: 14.
- Greenslade, P.J.M. (1964):** Pitfall trapping as a method for studying populations of Carabidae (Coleoptera). *The Journal of Animal Ecology*, 33: 301–310.
- Hall, D.W. (1991):** The environmental hazard of ethylene glycol in insect pit-fall traps. *The Coleopterists Bulletin*, 45: 193–194.
- Halsall, N.B., Wratten, S.D. (1988):** The efficiency of pitfall trapping for polyphagous predatory Carabidae. *Ecological Entomology*, 13: 293–299.
- Hansen, J.E., New, T.R. (2005):** Use of barrier pitfall traps to enhance inventory surveys of epigeic Coleoptera. *Journal of Insect Conservation*, 9: 131–136.
- Hilty, J., Merenlender, A. (2000):** Faunal indicator taxa selection for monitoring ecosystem health. *Biological Conservation*, 92: 185–197.
- Hohbein, R., Conway, C.J. (2018):** Pitfall Traps: A review of methods for estimating arthropod abundance. *Wildlife Society Bulletin*, 42: 597–606.
- Holopainen, J. (1992):** Catch and sex ratio of Carabidae (Coleoptera) in pitfall traps filled with ethylene glycol or water. *Pedobiologia*, 36: 257–261.

- Holopainen, J.K., Varis, A.L. (1986):** Effects of a mechanical barrier and formalin preservative on pitfall catches of carabid beetles (Coleoptera, Carabidae) in arable fields. *Journal of Applied Entomology*, 102(1–5): 440–445.
- Honěk, A. (1988):** The effect crop density and microclimate on pitfall trap catches of Carabidae, Staphylinidae (Coleoptera) and Lycosidae (Aranea) in cereal fields. *Pedobiologia*, 32: 233–242.
- Hůrka, K. (1996):** Střevlíkovití České a Slovenské republiky. Kabourek, Zlín, 565 pp.
- Hussain, R., Walcher, R., Vogel, N., Krautzer, B., Rasran, L., Frank, T. (2023):** Effectiveness of flower strips on insect's restoration in intensive grassland. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 348: 108436.
- Huusela-Veistola, E. (1996):** Effects of pesticide use and cultivation techniques on ground beetles (Col., Carabidae) in cereal fields. *Annales Zoologici Fennici*, 33: 197–205.
- Cheli, G.H., Corley, J.C. (2010):** Efficient sampling of ground-dwelling arthropods using pitfall traps in arid steppes. *Neotropical Entomology*, 39: 912–917.
- Chowdhury, S., Dubey, V.K., Choudhury, S., Das, A., Jeengar, D., Sujatha, B., Kumar, A., Kumar, N., Semwal, A., Kumar, V. (2023):** Insects as bioindicator: A hidden gem for environmental monitoring. *Frontiers in Environmental Science*, 11: 1146052.
- Jud, P., Schmidt-Entling, M.H. (2008):** Fluid type, dilution, and bitter agent influence spider preservation in pitfall traps. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 129: 356–359.
- Juhasová, M. (2014):** Úlohy ze zoologie bezobratlých a jejich využití ve volnočasových aktivitách. Katedra biologie a environmentálních studií. Pedagogická fakulta, Univerzita Karlova v Praze. Ms. 94 pp.
- Knapp, M., Baranovská, E., Jakubec, P. (2016):** Effects of bait presence and type of preservative fluid on ground and carrion beetle samples collected by pitfall trapping. *Environmental Entomology*, 45(4): 1022–1028.

- Knapp, M., Růžička, J. (2012):** The effect of pitfall trap construction and preservative on catch size, species richness and species composition of ground beetles (Coleoptera: Carabidae). *European Journal of Entomology*, 109(3): 419–426.
- Koivula, M., Kotze, J.D., Hiisivuori, L., Rita, H. (2003):** Pitfall trap efficiency: do trap size, collecting fluid and vegetation structure matter? *Entomologica Fennica*, 14: 1–14.
- Koivula, M.J. (2011):** Useful model organisms, indicators, or both? Ground beetles (Coleoptera, Carabidae) reflecting environmental conditions. *Zookeys*, 100: 287–317.
- Korbélyi, T. (2018):** Suchozemští stejnonožci jako modeloví půdotvorní činitelé v praktické školní výuce. Diplomová práce. Katedra učitelství a didaktiky biologie. Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova v Praze. Ms. 182 pp.
- Kwon, T.S., Park, Y.K., Jung, J.K., Lee, Y.G., Park, C.W., Park, Y.S. (2022):** Effects of preservatives in pitfall traps for collecting arthropods: A comparison of ethylene glycol and five alternative preservatives. *Journal of Asia-Pacific Biodiversity*, 15(4): 541–546.
- Lang, A. (2000):** The pitfalls of pitfalls: A comparison of pitfall trap catches and absolute density estimates of epigeal invertebrate predators in arable land. *Anzeiger für Schädlingskunde*, 73: 99–106.
- Lange, M., Gossner, M.M., Weisser, W.W. (2011):** Effect of pitfall trap type and diameter on vertebrate by-catches and ground beetle (Coleoptera: Carabidae) and spider (Araneae) sampling. *Methods in Ecology and Evolution*, 2(2): 185–190.
- Lemieux, J.P., Lindgren, B.S. (1999):** A pitfall trap for large-scale trapping of Carabidae: Comparison against conventional design, using two different preservatives. *Pedobiologia*, 43: 245–253.
- Luff, M. L. (1975):** Some Features Influencing the Efficiency of Pitfall Traps. *Oecologia*, 19: 345–357.

- Luff, M. L. (1986):** Aggregation of some Carabidae in pitfall traps. In den Boer, P. J. (ed.) *Carabid Beetles, their adaptations and dynamics*, pp. 385-397. Stuttgart: Gustav Fischer.
- Luff, M.L. (1968):** Some effects of formalin on the numbers of Coleoptera caught in pitfall traps. *Entomologist's Monthly Magazine*, 104: 115–116.
- Luff, M.L. (1996):** Use of carabids as environmental indicators in grasslands and cereals. *Annales Zoologici Fennici*, 33: 185–195.
- Majer, J.D. (1983):** Ants: Bio-indicators of mine site rehabilitation, land-use, and land conservation. *Environmental Management*, 7: 375–383.
- Marshall, D.A., Doty, R.L. (1990):** Taste responses of dogs to ethylene glycol, propylene glycol, and ethylene glycol-based antifreeze. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 197: 1599–1602.
- Mattson, W.J., Addy, N.D. (1975):** Phytophagous Insects as Regulators of Forest Primary Production. *Science*, 190: 515–522.
- McCrary, K., Willand, J. (2007):** Effects of Pitfall Trap Preservative on Collections of Carabid Beetles (Coleoptera: Carabidae). *Great Lakes Entomologist*, 40: 154–165.
- Mommertz, S., Schauer, C., Kusters, N., Lang, A., Filser, J. (1996):** A comparison of D-Vac suction, fenced and unfenced pitfall trap sampling of epigeal arthropods in agroecosystems. *Annales Zoologici Fennici*, 33: 117–124.
- Morrill, W.L., Lester, D.G., Wrona, A.E. (1990):** Factors affecting efficacy of pitfall traps for beetles (Coleoptera, Carabidae and Tenebrionidae). *Journal of Entomological Sciences*, 25: 284–293.
- New, T.R. (1999):** By-catch, ethics and pitfall traps. *Journal of Insect Conservation*, 3: 1–3.
- Niemelä, J., Langor, D., Spence, J.R. (1993):** Effects of clear-cut harvesting on boreal ground-beetle assemblages (Coleoptera: Carabidae) in Western Canada. *Conservation Biology*, 7: 551–561.

- Novotná, L. (2023):** Fixační tekutina jako součást atraktivivity zemních pastí. Bakalářská práce. Katedra ekologie a životního prostředí. PřF, Univerzita Palackého v Olomouci. Ms. 50 pp.
- O'Connell, M., White, R., Haysom, K., Seo, M., Dooner, P., Macadam, C., Plowman, A., Bulman, C., Hayns, S., Nason, M., Groves, L., Orr, H., Meakin, K., Dagley, J., Stringer, A., Smart, A., Hynes, J., Stone, D., Hails, R., Jackson, H. (2024):** A vision for the future conservation evidence landscape. *Ecological Solutions and Evidence*, 5: 4.
- Oberprieler, S.K., Andersen, A.N., Braby, M.F. (2019):** Invertebrate by-catch from vertebrate pitfall traps can be useful for documenting patterns in invertebrate diversity. *Journal of Insect Conservation*, 23: 547–554.
- Pearce, J., Schuurman, D., Barber, K., Larrivé, M., Venier, L., McKee, J., McKenney, D. (2005):** Pitfall trap designs to maximize invertebrate captures and minimize captures of nontarget vertebrates. *The Canadian Entomologist*, 137: 233–250.
- Pekár, S. (2002):** Differential effects of formaldehyde concentration and detergent on the catching efficiency of surface active arthropods by pitfall traps. *Pedobiologia*, 46(6): 539–547.
- Petruška, F. (1969):** K možnosti úniku jednotlivých složek epigeické fauny polí z formalinových zemních pastí (Coleoptera). *Acta Universitatis Palackianae Olomucensis, Facultas Rerum Naturalium* 31: 99–124.
- Pettersson, R.B., Ball, J.P., Renhorn, K.-E., Esseen, P.-A., Sjöberg, K. (1995):** Invertebrate communities in boreal forest canopies as influenced by forestry and lichens with implications for passerine birds. *Biological Conservation*, 74: 57–63.
- Prasifka, J.R., Lopez, M.D., Hellmich, R.L., Lewis, L.C., Dively, G.P. (2007):** Comparison of pitfall traps and litter bags for sampling ground-dwelling arthropods. *Journal of Applied Entomology*, 131: 115–120.
- Quitt, E., (1971):** Klimatické oblasti Československa. Geografický ústav ČSAV, Brno, 75 pp.

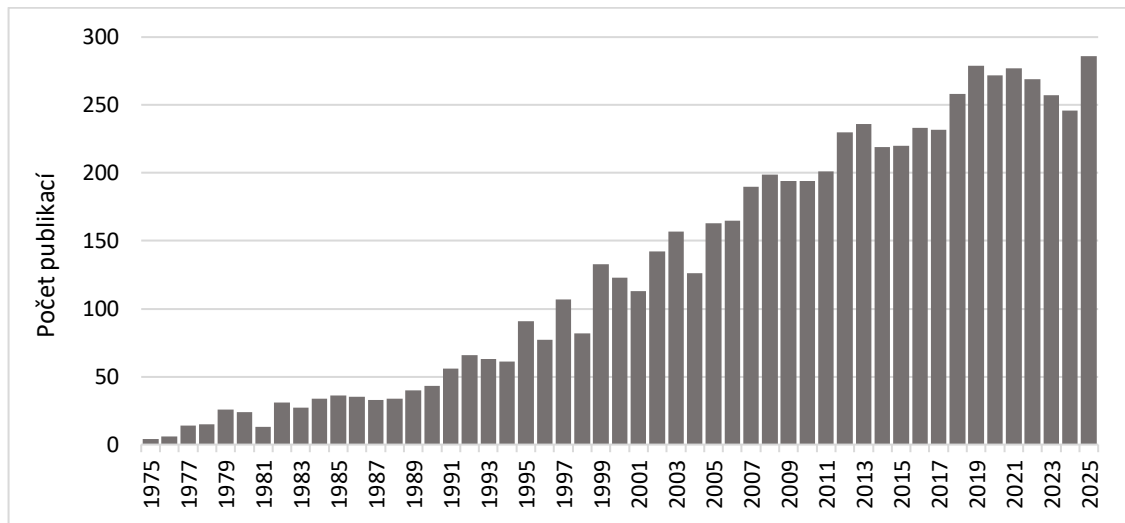
- Radawiec, B., Aleksandrowicz, O. (2013):** A modified pitfall trap for capturing ground beetles (Coleoptera: Carabidae). *The Coleopterists Bulletin*, 67(4): 473–480.
- Rainio, J., Niemelä, J. (2003):** Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) as bioindicators. *Biodiversity and Conservation* 12: 487–506.
- Samways, M.J., McGeoch, M., New, T.R. (2010):** Insect Conservation: A Handbook of Approaches and Methods. Oxford University Press, New York.
- Sasakawa, K. (2007):** Effects of pitfall trap preservatives on specimen condition in Carabid beetles. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 125(3): 321–324.
- Saska, P., van der Werf, W., Hemerik, L., Luff, M.L., Hatten, T.D., Honek, A. (2013):** Temperature effects on pitfall catches of epigeal arthropods: a model and method for bias correction. *Journal of Applied Ecology*, 50: 181–189.
- Seastedt, T.R. (2003):** The Role of Microarthropods in Decomposition and Mineralization Processes. *Annual Review of Entomology*, 29: 25–46.
- Scheller, H.V. (1984):** Pitfall trapping as the basis for studying ground beetle (Carabidae) predation in spring barley. *Tidsskr. Planteavl.*, 88(3): 317–324.
- Schmidt, M.H., Clough, Y., Schulz, W., Westphalen, A., Tschardt, T. (2006):** Capture efficiency and preservation attributes of different fluids in pitfall traps. *The Journal of Arachnology*, 34(1): 159–162.
- Silva, P.G., Vaz-de-Mello, F.Z., Di Mare, R.A. (2012):** Attractiveness of different bait to the Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) in forest fragments in extreme southern Brazil. *Zoological Studies*, 51: 429–441.
- Skuhrový, V. (1957):** Metoda zemních pastí. *Časopis Československé Společnosti Entomologické*, 54: 27–40.
- Skuhrový, V. (1970):** Zur Anlockungsfähigkeit von Formalin für Carabiden in Bodenfallen. *Beiträge zur Entomologie*, 20: 371–374.
- Skvarla, M.J., Larson, J.L., Dowling, A.P.G. (2014):** Pitfalls and preservatives: A review. *Journal of the Entomological Society of Ontario*, 145: 15–43.

- Smrž, M. (2021):** Chov střevlíků ve škole. Bakalářská práce. Katedra biologie a environmentálních studií. Pedagogická fakulta, Univerzita Karlova v Praze. Ms. 61 pp.
- Southwood, T.R.E. (1994):** Ecological methods: with particular reference to the study of insect populations. Chapman & Hall, London.
- Southwood, T.R.E., Henderson, P.A. (2000):** Ecological Methods. 3rd edition. Blackwell Science, Oxford.
- Spence, J.R., Niemelä, J.K. (1994):** Sampling carabid assemblages with pitfall traps: the madness and the method. *The Canadian Entomologist*, 126: 881–894.
- Stašiov S., Čiliak M., Wiezik M., Svitok M., Wieziková A. a Diviaková A. (2021):** Pitfall trap design affects the capture efficiency of harvestmen (Opiliones) and millipedes (Diplopoda). *Ecology and Evolution*, 11: 9864–9875.
- Sutherland, W.J. (2006):** Ecological census techniques: a handbook. 2nd edition. Cambridge University Press, Cambridge.
- Šafář, J. a kol. (2003):** Olomoucko. In: Mackovčín P. a Sedláček M. (eds.): Chráněná území ČR, svazek VI. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR a EkoCentrum Brno, Praha, 456 pp.
- Šafář, J., Šťastná, P., Hula, V. (2010):** Impact of type of pitfall traps and preserving agent on entrapped representatives of the Carabidae (Coleoptera). *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 58: 213–218.
- Thompson, S.A., Thompson, G.G. (2008):** Vertebrate by-catch in invertebrate wet pitfall traps. *Journal of the Royal Society of Western Australia*, 91: 237.
- Topping, C.J., Luff, M.L. (1995):** Three factors affecting the pitfall trap catch of linyphiid spiders (Aranea: Linyphiidae). *Bulletin of the British Arachnological Society*, 10: 35–38.

- Topping, C.J., Sunderland, K.D. (1992):** Limitations to the use of pitfall traps in ecological studies exemplified by a study of spiders in a field of winter wheat. *Journal of Applied Ecology*, 29: 485–491.
- Tuf, I. H., Novotná, L., Fryčka, P. (2025):** The effect of formaldehyde solution in pitfall traps on the probability of catching woodlice (Isopoda, Oniscidea). *ZooKeys*, 1225: 115.
- Tuf, I.H. (2013):** Praktika z půdní zoologie. Vydavatelství Univerzity Palackého v Olomouci, Olomouc. 92 pp.
- van den Berghe, E. (1992):** On pitfall trapping invertebrates. *Entomological News*, 103:149–156.
- Waage, B.E. (1985):** Trapping efficiency of carabid beetles in glass and plastic pitfall traps containing different solutions. *Fauna Norvegica Series B*, 32(1): 33–36.
- Walcher, R., Hussain, R.I., Karrer, J., Bohner, A., Brandl, D., Zaller, J.G., Arnberger, A., Frank, T. (2020):** Effects of management cessation on hoverflies (Diptera: Syrphidae) across Austrian and Swiss mountain meadows. *Web Ecology*, 20: 143–152.
- Ward, D.F., New, T.R., Yen, A.L. (2001):** Effects of pitfall trap spacing on the abundance, richness and composition of invertebrate catches. *Journal of Insect Conservation*, 5: 47–53.
- Weeks, R.D. Jr., McIntyre, N.E. (1997):** A comparison of live versus kill pitfall trapping techniques using various killing agents. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 82(3): 267–273.
- Woodcock, B.A. (2005):** Pitfall trapping in ecological studies, pp. 37–57. In: Leather S.R. (Ed.). *Insect Sampling in Forest Ecosystems*. Oxford, Blackwell Science.
- Work T.T., Buddle Ch.M., Korinus L.M., a Spence, J.R. (2002):** Pitfall trap size and capture of three taxa of litter-dwelling arthropods: Implications for biodiversity studies. *Environmental Entomology*, 31: 438–448.

- Work, T.T., Koivula, M., Klimaszewski, J., Langor, D., Spence, J., Sweeney, J., Hébert, C., (2008):** Evaluation of carabid beetles as indicators of forest change in Canada. *The Canadian Entomologist*, 140(4): 393–414.
- Yilmaz, A.Y., Atalay, B., Sinar, E.Y., Turan, Y. (2026):** Diversity assessment of Coleoptera (Insecta) collected from pitfall traps using five different attractant solutions. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 127(4): 757–765.
- Zou, Y., Feng, J., Xue, D., Sang, W., Axmacher, J.C. (2012):** Comparison of terrestrial arthropod sampling methods. *Journal of Resources and Ecology*, 3: 174–182.

## Příloha A



Počet zveřejněných publikací s výrazem „pitfall trap“ v letech 1975–2025

Zdroj: WOS, vlastní zpracování

## Příloha B

V rámci didaktické části diplomové práce byla vytvořena sada experimentů s živými střevlíky, která je určena primárně pro využití ve výuce na základní škole. Úvodní část materiálu obsahuje základní pokyny pro práci s živými organismy, postup při odchytu jedinců a instrukce k jejich uchování. Ke každému experimentu je rovněž připraven záznamový arch, který slouží k zaznamenávání výsledků pozorování a jejich následnému vyhodnocení.

Pro účely zhodnocení navržených experimentů z pohledu pedagogické praxe byl vytvořen krátký dotazník realizovaný prostřednictvím platformy Google Forms (dotazníkové položky viz níže). Dotazník byl distribuován učitelům přírodopisu/biologie na základních školách a nižších gymnáziích.

Na základě odpovědí z dotazníkového šetření vyplývá, že mezi respondenty převažovali učitelé s kratší pedagogickou praxí. Experimenty s živými organismy využívají oslovení pedagogové spíše příležitostně než pravidelně. Hodnocení předložených experimentů bylo jednoznačně pozitivní. Dotazovaní pedagogové se shodují na tom, že zadání i instrukce jsou srozumitelné, přehledné a experimenty jsou vhodné pro žáky základní školy. Zároveň oceňují, že experimenty s živými střevlíky významně podporují aktivní zapojení žáků do výuky.

Z hlediska praktické realizace je práce s živými střevlíky oslovenými učiteli vnímána jako vhodná a realizovatelná. Zásadní problémy navržených experimentů učitelé neuvedli. Z otevřených odpovědí vyplývá, že hlavním přínosem těchto aktivit je především oživení výuky, zvýšení motivace žáků a propojení teorie s praxí. Pozitivně je vnímán také přímý kontakt žáků s živými organismy.

Jako možné omezení navržených experimentů respondenti uvádějí především organizační a časovou náročnost během školního roku. Dále považují realizaci za vhodnější v méně početných žakovských skupinách nebo v rámci zájmových aktivit (přírodovědné kroužky apod.). Navíc poukazují na skutečnost, že realizace takových experimentů není ve všech třídních kolektivech snadná (např. z důvodu rozdílné motivace a zájmu žáků).

I přes zmíněná omezení pedagogové navržené experimenty doporučují, především pro jejich názornost, jednoduchost a schopnost vzbudit u žáků zájem o vyučovaný předmět.

## Hodnocení navržených experimentů s živými střevlíky ve výuce přírodopisu na ZŠ (dotazník pro učitele):

### Základní informace o Vás:

1. Jaká je délka Vaší pedagogické praxe ve výuce přírodopisu/biologie na základní škole nebo víceletém gymnáziu?

- Méně než rok    1–5 let    6–10 let    11–20 let    Více než 20 let

2. Jak často využíváte experimenty nebo praktické aktivity s živými organismy ve výuce?

- Často    Občas    Zřídka    Vůbec

### Celkové hodnocení experimentů:

U následujícího tvrzení запиšte míru souhlasu na škále: 1 – rozhodně souhlasím, 2 – spíše souhlasím, 3 – spíše nesouhlasím, 4 – rozhodně nesouhlasím

3. Zadání experimentů je pro učitele srozumitelné.
4. Instrukce k provedení experimentů jsou jasné a přehledné.
5. Experimenty jsou vhodné pro žáky základní školy.
6. Experimenty podporují aktivní zapojení žáků do výuky.

### Praktická realizace:

7. Považujete práci s živými střevlíky ve výuce za vhodnou?

- Ano    Spíše ano    Spíše ne    Ne

8. Vidíte při realizaci těchto experimentů nějaké praktické problémy?

- Ano    Ne

Pokud ano, jaké? (otevřená odpověď)

**Otevřené otázky:**

9. Co považujete za největší přínos těchto experimentů pro výuku
10. Co by bylo vhodné na experimentech upravit nebo zlepšit?
11. Doporučili byste tyto experimenty dalším učitelům? Proč?
12. Máte další připomínky nebo návrhy?

## **Střevlíci zblízka – soubor praktických cvičení**

Střevlíci patří mezi často přehlížené tvory našeho okolí. Pro většinu z nás jsou velkými, rychle prchajícími černými brouky, které zahlédneme po nadzvednutí kamene, kůry nebo při práci na zahradě. Dříve, než si je stačíme prohlédnout, zmizí. Právě jejich nenápadnost a skrytý způsob života z nich činí ideální objekty pro zkoumání. Při bližším pozorování totiž zjistíme, že střevlíci nejsou „jen brouci“, ale velmi aktivní predátoři s pestrým chováním.

Díky specifickému chování a poměrně snadné dostupnosti v přírodě, mohou být střevlíkovití brouci vhodní pro využití ve výuce. Proto byl vytvořen soubor čtyř praktických aktivit, které umožňují žákům poznat střevlíky zblízka prostřednictvím pozorování a jednoduchých experimentů. Úlohy se zaměřují na aktivitu střevlíků v závislosti na světelných podmínkách prostředí či na jejich orientaci v prostoru. Dále se aktivity věnují způsobům lovu střevlíků i jejich obrannému chování při pocitu ohrožení. Hlavním cílem praktických experimentů je rozvoj pozitivního vztahu žáků k živým organismům díky přímému kontaktu s nimi. Přípravené experimenty jsou inspirovány pracemi Juhasová (2016), Korbélyi (2018), Smrž (2021), Tuf (2013) a následně přizpůsobené pro práci se střevlíky. Další návrhy byly vytvořeny ve spolupráci se studenty programu Zoologie.

Návrhy praktických cvičení:

1. Co se stane, když se zhasne?
2. Jedl jsem, lovil jsem, přežil
3. Kudy ven, střevlíku?
4. Mrtvý? Ani náhodou!

Cílovou skupinou navržených úloh jsou žáci druhého stupně základní školy. S ohledem na RVP je ideální zařadit experimenty do výuky přírodopisu v 7. ročníku. Úlohy se střevlíky je také možné realizovat v rámci zájmových přírodovědných kroužků.

Jednotlivé úlohy na sebe přímo nenavazují, proto je možné je do výuky zařazovat samostatně. Realizace aktivit je nejvhodnější v jarním období, zejména v měsících dubnu a květnu, kdy jsou střevlíci v přírodě snadno dostupní. Úlohy lze provádět v běžné kmenové učebně, nejlépe však v odborné učebně biologie nebo biologické laboratoři. Jednotlivé aktivity jsou připraveny tak, aby probíhaly ve skupinách. Optimální počet žáků ve skupině je tři až pět.

Před provedením každé aktivity je důležité seznámit žáky s bezpečností práce. Střevlíci jsou živé organismy, proto je nutné žáky upozornit na šetrné a jemné zacházení. Aby nedošlo k jejich poškození či dokonce usmrcení, je nutné se s nimi pracovat opatrně. Žáky je třeba upozornit na přítomnost obranného mechanismu střevlíků. Cítí-li se v nebezpečí, obvykle vylučují obrannou tekutinu. Ta může způsobit mírné podráždění očí nebo pokožky. Po ukončení experimentu by jedinci měli být vráceni zpět do přirozeného prostředí, na místo jejich sběru. Případně je lze využít ke krátkodobému chovu nebo k dalším didaktickým účelům.

Pro provedení experimentů představují klíčový materiál živí střevlíci. Jedinci se získávají odchycením pomocí zemních padacích pastí s návnadou. K instalaci pastí lze využít různá stanoviště, například školní zahradu, okraje polí a luk nebo městský lesopark. Každou past tvoří zavařovací sklenice typu Omnia o objemu 0,7 l, která se pomocí rýče, zahradní lopatky nebo motyčky zapustí do půdy. Její hrdlo musí lícovat s povrchem okolního terénu. Do sklenice se vloží plastový nápojový kelímek, na jehož dno se umístí návnada. Vzhledem k tomu, že se většina střevlíkovitých brouků živí dravě, lze jako návnadu použít kousek syrového masa, navlhčené psí či kočičí granule nebo kolečka salámu. Ochranu pasti před listovým opadem a srážkami zajistí stříška. K její výrobě poslouží kus stromové kůry, který nad hrdlem sklenice podložíme několika středně velkými kameny.

Zemní past zůstává na lokalitě instalovaná až do odchycení požadovaného počtu střevlíků. Kontrola pasti se doporučuje přibližně po 24 hodinách, nejlépe několikrát denně. Pasti s návnadou odchycené jedince neusmrcují. Uvnitř pasti může docházet k predaci větších jedinců. Počet instalovaných pastí se odvíjí od množství jedinců potřebných pro jednotlivé experimenty. Doporučený počet je přibližně pět pastí. Kromě střevlíků se mohou v pastech zachytit i jiní bezobratlí, dokonce i drobní obratlovci (hlodavci, žáby, ještěrky apod.). Tyto vedlejší úlovky je nutné po kontrole pastí vypustit zpět do přirozeného prostředí, popřípadě je lze využít k dalším didaktickým účelům.

Odchyt střevlíků pomocí zemních pastí může být prováděn vyučujícím. Tuto metodu sběru lze pojmout i jako samostatnou praktickou aktivitu. V takovém případě si žáci vyzkoušejí zemní pasti v terénu instalovat sami.

Odchycené jedince je potřeba uchovat při životě až do provedení experimentu. K tomu postačí průhledná plastová nádoba o rozměrech přibližně 40 x 30 x 22 cm. Na její dno se umístí přibližně 5cm vrstva substrátu, ideálně z místa odchytu střevlíků. Na

povrch substrátu se následně položí plochý kámen nebo kousky stromové kůry, které střevlíkům poskytnou úkryt. Takto připravená nádoba se uzavře víkem s drobnými otvory umožňujícími přístup vzduchu. Zároveň je nezbytné nádobu chránit před přímým slunečním zářením a udržovat substrát přiměřeně vlhký. Při delším uchovávání se jedincům podává potrava. Masožravé druhy krmíme například moučnými červy nebo drobnějšími žížalami, býložravé kousky ovoce nebo zeleniny.

Veškeré ostatní pomůcky a podrobné postupy jsou uvedeny samostatně u každého připraveného cvičení. Součástí každého cvičení jsou také záznamové archy, které slouží k zápisu pozorování a následnému vyhodnocení experimentů. Na konci každého záznamového archu je (pro rychlejší skupiny) uvedeno několik doplňujících otázek k zamyšlení.

## Praktické cvičení 1: Co se stane, když se zhasne?

Světlo je jedním z nejdůležitějších ekologických faktorů prostředí, který může ovlivňovat chování živočichů. U většiny bezobratlých se podepisuje především na jejich aktivitě. Střevlíkovití brouci se většinu času pohybují v hrabance na povrchu půdy, kde se setkávají s pravidelným střídáním světla a tmy během dne a noci. Reagují střevlíci na světelné podmínky změnou své aktivity? Jsou jedinci aktivnější při osvětlení, tedy ve dne, nebo za tmy během noci?

Cílem praktického cvičení je zjistit, zda světelné podmínky ovlivňují aktivitu střevlíků a porovnat jejich pohybovou aktivitu na světle a ve tmě.

**Pomůcky:** Plastové potravinové vaničky (například typu používaného pro balení masa), živí střevlíci, filtrační papír, voda, fix, stopky nebo mobilní telefon, zdroj bílého světla (ruční baterka nebo stolní lampička), neprůhledná krabice (plastová nebo kartonová) pro vytvoření tmavého prostředí, baterka s červeným světlem nebo lampička s červenou žárovkou, záznamový arch a psací potřeby.

**Postup:** Pomocí zemních pastí s návnadou odchytíme na vhodném stanovišti dostatečný počet střevlíkovitých brouků stejného druhu pro experiment. Pro každou skupinu žáků je doporučeno přibližně 5 jedinců, záleží však na počtu opakování pozorování. Každého jedince z pasti vybíráme opatrně (nejlépe pomocí entomologické pinzety), aby nedošlo k jeho poranění. Do experimentu zařazujeme pouze nepoškozené a plně pohyblivé jedince.

V učebně si připravíme plastové vaničky, které budou sloužit jako prostor k pozorování. Dno každé vaničky vystelíme tenkou vrstvou navlhčeného filtračního papíru, který zabrání klouzání po povrchu a zajistí snadnější pohyb jedince. Do takto sestavených vaniček umístíme jednoho střevlíka. Každou vaničku označíme číslem, aby nedošlo k jejich záměně. Před zahájením pozorování necháme každého střevlíka zhruba jednu minutu v klidu kvůli adaptaci na nové podmínky prostředí. Během této doby s vaničkou nemanipulujeme. Rušení střevlíka by mohlo ovlivnit výsledky pozorování.

Nejprve sledujeme aktivitu střevlíků při přímém světle. Vaničku se střevlíkem umístíme na osvětlené místo, například pod stolní lampičku, nebo vaničku osvětlíme ruční baterkou. Poté vyčkáme přibližně jednu minutu, aby se střevlík adaptoval na nové světelné podmínky. Následně spustíme stopky a po dobu dvou minut jedince sledujeme. Každých deset sekund se krátce podíváme na střevlíka a zapíšeme, zda se v daný okamžik

pohybuje (P) nebo je v klidu (K). Celkem provedeme 12 pozorování. V průběhu sledujeme i další zajímavé projevy chování (např. snahu o úkryt nebo útěk, pohyb podél okrajů vaničky apod.). Během pozorování s vaničkou nemanipulujeme a pozorovaného jedince se nedotýkáme.

Po ukončení pozorování na světle vytvoříme tmavé prostředí. Vaničku se střevlíkem opatrně vložíme do kartonové krabice. Tu uzavřeme tak, aby dovnitř proniklo minimum světla. Ponecháme však úzkou mezeru na pozorování. Vnitřní prostor krabice následně osvětlíme (můžeme osvětlit) baterkou s červeným světlem nebo lampičkou s červenou žárovkou. Střevlíkovití brouci jsou na červené světlo méně citliví než lidské oko. Díky tomu je můžeme sledovat i ve tmě. Po umístění vaničky do temného prostředí vyčkáme přibližně jednu minutu, aby se jedinec adaptoval na nové světelné podmínky. Poté opět spustíme stopky a po dobu dvou minut zaznamenáváme aktivitu stejným způsobem jako při pozorování na světle.

Získané údaje zapíšeme do připraveného záznamového archu. Stejný postup opakujeme u všech ostatních jedinců. Doporučeno je přibližně 5 jedinců, aby bylo možné získané výsledky mezi sebou porovnat. Poté spočítáme, kolikrát byl střevlík zaznamenán v pohybu (počet P) a kolikrát v klidu (počet K). Na závěr ze záznamového archu vyhodnotíme aktivitu střevlíkovitých brouků s ohledem na světelné podmínky prostředí.



# CO SE STANE, KDYŽ SE ZHASNE?

## Záznamový arch



### 1. ZÁZNAM POZOROVÁNÍ

Každého střevlíka sledujte 2 minuty a zaznačte jeho aktivitu (P=pohyb, K=klid):

Číslo jedince	Světelné podmínky	10 s	20 s	30 s	40 s	50 s	60 s	70 s	80 s	90 s	100 s	110 s	120 s
1	Světlo												
	Tma												
2	Světlo												
	Tma												
3	Světlo												
	Tma												
4	Světlo												
	Tma												
5	Světlo												
	Tma												

Další projevy chování: .....

### 2. VYHODNOCENÍ

Zakroužkujte: Střevlík 1 byl aktivnější **na světle/ve tmě/stejně aktivní**

Střevlík 2 byl aktivnější **na světle/ve tmě/stejně aktivní**

Střevlík 3 byl aktivnější **na světle/ve tmě/stejně aktivní**

Střevlík 4 byl aktivnější **na světle/ve tmě/stejně aktivní**

Střevlík 5 byl aktivnější **na světle/ve tmě/stejně aktivní**

Kolik střevlíků bylo aktivnějších na světle? .....

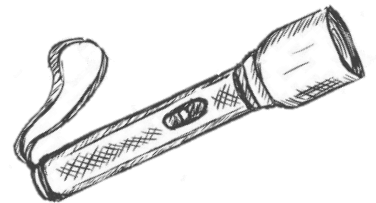
Kolik střevlíků bylo aktivnějších ve tmě? .....

Kolik střevlíků bylo přibližně stejně aktivních? Počet: .....

### 3. ZÁVĚR

Na základě pozorování lze říci, že střevlíci jsou více aktivní (vyber):

- Na světle
- Ve tmě
- Aktivita byla přibližně stejná



Krátké zdůvodnění:.....

### 4. OTÁZKY

1) Jaké jiné podmínky prostředí by mohly ovlivnit aktivitu střevlíků kromě světla?

2) Jaké výhody může mít pro střevlíky aktivita ve tmě?

3) Znáte nějaké živočichy, kteří jsou aktivní hlavně v noci?

## Praktické cvičení 2: Jedl jsem, lovil jsem, přežil jsem

Příjem potravy je jednou ze základních potřeb všech živočichů. Způsob, jakým potravu získávají, patří mezi jedinečné projevy jejich chování. Predátoři musí být schopni svou kořist nejen vyhledat, ale také ji úspěšně ulovit. V opačném případě zůstávají hladoví. Většina střevlíkovitých brouků patří mezi dravé bezobratlé, kteří aktivně vyhledávají svou kořist. Jejich potravou se nejčastěji stávají jiní členovci, larvy hmyzu, nepohrdnou však ani slimákem nebo žížalou. Jakým způsobem střevlíci reagují na přítomnost potravy? Jak rychle jsou schopni kořist napadnout? Jakým způsobem potravu přijímají?

Cílem tohoto cvičení je zjistit, jak střevlíci reagují na přítomnost potravy, jak rychle ji dokáží přijmout a jaké projevy chování se u nich objevují při jejím vyhledávání a následné konzumaci.

**Pomůcky:** Plastové potravinové vaničky (například typu používaného pro balení masa), živí střevlíci, filtrační papír, voda, fix, stopky nebo mobilní telefon, potrava (například moučný červ nebo drobnější žížala), lupa (volitelně), záznamový arch a psací potřeby.

**Postup:** Pomocí zemních pastí s návnadou odchytíme na vhodném stanovišti dostatečný počet střevlíkovitých brouků stejného druhu pro experiment. Pro každou skupinu žáků je doporučeno přibližně 5 jedinců, záleží však na počtu opakování pozorování. Každého jedince z pasti vybíráme opatrně (nejlépe pomocí entomologické pinzety), aby nedošlo k jeho poranění. Do experimentu zařazujeme pouze nepoškozené a plně pohyblivé jedince. Před pokusem střevlíky alespoň 72 hodin nekrmíme. Zvýší se tak šance na příjem nabízené potravy. Pokus provádíme pouze s masožravými jedinci. Mezi běžně dostupné predátorské druhy patří například střevlík zahradní (*Carabus hortensis*), střevlík měděný (*Carabus cancellatus*) nebo střevlík kožitý (*Carabus coriaceus*).

V učebně si připravíme plastové vaničky, které budou sloužit jako prostor k pozorování. Dno každé vaničky vysteleme tenkou vrstvou navlhčeného filtračního papíru, který zabrání klouzání po povrchu a zajistí jednodušší pohyb jedince. Do takto sestavených vaniček umístíme jednoho střevlíka. Každou vaničku označíme číslem, aby nedošlo k jejich záměně. Před zahájením pozorování necháme každého střevlíka zhruba jednu minutu v klidu kvůli adaptaci na nové podmínky prostředí. Během této doby s vaničkou nemanipulujeme. Rušení střevlíka by mohlo ovlivnit výsledky pozorování.

Pomocí pinzety vložíme do vaničky jeden druh vybrané potravy. Při vkládání dbáme na opatrné a pomalé pohyby, abychom střevlíka nevystrašili. Kořist umístíme nejlépe několik centimetrů od střevlíka. Každému jedinci podáváme vždy jen jeden typ potravy a během pozorování potravu neměníme. Jakmile vložíme potravu do vaničky, spustíme stopky a po dobu pěti minut sledujeme chování střevlíka. Pro detailnější pozorování můžeme využít lupu. Zaměříme se především na:

- a) Způsob (rychlost), jakým se střevlík k potravě přibližuje (zda se k ní střevlík vydá hned, chvíli vyčkává nebo ji zcela ignoruje)
- b) Chování střevlíka při prvním kontaktu s potravou (například zkoumání potravy tykadly, obcházení potravy, uchopení potravy, přemístění potravy nebo naopak odstoupení od potravy apod.)
- c) Způsob (rychlost), jakým střevlík konzumuje potravu (zda střevlík začne potravu konzumovat hned, chvíli vyčkává nebo ji úplně odmítne)

Během pozorování s vaničkou nemanipulujeme a pozorovaného jedince se nedotýkáme.

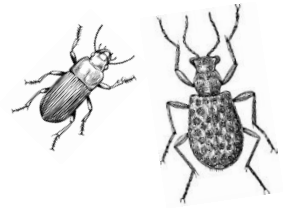
Získané údaje zapíšeme do připraveného záznamového archu. Stejný postup opakujeme u všech ostatních jedinců. Doporučeno je přibližně 5 jedinců, aby bylo možné získané výsledky mezi sebou porovnat. Na závěr ze záznamového archu vyhodnotíme nejčastější způsob získávání potravy střevlíkovitými brouky.

Pokus můžeme opakovat s různými druhy potravy. Dále jej můžeme rozšířit o experiment zaměřený na preferenci potravy. V takovém případě bychom střevlíkům najednou nabídli různé druhy potravy a pozorovali jejich výběr. Kromě moučných červů, drobných žížal, nitěnek a slimáků můžeme střevlíkovi nabídnout kousek syrového masa, ovoce nebo ovesné vločky.



# JEDL JSEM, LOVIL JSEM, PŘEŽIL JSEM

## Záznamový arch



### 1. ZÁZNAM POZOROVÁNÍ

Druh potravy: .....

Každého střevlíka sledujte 5 minut a zaznamenejte jeho chování:

Číslo jedince	Přibližování k potravě (hned/chvilí čeká/ignoruje)	Chování při kontaktu s potravou (zkoumá/uchopuje/ignoruje/jiné)	Konzumace potravy (hned/chvilí čeká/odmítá)
1			
2			
3			
4			
5			

### 2. VYHODNOCENÍ

Střevlíci se k potravě většinou přiblížili (vyberte):

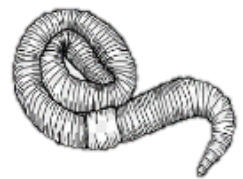
- Hned
- Po nějaké chvíli
- Ignorovali ji

Při kontaktu s potravou střevlíci nejčastěji (vyberte nebo doplňte):

- Zkoumali potravu tykadly
- Potravu uchopili
- Potravu ignorovali
- Jiné.....

Konzumace potravy proběhla nejčastěji (vyberte):

- Hned
- Po nějaké chvíli
- Potrava byla často odmítnuta



### 3. ZÁVĚR

Popište, jak podle vašeho pozorování střevlíci nejčastěji získávají potravu.

Jsou spíše „rychlíci“ nebo si s příjmem potravy dávají na čas?

.....

.....

.....

### 4. OTÁZKY

- 1) Proč může střevlík potravu někdy ignorovat nebo odmítnout?
- 2) Jaké smysly může střevlík využívat při hledání potravy?
- 3) Jaké výhody může mít rychlá reakce na kořist pro predátora v přírodě?
- 4) Znáte nějaké další bezobratlé, kteří jsou predátoři?

### Praktické cvičení 3: Kudy ven, střevlíku?

Při hledání potravy, partnera nebo útěku před predátory se musí živočichové pohybovat v prostředí, které na ně klade různé překážky. Nepohybují se však náhodně. Střevlíkovití brouci se přirozeně pohybují v hrabance na povrchu půdy. Neustále se rozhodují, jakým směrem budou dál pokračovat, jak rychle se budou pohybovat, zda se vůbec vyplatí pohybovat, nebo je výhodnější zůstat na místě. Veškerý jejich pohyb je ovlivněn smysly a schopností orientace v prostředí, ve kterém žijí. Jak si střevlík poradí s neznámým prostředím bludiště? Najde cestu ven nebo se ztratí v jeho chodbách? Jak dlouho mu to bude trvat a jakou cestu zvolí?

Cílem praktického cvičení je posoudit schopnost orientace střevlíka při průchodu bludištěm a zjistit, jaký volí směr a jak dlouho mu trvá najít správnou cestu.

**Pomůcky:** Kostky stavebnice LEGO, schéma bludiště, živí střevlíci, entomologická pinzeta, víko od krabice od bot, štěteček, stopky nebo mobilní telefon (2x), záznamový arch a psací potřeby.

**Postup:** Pomocí zemních pastí s návnadou odchytneme na vhodném stanovišti dostatečný počet střevlíkovitých brouků stejného druhu pro experiment. Pro každou skupinu žáků je doporučeno použít přibližně 5 jedinců, záleží však na počtu opakování pozorování. Každého jedince z pasti vybíráme opatrně (nejlépe pomocí entomologické pinzety), aby nedošlo k jeho poranění. Do experimentu zařazujeme pouze nepoškozené a plně pohyblivé jedince.

V učebně si dle schématu (viz níže) sestavíme jednoduché bludiště z kostek stavebnice LEGO. Bludiště má jeden vstupní otvor, dva výstupní otvory a jednu křižovatku. Zde se střevlík rozhoduje, jakým směrem se bude dále pokračovat. Stěny bludiště musí být dostatečně vysoké, aby je střevlík nepřelezl a nemohl labyrint opustit. Ideální výška stěny je 3–4 kostky. Každá chodba by měla být dostatečně široká, aby se jí i větší střevlík mohl bez problému pohybovat. Takto připravené bludiště postavíme do víka od krabice od bot, které zabrání případnému úniku střevlíka.

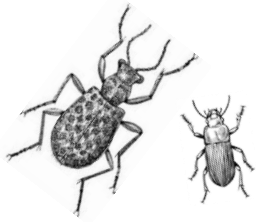
Střevlíka pomocí entomologické pinzety umístíme na začátek bludiště tak, aby jeho hlava směřovala do první chodby. Jemným dotykem štětečku polechtáme střevlíka na zadní straně těla (tím ho pobídeme v pohybu vpřed). V okamžiku, kdy se střevlík pohne směrem vpřed, spustíme stopky a sledujeme jeho chování uvnitř bludiště. Jakmile se

jedinec dostane na rozcestí, pozorujeme, zda před zvolením směru zastaví nebo odbočí bez zastavení. V případě zastavení okamžitě pomocí druhých stopek měříme dobu, po kterou se rozhoduje. Následně zapíšeme směr odbočení (vpravo=P, vlevo=L). Jakmile jedinec najde cestu ven a opustí bludiště, stopky zastavíme. Do záznamového archu zapíšeme celkový čas, který střevlík potřeboval k nalezení východu. V případě, že střevlík cestu ven nenajde, tuto skutečnost rovněž zapíšeme. Během pozorování se střevlíka nedotýkáme a nijak ho nepobízíme.

Získané údaje zapíšeme do připraveného záznamového archu. Stejný postup opakujeme u všech ostatních jedinců. Doporučeno je použít přibližně 5 jedinců, aby bylo možné získané výsledky mezi sebou porovnat. Na závěr ze záznamového archu vyhodnotíme schopnost orientace střevlíků v neznámém prostředí.

Schéma bludiště:





# KUDY VEN, STŘEVLÍKU?

## Záznamový arch



### 1. ZÁZNAM POZOROVÁNÍ

Sledujte chování střevlíka při průchodu bludištěm a zaznačte jeho chování:

Číslo jedince	Zastavení na rozcestí (ANO/NE)	Směr odbočení (L=vlevo/P=vpravo)	Našel cestu ven? (ANO/NE)	Doba průchodu bludištěm (s)
1				
2				
3				
4				
5				

### 2. VYHODNOCENÍ

Kolik střevlíků našlo cestu ven z bludiště? .....

Jaká byla nejkratší doba průchodu bludištěm? .....

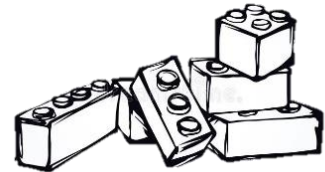
Jaká byla nejdelší doba průchodu bludištěm? .....

Kolik střevlíků se na rozcestí zastavilo a rozhodovalo? .....

Kolik střevlíků zvolilo směr

vlevo: .....

vpravo: .....



### 3. ZÁVĚR

Krátce popište, co pozorování prozradilo o orientaci střevlíků v neznámém prostředí:

.....

.....

.....

### 4. OTÁZKY

- 1) Jaké smysly mohou střevlíci používat při orientaci v prostředí?
- 2) Proč může být pro střevlíka výhodné zastavit, než se rozhodne pokračovat dál?
- 3) Myslíte si, že by střevlík našel cestu rychleji v prostředí, které dobře zná?
- 4) Proč je pro živočichy důležité umět se orientovat v prostředí?

## Praktické cvičení 4: Mrtvý? Ani náhodou!

Setkání s predátory je pro nespočet živočichů běžnou součástí života. Někteří se v takové situaci snaží utéct nebo se schovat. Jiní využívají maskování či páchnoucí látky, které predátora odradí. Střevlíky ohrožují různí predátoři, kteří loví na povrchu půdy v hrabance. Mezi takové patří například pavouci, jiní draví brouci, ale i ptáci či drobní savci. Aby byli schopni střevlíka vystopovat, často potřebují zaznamenat jeho aktivitu. Právě u drobných bezobratlých, jako jsou střevlíci, je jedním z obranných mechanismů znehybnění, tedy stav „hraní na mrtvého“. Když se střevlík ocitne v nebezpečí, omezí jakýkoli svůj pohyb. Tím snižuje pravděpodobnost, že bude odhalen a stane se pochoutkou predátora. Ten si ho často nevšimne a střevlík má tak šanci uniknout. Tento způsob obrany se nazývá thanatóza a patří mezi mechanismy, které pomáhají nejen střevlíkům v přírodě přežít.

Cílem tohoto praktického cvičení je zjistit délku obranné reakce u střevlíků, vyhodnotit, které mechanické podněty ji spouštějí, a následně porovnat rozdíly mezi jednotlivými jedinci.

**Pomůcky:** Plastové potravinové vaničky (například typu používaného pro balení masa), živí střevlíci, filtrační papír, voda, fix, štěteček, pinzeta, stopky nebo mobilní telefon, záznamový arch a psací potřeby.

**Postup:** Pomocí zemních pastí s návnadou odchytíme na vhodném stanovišti dostatečný počet střevlíkovitých brouků pro experiment. Pro každou skupinu žáků je doporučeno použít přibližně 5 jedinců, záleží však na počtu opakování pozorování. Každého jedince z pasti vybíráme opatrně (nejlépe pomocí entomologické pinzety), aby nedošlo k jeho poranění. Do experimentu zařazujeme pouze nepoškozené a plně pohyblivé jedince.

V učebně si připravíme plastové vaničky, které budou sloužit jako prostor k pozorování. Dno každé vaničky vysteleme tenkou vrstvou navlhčeného filtračního papíru, který zabrání klouzání po povrchu a zajistí jednodušší pohyb jedince. Do takto sestavených vaniček umístíme jednoho střevlíka. Každou vaničku označíme číslem, aby nedošlo k jejich záměně. Před zahájením pozorování necháme každého střevlíka zhruba jednu minutu v klidu kvůli adaptaci na nové podmínky prostředí. Během této doby s vaničkou nemanipulujeme. Rušení střevlíka by mohlo ovlivnit výsledky pozorování.

Po uplynutí adaptační doby se pokusíme u střevlíka vyvolat thanatózu. Docílíme toho nejlépe kontaktem, který napodobuje napadení predátorem. Jedince můžeme podráždit jemným dotykem, například pomocí štětečku, pinzety nebo prstu. Doteky lze provést na různých částech těla. Vhodnými místy jsou končetiny, tykadla nebo krovky. Obranou reakci je možné vyvolat také jemným uchopením jedince pinzetou po stranách těla, jeho převrácením na hřbet či bok, lehkým přitisknutím k podkladu nebo pádem z malé výšky na podložku. Při snaze o vyvolání thanatózy musíme dbát na velmi opatrnou manipulaci s jedinci, aby nedošlo k jejich poškození.

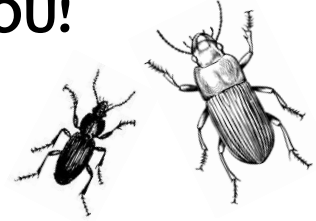
U každého jedince vyvoláváme thanatózu pouze jedním podnětem. Okamžitě po podráždění sledujeme reakci jedince a zaznamenáváme jeho chování. Jakmile střevlík strne v klidné a nehybné poloze, spustíme stopky a měříme dobu trvání thanatózy. Stopky zastavíme ve chvíli, kdy jedinec znovu obnoví svou aktivitu. Do záznamového archu zapíšeme naměřený čas stavu nehybnosti. V případě, že thanatózu u střevlíka nespustíme, pokus zopakujeme. Pokud ani podruhé strnulost nevyvoláme, tuto skutečnost také zapíšeme. Během pozorování s vaničkou nemanipulujeme a jedince se nedotýká jinak než při vyvolání obranné reakce.

Získané údaje zapíšeme do připraveného záznamového archu. Stejný postup opakujeme u všech ostatních jedinců. U každého jedince vyvoláváme thanatózu jiným podnětem. Doporučeno je použít přibližně 5 jedinců, aby bylo možné získané výsledky mezi sebou porovnat. Na závěr ze záznamového archu vyhodnotíme, který podnět vyvolal u střevlíků nejdelší stav nehybnosti.



# MRTVÝ? ANI NÁHODOU!

## Záznamový arch



### 1. ZÁZNAM POZOROVÁNÍ

Pomocí vybraných podnětů vyvolejte u střevlíka obrannou reakci a zaznamenejte její trvání:

- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> jemný dotyk končetin (štětečkem, pinzetou, prstem) | <input type="checkbox"/> převrácení na hřbet              |
| <input type="checkbox"/> jemný dotyk tykadel (štětečkem, pinzetou, prstem)  | <input type="checkbox"/> převrácení na bok                |
| <input type="checkbox"/> jemný dotyk krovek (štětečkem, pinzetou, prstem)   | <input type="checkbox"/> lehké přitisknutí těla k pokladu |
| <input type="checkbox"/> uchopení pinzetou po stranách těla                 | <input type="checkbox"/> pád z malé výšky na podložku     |

Číslo jedince	Použitý podnět	Stav nehybnosti (ANO/NE)	Doba nehybnosti (s)
1			
2			
3			
4			
5			

Jak se střevlíci chovali po skončení thanatózy?.....

.....

### 2. VYHODNOCENÍ

U kolika střevlíků se podařilo vyvolat thanatózu? .....

Jak dlouho trvala nejdelší obranná reakce? .....

Který podnět tuto obrannou reakci vyvolal? .....

### 3. ZÁVĚR

Krátce popište, který z vybraných podnětů byl neúčinnější a proč:

.....

.....

.....

### 4. OTÁZKY

- 1) Proč může být pro střevlíka výhodné hrát mrtvého?
- 2) Proč je důležité, aby střevlík po skončení thanatózy rychle obnovil pohyb?
- 3) Jak by mohl predátor reagovat, pokud by se s touto obranou setkával často?
- 4) Znáte i jiné způsoby obrany, které živočichové používají proti predátorům?