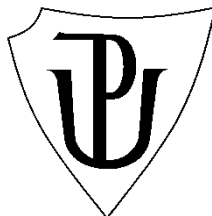


Univerzita Palackého v Olomouci
Přírodovědecká fakulta
Katedra ekologie a životního prostředí



Trapabilita epigeonu

– chování modelových druhů u zemních pastí

Pavel Fryčka

Bakalářská práce

předložená

na Katedře ekologie a životního prostředí

Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci

jako součást požadavků

na získání titulu Bc. v oboru

Ochrana a tvorba životního prostředí

Vedoucí práce: RNDr. & Mgr. Ivan H. Tuf, Ph.D.

Olomouc 2012

Fryčka, P.: Trapabilita epigeonu – chování modelových druhů u zemních pastí.

Bakalářská práce, Katedra ekologie a životního prostředí, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci.

Abstrakt

Zemní pasti se krátce po svém uvedení mezi vědce staly oblíbenou metodou ke sběru nejrůznějších druhů epigeických živočichů. Tato práce se zabývá dlouho opomíjeným faktorem, ovlivňujícím velikost úlovků a tedy i reprezentativnost výsledků pomocí zemních pastí získaných – schopnost chytaných živočichů pasti rozpoznat a vyhnout se jim, či se z nich zachránit. Zaměřuje se na rozdíly v aktivitě a chování vybraných šesti druhů bezobratlých (*Abax parallelus*, *Armadillidium vulgare*, *Cylindroiulus caeruleocinctus*, *Glomeris tetrasticha*, *Lithobius forficatus* a *Porcellio scaber*) v okolí pasti a vlivu roztoku formaldehydu, použitého v pasti jako konzervačního média, na toto chování. K zjištění rozdílů v chování a aktivitě bylo použito pokusu, ve kterém bylo chování živočichů nahráváno kamerou. Získané výsledky ukazují na značné mezidruhové rozdíly v aktivitě a schopnost všech zkoumaných druhů vyhnout se lapení do zemních pastí. Dále byly zjištěny účinku formaldehydu jako repelentu pro oba testované druhy mnohonožek a jeden ze dvou testovaných druhů stejnonožců (*P. scaber*) a jako atraktantu pro stěvlíka *A. parallelus*. V případě stonožky *L. forficatus* a stejnonožce *A. vulgare* nebyl zjištěn statisticky významný vliv formaldehydu na jejich chování.

Klíčová slova: aktivita, Carabidae, Isopoda, Diplopoda, Chilopoda

Fryčka, P.: Trapability of epigeon - behaviour of model species in proximity of pitfall traps. Bachelor's Thesis, Department of Ecology and Environmental Sciences, Faculty of Science, Palacky University of Olomouc.

Abstract

Pitfall traps became a popular method of catching epigeic animals of all different kinds soon after their introduction to scientific society. This thesis is focusing on a long-time neglected factor, influencing the size of catch and thus reliability of results obtained through this method – the ability of the collected animals to recognize, avoid or self-rescue themselves from the traps. It is focusing on difference in activity and behaviour of six chosen species of invertebrae (*Abax parallelus*, *Armadillidium vulgare*, *Cylindroiulus caeruleocinctus*, *Glomeris tetrasticha*, *Lithobius forficatus* and *Porcellio scaber*) in proximity of a trap and the effect of formaldehyde solution, used in the trap as a preservative liquid, on this behaviour. In order to find out about these differences, we conducted an experiment in which the behaviour and activity of the animals were videotaped. The results obtained point on a major difference in activity of the species and ability to avoid being caught into the pitfall traps. Furthermore, it was found out that the formaldehyde works as a repellent for both of the two tested species of millipedes and one of the two species of isopods (*P. scaber*) and as an attractant for carabid beetle *A. parallelus*. There were found no statistically significant effects of formaldehyde solution on the behaviour of centipede *L. forficatus* and isopod *A. vulgare*.

Key words: activity, Carabidae, Isopoda, Diplopoda, Chilopoda

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením RNDr. & Mgr. Ivana H. Tufa, Ph.D., a jen s použitím citovaných literárních pramenů.

V Olomouci 7. 5. 2012

.....
podpis

Obsah

Seznam tabulek	vii
Seznam obrázků	viii
Poděkování.....	ix
Úvod.....	1
Zemní pasti.....	2
Historie metody.....	2
Konstrukce zemních pastí	2
Výhody a nevýhody zemních pastí	5
Biologie modelových skupin epigeonu.....	7
Suchozemští stejnonožci (Oniscidea)	7
Střevlíci (Carabidae)	8
Mnohonožky (Diplopoda).....	8
Stonožky (Chilopoda)	9
Cíle práce	10
Metodika	11
Živočichové a jejich sběr	11
Past a nahrávací aparatura.....	11
Provedení pokusu.....	13
Zpracování dat	13
Výsledky	16
Aktivita živočichů.....	16
Chování zvířat v blízkosti pasti a účinky formaldehydu jako konzervační tekutiny	19
Diskuze	28
Aktivita živočichů.....	28
Chování zvířat v blízkosti pasti.....	30
Účinky formaldehydu jako konzervační tekutiny	31
Závěr	33
Literatura.....	34

Seznam tabulek

Tabulka 1: Průměrné počty živočichů, vykazujících dané chování.....	21
Tabulka 2: Podíly jednotlivých kategorií na chování druhu (past s vodou).....	21
Tabulka 3: Podíly jednotlivých kategorií na chování druhu (past s formaldehydem)	22
Tabulka 4: Získané hodnoty Rate of Self-Rescue.....	23
Tabulka 5: Výsledky testu dobré shody pro kategorie chování u pasti s vodou a u pasti s formaldehydem.....	27

Seznam obrázků

Obr. 1: Pohled na nádobu s pastí seshora.....	12
Obr. 2: Pohled na nádobu s pastí z boku.....	12
Obr. 3: Změny v aktivitě <i>A. vulgare</i> v průběhu pozorování	17
Obr. 4: Změny v aktivitě <i>C. caeruleocinctus</i> v průběhu pozorování	17
Obr. 5: Změny v aktivitě <i>G. tetrasticha</i> v průběhu pozorování	18
Obr. 6: Změny v aktivitě <i>L. forficatus</i> v průběhu pozorování	18
Obr. 7: Změny v aktivitě <i>P. scaber</i> v průběhu pozorování.....	19
Obr. 8: Srovnání chování druhů u pastí s vodou.....	22
Obr. 9: Srovnání chování druhů u pastí s formaldehydem.....	23
Obr. 10: Srovnání chování <i>A. parallelus</i> u pastí s vodou a u pastí s formaldehydem	24
Obr. 11: Srovnání chování <i>A. vulgare</i> u pastí s vodou a u pastí s formaldehydem	24
Obr. 12: Srovnání chování <i>C. caeruleocinctus</i> u pastí s vodou a u pastí s formaldehydem	25
Obr. 13: Srovnání chování <i>G. tetrasticha</i> u pastí s vodou a u pastí s formaldehydem	25
Obr. 14: Srovnání chování <i>L. forficatus</i> u pastí s vodou a u pastí s formaldehydem.....	26
Obr. 15: Srovnání chování <i>P. scaber</i> u pastí s vodou a u pastí s formaldehydem	26

Poděkování

Na prvním místě bych chtěl poděkovat za trpělivost, podporu, pomoc při determinaci druhů a celkově skvělý přístup vedoucímu mé práce RNDr. & Mgr. Ivanu H. Tufovi, Ph.D. Dále pak Mgr. Filipu Trnkovi za pomoc při determinaci střevlíků, Bc. Ondřeji Macháčovi za pomoc při sběru zvířat a v neposlední řadě za podporu a trpělivost mé rodině a blízkým.

Úvod

Zemní pasti jsou v současné době nejoblíbenější a nejrozšířenější metodou sběru epigeických živočichů (viz např. Hora 2010). Od doby svého prvního použití se ovšem nevyhnuly mnohé kritice a nalezení nejrůznějších nedostatků. Mnoho z těchto problémů bylo podrobněji zkoumáno (viz Adis 1979). Prozatím ale bylo věnováno vcelku málo pozornosti chování zvířat samotných a jejich schopnosti pasti rozpoznat a vyhnout se lapení, ačkoli je zřejmé, že se jedná o zásadní faktor ovlivňující výsledky získané pomocí této metody (Andrey *et al.* 2009, Gerlach *et al.* 2009a, Gerlach *et al.* 2009b). Má práce se zabývá chováním modelových druhů epigeických bezobratlých živočichů v okolí pasti, a vlivem tohoto chování na jejich polapitelnost (*trapabilitu*).

Zemní pasti

Historie metody

Zemní pasti byly zmíněny ve vědeckých člancích v letech 1914 F. Dahlem (Petruška 1969), 1927 M. Hertzem a 1931 H. S. Barberem (Spence a Niemela 1994). Barber je tehdy uvedl jako nový způsob odchyty střevlíků žijících ve špatně přístupných jeskyních a zmiňuje jejich značné výhody, na něž poukazují i pozdější autoři: především úsporu času a námahy a velký počet a široké druhové spektrum úlovků. Dle Skuhravého (1957) ovšem nedošlo k většímu rozšíření metody dříve, než po druhé světové válce, protože Barberův článek byl vydán v poměrně těžko dostupném časopise. O toto rozšíření se zasloužil později Stammer (1948), který na základě použití zemních pastí ke studiu pavouků píše o přednostech pastí: „Dosavadní metody podléhají značným subjektivním chybám, získáme jimi namátkové výsledky, nebo kladou značné nároky na čas. Zemní pasti lze užít s nepatrnými časovými nároky, pracují mechanicky a nepodléhají subjektivním chybám sběratele. Protože mohou být otevřeny po celý rok, dávají dobrý obraz o zastoupení druhů a hustotě jedinců, o vývoji, o dospívání a době kopulace, o konkurenci mezi druhy a o populační dynamice“ (Stammer 1948 in Skuhravý 1957).

Po vydání Stammerova článku začaly být zemní pasti hromadně využívány ke studiu pavouků a střevlíkovitých (Skuhravý 1957). U nás byly zemní pasti poprvé použity v r. 1953 právě Skuhravým a Novákem, taktéž ke studiu střevlíkovitých.

Dnes jsou zemní pasti jednou z nejpoužívanějších metod pro sběr epigeonu (Adis 1979, Gerlach *et al.* 2009b, Hora 2010 a další). Vyjma epigeicky žijících pavouků a střevlíkovitých, k jejichž chytání byly původně určeny, se používají také ke sběru stonožek, mnohonožek a řady dalších členovců.

Konstrukce zemních pastí

Pasti použité Barberem měly podobu sklenic s uvnitř upevněnou menší nádobou s návadou. V jeskyních, kde byly použity, byly chráněny před pádem materiálu a nechtěných zvířat do pasti kovovým pletivem a plochými kameny. Barber zároveň

experimentoval s vlastnostmi různých konzervačních tekutin. Od jeho průkopnických pokusů se spolu s rozšířením metody samozřejmě objevilo nespočet různých úprav.

Základní podobou všech zemních pastí je nádoba zapuštěná do země. Její tvar, rozměry i materiál, ze kterého je vyrobena, se mohou lišit. Luff (1975) píše o třech nejpoužívanějších druzích materiálu: skle, plastu a kovu. Zároveň zmiňuje, že nejrozšířenější jsou pasti kruhového půdorysu, ale někteří vědci používali i pasti čtvercové nebo obdélníkové. Průměry či délka stran pastí, použitých v různých studiích, se pohybují od několika centimetrů až po téměř dva metry (ibid.).

Vyjma rozdílných tvarů, rozměrů a materiálů se zemní pasti dočkaly nejrůznějších úprav a vylepšení za účelem zvýšení jejich efektivity nebo usnadnění výběru už lapených zvířat. Mezi ně patří například složení pasti ze dvou do sebe vložených nádob, přidání trychtýře, návnady, konzervační tekutiny, sítko k oddělení chycených živočichů, stříšky nad pastí, „naváděcích“ bariér a mnoho dalších.

Sestavení ze dvou nádob, kdy větší je zapuštěna do země a druhá, menší, vložená do jejího hrdla, plní vlastní funkci pasti, velmi usnadňuje vybírání chycených živočichů. Na rozdíl od designu s jednou nádobou při něm není potřeba vytahovat celou past ze země a stačí vytáhnout menší nádobu. Předchází se tak opakovanému rozrušování terénu v okolí pasti, které může způsobit, že se pasti budou živočichové vyhýbat (Adis 1979). Složení pasti ze dvou nádob také umožňuje snazší odvedení vody (Spence a Niemela 1994).

Trychtýře jsou úpravou, která by měla zabránit zachycení se zvířat o ostrou hranu a následné záchraně před pádem do pasti, stejně jako jejich opětovnému úniku z pasti po lapení (Knapp 2007). Bylo vypracováno několik studií, zkoumajících, zda trychtýře opravdu zvyšují počet chycených bezobratlých. Například Obrist a Duelli (1996) uvádějí, že trychtýře nemají vliv na počet chycených živočichů z čeledí plachetnatkovitých (Linyphiidae) a mravencovitých (Formicidae), ale zvyšují úlovky střevlíkovitých (Carabidae), slíďákovitých (Lycosidae) a drabčíkovitých (Staphylinidae). Luff (1996) došel k závěru, že trychtýře zvyšují počet chycených střevlíkovitých.

Návnady byly použity už v Barberově designu pastí. Slouží především k nalákání masožravých druhů (nejčastěji střevlíkovitých) a mají tedy podobu masa, položeného buďto volně na dno pastí nebo do oddělené nádobky. Za zmínku stojí

možnost, že jako návnada může pro některé druhy vyhledávající vlhké prostředí (např. mnohonožky, stejnonožce a stonožky) působit i voda a její směsi užitá v pasti jako konzervační médium. Zajímavá je také studie, která dokázala, že dokonce i barva zemních pastí může být pro některé druhy „návnadou.“ Nejvíce střevlíků a pavouků se dle ní chytilo do bílých pastí (Buchholtz *et al.* 2010).

Konzervační tekutina slouží především k usmrcení a zachování polapených jedinců v co nejlepším stavu. Zároveň znemožňuje únik už jednou lapených živočichů (Pekar 2002) a zabraňuje predaci uvnitř pasti (Luff 1968 in Knapp 2007). Past s vhodným konzervačním činidlem tak vyžaduje méně časté kontroly (Knapp 2007). Problematiku vhodné konzervační tekutiny řešil Barber (1931), který experimentoval např. s ethylenglykolem, Zenkerovým roztokem (směs chloridu rtuťnatého, dichromanu draselného, síranu sodného, kys. octové, formaldehydu a vody) a dalšími. V průběhu let bylo různými vědci zkoumáno a testováno mnoho tekutin. Dnes lze najít v pastech vodu, vodu s kuchyňskou solí, ethanol, ethylenglykol, propylenglykol, vodný roztok formaldehydu, parafin, ocet a další (Knapp 2007). Nejpoužívanějším je v současné době formaldehyd (Knapp 2007), i když se od něj kvůli zdravotním rizikům (karcinogenita) postupně upouští (van der Berghe 1992 in Schmidt *et al.* 2006). Do vlastního konzervačního činidla je často přidáván i detergent k snížení povrchového napětí tekutiny, které jinak udržuje drobné bezobratlé na hladině (Knapp 2007).

Ačkoli bylo nalezeno mnoho konzervačních tekutin vhodných k uchování lapených zvířat, byl také objeven další problém s nimi spojený: některé chemikálie mohou zvířata přitahovat či odpuzovat, a tak ovlivňovat získané výsledky (Adis 1979). Gerlach *et al.* (2009b) shrnují nejrůznější výsledky svých předchůdců v pozorování vlivu konzervačních tekutin na chování zvířat a upozorňují na jejich často protichůdné závěry. Za problém považují provedení těchto výzkumů v terénu, kde je chování zvířat ovlivněno mnoha faktory, které lze jen těžko vyhodnotit či rozpoznat, a ne pouze druhem konzervační tekutiny.

Proto provedli Gerlach *et al.* v r. 2009 pokus s živočichy v laboratorních podmínkách. Sledováno bylo chování živočichů ze skupin: mnohonožky (Diplopoda), stonožky (Chilopoda) a střevlíkovití (Carabidae). Získány byly následující výsledky: voda a ethylenglykol neměly na atraktivitu pasti vliv, formaldehyd fungoval jako repelent pro mnohonožky. Směs octa, ethanolu a vody (v poměru 1:10:9) nevykazovala žádný vliv na střevlíkovité, ale na mnohonožky měla silný odpuzující účinek.

Sítka upevněné v nebo přes hrdlo pasti slouží buďto k oddělení zvířat dle velikosti (a tedy i zamezení predace uvnitř pasti) při sběru živých jedinců, nebo k zamezení pádu materiálu a nechtěných živočichů z okolí. Je možné jej vyrobit z nejrůznějších materiálů. Používal jej opět už i Barber (1931).

Stříšky jsou dle Knappa (2007) spolu s konzervační tekutinou velmi rozšířenou úpravou pastí. Slouží k ochraně před zasypáním pasti materiálem z okolí (listí, větvičky) a tím i únikem chycených zvířat, nebo přílišným výparem (Knapp 2007). Stříška ale také může mít vliv na chování živočichů. Zastíněním, nebo naopak zesílením slunečního záření (pokud je stříška vyrobena z průhledného materiálu) může měnit mikroklima v okolí pasti a některé druhy lákat (ibid.). Vliv stříšek na úlovky střevlíků zkoumal Spence a Niemela (1994). Jejich výsledky ukazují na větší počet chycených zvířat v pastech bez stříšky. Phillips a Cobb (2005) provedl srovnání vlivu průhledných, poloprůhledných a neprůhledných stříšek na střevlíkovité, ale nezjistil mezi nimi průkazné rozdíly.

Bariéry k navedení živočichů k pasti jsou vcelku oblíbenou úpravou. Hansen a New (2005) prokázali vyšší počet lapených brouků v pastech opatřenými bariérami s tím, že čím delší bariéry byly, tím více živočichů bylo lapeno.

Výhody a nevýhody zemních pastí

Jak již bylo zmíněno, zemní pasti začaly být používány především kvůli úspoře času a námahy spolu s možností získání více reprezentativního vzorku živočichů na rozdíl od ručního sběru. Jak píše ve své diplomové práci Knapp (2007): „Zemní pasti oproti individuálnímu sběru přesunuly aktivitu potřebnou k nasbírání vzorku hmyzu ze strany sběratele na stranu kořisti. (...) To odstranilo nedostatky sběratele: rozdílnou schopnost odhalit různě zbarvené, velké nebo hlučné jedince, rozdílnou schopnost vidění při různých hladinách osvětlení, vliv momentální kondice sběratele.“ Oblíbenými se staly také díky nízké ceně a snadné instalaci (uvádí např. Topping a Sunderland 1992, Pekar 2002). I přesto byla zjištěna řada nedostatků této metody.

První skupina problémů se váže k pastem samotným. Existuje nespočet jejich úprav a každá z nich má za důsledek jinou účinnost. Mnoho autorů se zabývalo otázkou nejlepšího designu zemních pastí, např. Luff (1975) provedl srovnání vlivu tvaru, velikostí a materiálu na jejich efektivitu. Nejvýraznější výsledky získal u vlivu materiálu: pasti ze skla zabraňovaly už jednou lapeným zvířatům znovu utéct, zatímco

z plastových unikla 4 % a z kovových 10 % zvířat. Kovové pasti navíc v terénu rezivěly a umožňovaly tak živočichům lehčí únik. Dále také došel k závěru, že pasti kruhového půdorysu jsou pro obecnou potřebu nejpraktičtější, protože počet nachytaných zvířat nezáleží na jejich prostorové orientaci v terénu. Na druhou stranu pasti čtvercového či obdélníkového půdorysu mohou nachytat větší vzorek, pokud je znám směr pohybu zvířat.

Adis (1979) se zmiňuje o tom, že větší past má všeobecně za výsledek i větší počet chycených bezobratlých, ale některé druhy pavouků a solifug dokáží zrakem velké pasti rozpoznat a vyhnout se jim. Často zkoumány jsou také účinky různých konzervačních činidel (např. Adis 1979, Pekar 2002, Koivula *et al.* 2003, Gerlach *et al.* 2009b a další) – viz výše.

I přes připomínky některých vědců neexistuje žádná univerzální podoba pasti a data získaná v jednotlivých pokusech lze jen s obtížemi porovnávat (Adis, 1979). Knapp (2007) ale zároveň zmiňuje, že výběr z mnoha různých úprav umožňuje použití nejvhodnějšího druhu zemních pastí podle zaměření výzkumu.

Vyjma rozdílů ve stavbě pastí uvádí Adis (1979) ve svém seznamu 19 faktorů ovlivňujících efektivitu pastí např. klimatické podmínky, vegetaci, nepravidelnost povrchu a další. Zároveň ale zmiňuje i vliv lapaných živočichů samotných. K závěru, že počet lapaných zvířat ovlivňuje například hustota populace, dospěl při studiu střevlíkovitých Greenslade (1964). Zmínky o vlivu samotného chování živočichů se objevují, i když často jen okrajově, v pracích mnoha vědců. Mezi ně patří např. zmínka o „rozdílné pohyblivosti příslušníků jednotlivých skupin“ (Tretzel 1955 in Petruška 1969). Petruška (1969) samotný zkoumal schopnost různých druhů z pasti uniknout.

Vlivem chování živočichů na výsledky, získané pomocí zemních pastí, se zatím mnoho studií nezabývalo (Gerlach *et al.* 2009b). Proto Gerlach *et al.* provedli v r. 2009 pokus s vybranými druhy živočichů. V něm zkoumali aktivitu, rychlost pohybu, chování v blízkosti zemních pastí a vliv použitého konzervačního média na živočichy. Tento pokus je metodologickým základem pro tuto práci.

Biologie modelových skupin epigeonu

K lepšímu pochopení chování živočichů v okolí pastí bych rád uvedl některé základní poznatky o biologii a ekologii zkoumaných skupin:

Suchozemští stejnonožci (Oniscidea)

Suchozemští stejnonožci jsou jedinou skupinou korýšů, která je přizpůsobena k trvalému životu na souši (Eisenbeis 2005). I přes řadu adaptací je jejich výskyt, až na některé extrémní výjimky (např. *Hemilepistus reaumuri*, žijící na poušti), vázán na prostředí s dostatečnou vlhkostí (Hornung 2011). Je to dáno tím, že suchozemští stejnonožci jsou méně odolní k vyschnutí než hmyz (ibid.). Jako korýši mají velmi členité tělo s řadou končetin a přívěsků, což vede ke zvýšeným ztrátám vody výparem (Eisenbeis 2005). Navíc jejich kutikula není stavěna tak, aby těmto ztrátám zabránila (ibid.).

Oniscidea jsou aktivní především během večera a noci, přes den se ukrývají na vlhkých místech, např. pod kousky kůry, kameny nebo v půdě (Eisenbeis 2005, Hornung 2011). V těchto úkrytech se často shlukují ve velkých skupinách k ochraně před vyschnutím (Caubet *et al.* 2008). Živí se vlhkým, tlejícím rostlinným materiálem, některé druhy mohou být částečně či zcela koprofágní (Eisenbeis 2005).

Suchozemští stejnonožci mají složené oči, které slouží především k rozeznávání světla a tmy (Warburg 1993). Nejdůležitější roli pro jejich smysly má první a druhý pár tykadel, které nesou čichové, hmatové, chuťové a na vlhlost citlivé orgány. Druhý pár tykadel je delší a živočichové jej využívají k neustálému „ohmatávání“ a získávání informací o svém okolí (Eisenbeis 2005, Frankenberger 1959, Schmalfuss 1998). První pár tykadel je sice výrazně zkrácen, ale díky tomu je také méně zranitelný a v případě ztráty druhého páru jej může zastoupit (Schmalfuss 1998).

Zajímavostí u stínek je systém vodních kanálků na povrchu jejich těla (Hoese 1981 in Eisenbeis 2005). Ten slouží k zabránění vysychání kutikuly a dýchacích orgánů, k termoregulaci a odvodu odpadního čpavku z těla za minimálních ztrát vody (Eisenbeis 2005, Hornung 2011). Systém dvou hlavních kanálků začíná na hlavě u prvních maxill, vede podélně po břišní straně těla v blízkosti nohou a končí

u konečnicku. Tyto podélné kanálky jsou propojeny pomocí příčných kanálků vedoucími mezi šupinami kutikuly, které rozvádí vodu i na dorsální část těla (Eisenbeis 2005).

Střevlíci (Carabidae)

Většina střevlíkovitých jsou draví nelétaví brouci se srostlými krovkami a zakrnělými křídly. Přes den se ukrývají pod kameny, listím a dřevem, na lov vyráží večer a v noci (Pokorný 2002). Většina druhů upřednostňuje k aktivitě teploty okolo 15 nebo 20 °C (Must *et al.* 2006).

Střevlíci mají složené oči. Denní druhy hledají potravu především pomocí zraku (Morwinsky a Bauer 1997 in Giglio *et al.* 2010), ostatní využívají k nalezení potravy především čich a hmat (Giglio *et al.* 2010). Smyslové orgány čichu a hmatu jsou umístěny na tykadlech střevlíků spolu s mnoha dalšími sensorickými orgány (Merivee *et al.* 2008). Mezi ty patří termoreceptory (Merivee *et al.* 2003), orgány schopné rozpoznat pH půdy a obsah soli v prostředí (Merivee *et al.* 2005), chuť (Merivee *et al.* 2008) a vlhkost (Merivee *et al.* 2010). Giglio *et al.* (2010) také poukazují na to, že orgány sloužící čichu a hmatu střevlíkovitých spolu s dalšími chemoreceptory jsou umístěny také na labiálních a maxilárních palpách.

Mnohonožky (Diplopoda)

Stejně jako suchozemští stejnonožci jsou mnohonožky vlhkomilnými, býložravými druhy aktivními především za šera a během noci (Hopkin a Read 1992).

Nejdůležitějším z orgánů, sloužících u mnohonožek k vnímání okolí, jsou jejich tykadla. Ty nesou řadu mechano- a chemoreceptorů sloužících hmatu, čichu, smyslům rozpoznávajícím vlhkost, teplotu a dokonce i světlo a tmu (Cloudsley-Thompson 1951 in Hopkin a Read 1992). V případě odstranění nebo překrytí tykadel barvou upadnou mnohonožky do stavu apatie končícího smrtí (Cloudsley-Thompson 1951 in Hopkin a Read 1992).

Oči mnohonožek jsou složené. Počet oček záleží na tom, jakým způsobem života daný druh žije: některé mnohonožky jsou zcela slepé, zatímco jiné jich mohou mít až 90 (Hopkin a Read 1992). Celkově mají mnohonožky špatný zrak a informace o okolí získávají spíše pomocí orgánů umístěných na tykadlech (viz výše). Nedokáží rozlišit

objekty před ně postavené, pokud tyto neodráží dostatek světla nebo se nepohybují (Cloudsley-Thompson 1952). Jak slepé, tak i druhy s očima, dokáží pomocí receptorů na tykadlech rozeznat světlo a tmu (Fuhrmann 1921 in Cloudsley-Thompson 1952).

Mnohonožky mají párový Tömösváryho (nebo také post-antennální) orgán, jehož vstupy jsou viditelné jako oblé póry na stranách hlavy mezi očima a tykadly (Hopkin a Read 1992). Jeho funkce není dodnes přesně objasněna, některé studie o něm spekulovaly jako o orgánu sluchu, často se vědci kloní k tomu, že se jedná o čichový orgán (ibid.). Může sloužit k vnímání vlhkosti, je ovšem pravděpodobné, že slouží více smyslům zároveň (Lewis 1981).

Stonožky (Chilopoda)

Stonožky jsou dravými živočichy, aktivními především během večera a noci (Lewis 1981, Eisenbeis 2005). I přesto lze nalézt druhy, které jsou aktivní i za denního světla (Dondale *et al.* 1972, Tuf *et al.* 2006). Druhy aktivní v noci se během dne ukrývají na místech s vyšší vlhkostí, jako třeba ve spadaném listí, pod kameny, tlejícím dřevě apod. (Eisenbeis 2005).

Podobně jako u dříve zmíněných skupin nesou řadu smyslových orgánů stonožek jejich tykadla. Jedná se o hmatové chlupy, nejrůznější chemoreceptory a orgány schopné vnímat vlhkost (Lewis 1981). Dále mají také čichové a hmatové orgány na nohou a párový Tömösváryho orgán na hlavě (ibid.).

Oči stonožek jsou složené, počet jednotlivých oček se liší dle druhu a jeho způsobu života. Některé mohou být zcela slepé, zatímco např. oči *Lithobius forficatus* se skládají až ze 110 oček (Lewis 1981). Při orientaci v prostředí se stonožky spoléhají více než na zrak na informace získané „ohmatáním“ tykadly (Cloudsley-Thompson 1952). Všechny stonožky mají k lovu změněny čelistní nožky (maxillipedy), které jsou přeměněny v „kusadla“ s jedovými žlázami k paralyzování a usmrcení kořisti (Eisenbeis 2005).

Cíle práce

Tato práce si klade za cíl především porovnat rozdíly v chování vybraných druhů epigeických členovců v blízkosti pasti a možný vliv formaldehydu, použitého jako konzervačního činidla, na něj. Dále se zabývá zjištěním rozdílů v aktivitě těchto druhů. Ve výsledku by měla odpovědět na otázku, jak ovlivňuje chování zkoumaných druhů jejich polapitelnost do zemních pastí.

Metodika

Živočichové a jejich sběr

V pokusu byli použiti zástupci šesti druhů reprezentujících skupiny: střevlíkovití brouci (Hexapoda: Insecta: Coleoptera: Carabidae: *Abax parallelus*), stonožky (Myriapoda: Chilopoda: Lithobiomorpha: Lithobiidae: *Lithobius forficatus*), suchozemští stejnonožci (Crustacea: Malacostraca: Isopoda: Oniscidea: Armadillidiidae: *Armadillidium vulgare* a Porcellionidae: *Porcellio scaber*) a mnohonožky (Myriapoda: Diplopoda: Julida: Julidae: *Cylindroiulus caeruleocinctus* a Glomerida: Glomeridae: *Glomeris tetrasticha*). Všechna zvířata s výjimkou *Abax parallelus*, který byl nachytán pomocí zemních pastí s návnadou, byla nasbírána ručně. Sběr probíhal především v okolí Těškovic (*L. forficatus*, *P. scaber*, *A. vulgare*, *A. parallelus*), dále pak v Olomouci (*C. caeruleocinctus*) a Horka nad Moravou (*G. tetrasticha*). Před pokusem byla zvířata uchovávána v plastových nádobách s úkryty, potravou a udržovanou vlhkostí.

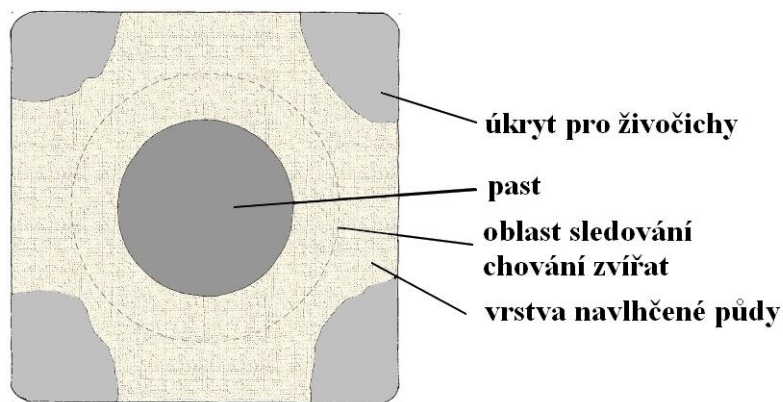
Zemní pasti, do kterých byli chytáni *A. parallelus*, byly složeny z plastového kelímku o průměru cca 7,7 cm vsazeného do hrdla skleněné zavařovací sklenice (objem 0,7 l), která byla zapuštěna do země. Na dno kelímku byla položena návnada z masa a nad pasti byly umístěny stříšky z úlomků dřeva nebo kamene.

Past a nahrávací aparatura

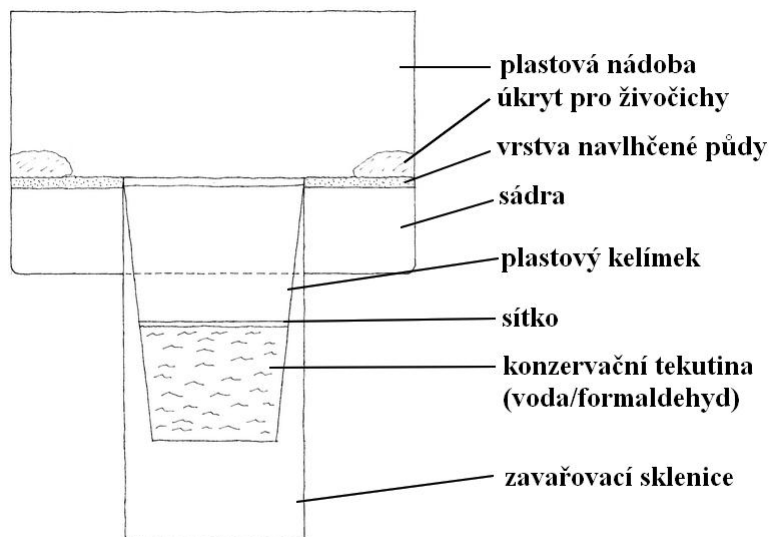
Ke sledování chování živočichů bylo použito podobného designu jako v pokusu Gerlach *et al.* (2009b). Doprostřed dna plastové nádoby o rozměrech 17×17×11cm byla vyřezána díra k zasazení zavařovací sklenice (výška 15 cm, šířka hrdla cca 7,7 cm, objem 0,7 l) tak, aby její hrdlo přesahovalo přibližně 4cm dovnitř nádoby. Tento rozdíl byl z většiny vyplněn sádrou k udržení vlhkosti, zbytek pak dosypán tenkou vrstvou zeminy. Část zavařovací sklenice pod nádobou byla zabalena do černé folie, aby se zamezilo prosvítání světla dovnitř pasti. Do každého ze čtyř rohů nádoby byly umístěny úkryty dle druhu sledovaných živočichů (kůra pro *A. parallelus*, *C. caeruleocinctus*, *G. tetrasticha*; kameny a úlomky cihel pro *A. vulgare*, *L. forficatus* a *P. scaber*) spolu s kousky tlejících bylin.

Do zavařovací sklenice byl vložen plastový kelímek o průměru hrdla cca 7,7 cm a výšce 11 cm. Přibližně 5 cm nade dnem kelímku bylo upevněno plastové sítko k zabránění pádu zvířat do konzervačního média, později dolitého těsně pod sítko. Celkem byly sestaveny dvě stejné pasti s rozdílem v použitém konzervačním médiu: v jedné byla použita voda a vznikla tak „čistá“, nejjednodušší forma mokré zemní pasti, v druhé 4% roztok formaldehydu, jakožto stále nejčastěji používaného konzervačního média (vzhled nádoby s pastí viz obr. 1 a 2).

K zaznamenání chování zvířat byla kolmo nad past upevněna webcamera Genius FaceCam 311, napojená na notebook.



Obr. 1: Pohled na nádobu s pastí seshora



Obr. 2: Pohled na nádobu s pastí z boku

Provedení pokusu

Pokus probíhal s přestávkami od 15. 6. do 19. 7. 2011. Obě konstrukce s pastmi byly umístěny do místnosti s oknem orientovaným na východ. Vnitřek nádob byl pravidelně vlhčen vodou pomocí rozprašovače a během pokusu byla zaznamenávána teplota v místnosti.

Do nádoby s pastí byla krátce před každým pozorováním umístěna skupina živočichů jednoho druhu. Počet jedinců ve skupině byl zvolen podle velikosti a způsobu života živočichů následovně:

A. parallelus, *L. forficatus* – skupiny po 5 jedincích

A. vulgare, *C. caeruleocinctus*, *G. tetrasticha*, *P. scaber* – skupiny po 10 jedincích

Po umístění živočichů do nádoby byla past po dobu asi 10 minut zakryta, aby se zabránilo okamžitému lapení zvířat.

Protože všechny zvolené druhy vykazují noční nebo večerní aktivitu (Eisenbeis 2005, Gerlach *et al.* 2009b, Lewis 1981, Hopkin a Read 1992 a další), probíhalo nahrávání od 5 hodin odpoledne do 2 hodin odpoledne následujícího dne, nebo dokud nebyli všichni živočichové chyceni. Protože kamery nedokázaly nahrávat za šera nebo za tmy, byla každá nádoba po celou dobu pokusu osvětlena 40W červenou žárovkou (červené světlo má na vybrané druhy živočichů nejméně rušivé účinky). Pro každý druh bylo pořízeno celkem 6 nahrávek, tři pro past s formaldehydem a tři pro past s vodou. Pro každou nahrávku byla použita nová skupina zvířat.

Po ukončení pokusu bylo několik jedinců každého druhu vzato a uchováno v lihu a zbytek zvířat byl vypuštěn zpět do přírody.

Zpracování dat

Ze získaných nahrávek byla jako první odečtena aktivita živočichů v průběhu pokusu. Jako „1 aktivita“ byl brán pohyb jedince kdekoliv v nádobě (vyjma živočichů lapených v pastí). Celková délka záznamu byla rozdělena do 2hodinových úseků, ke kterým byly přiřazeny počty aktivit. Pro každý druh byly vypočteny aritmetické průměry hodnot aktivit z daných časových úseků a sestrojeny grafy, znázorňující aktivitu druhu během pozorování. Hodnoty aktivit, získané během prvních dvou hodin pozorování (tj. 17:00

až 19:00), byly kvůli nápadně vysokému pohybu živočichů, spojeným s jejich umístěním do nového prostředí, vynechány. V případě *A. parallelus* nebyla aktivita vyhodnocena kvůli polapení téměř všech živočichů do pasti během krátké doby po začátku pozorování.

Chování živočichů bylo pozorováno v 2cm pásu okolo okraje pasti (viz obr. 1). Podobně jako v pokusu Gerlacha *et al.* (2009b) bylo klasifikováno do těchto šesti kategorií:

- I. průchod pozorovanou oblastí bez kontaktu s pastí a beze změny směru (dále uváděno jako kategorie P nebo „průchod“)
- II. průchod pozorovanou oblastí bez kontaktu s pastí, se změnou směru pohybu (dále uváděno jako kategorie V nebo „vyhnutí se“)
- III. změna směru pohybu po kontaktu s pastí (K nebo „kontakt“)
- IV. překročení okraje pasti částí těla a vycouvání ven (N nebo „nahlížení“)
- V. překročení okraje více jako polovinou těla a vycouvání ven (Z nebo „záchrana“)
- VI. chycení se do pasti (C nebo „chycení“)

Pro každou kategorii bylo zaznamenáno, kolikrát k danému chování u pozorované skupiny živočichů došlo. Ze tří opakování s danou konzervační tekutinou byly pro každý druh živočichů vypočteny průměrné hodnoty výše uvedených kategorií. K porovnání rozdílů v chování mezi druhy pak bylo využito procentuálních podílů kategorií na celkovém počtu zaznamenaných aktivit druhu v okolí pasti. Ke srovnání schopnosti druhů zachránit se před pádem do pasti bylo využito „Rate of Self-Rescue“ (dále uváděno jako RSR, Gerlach *et al.* 2009a), tj. procentuálního podílu počtu živočichů, kteří byli schopni vylézt z pasti po překročení okraje více jak polovinou těla ku počtu živočichů, kteří překročili okraj pasti více jak polovinou těla a kteří byli chyceni do pasti ($RSR = (Z \times 100)/(Z+C)$).

K znázornění odlišné reakce druhů na past a zároveň k zjištění vlivu konzervačního média jako atraktantu nebo repelentu byly použity následující kategorie:

- 1) celkový počet živočichů, vyskytujících se v blízkosti pasti (součet šesti výše uvedených kategorií, tj. P, V, K, N, Z a C)
- 2) počet živočichů, kteří přišli do kontaktu s pastí (součet kategorií K, N, Z a C)
- 3) počet živočichů, kteří vnikli za okraj pasti (součet N, Z a C)
- 4) počet lapených živočichů (odpovídá kategorii C)

Ke grafickému znázornění hodnot v kategoriích bylo užito spojnicových grafů. Statistická významnost rozdílů mezi těmito kategoriemi pro pasti s vodou a pro pasti s formaldehydem v rámci druhu byla zjišťována pomocí testu dobré shody ($\alpha = 5 \%$) v programu NCSS 2007.

Výsledky

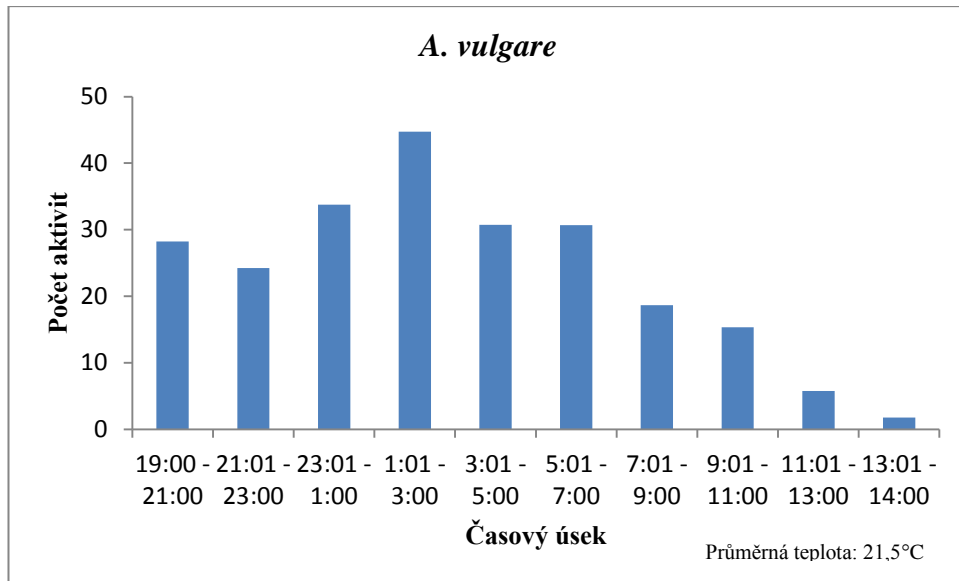
Aktivita živočichů

Pro správnou interpretaci získaných údajů o aktivitě je nutné jako první říci, že v době konání pokusu zapadalo slunce přibližně v 20:00 a vycházelo kolem 4:00. U všech sledovaných druhů byla pozorována nejvyšší aktivita po západu slunce.

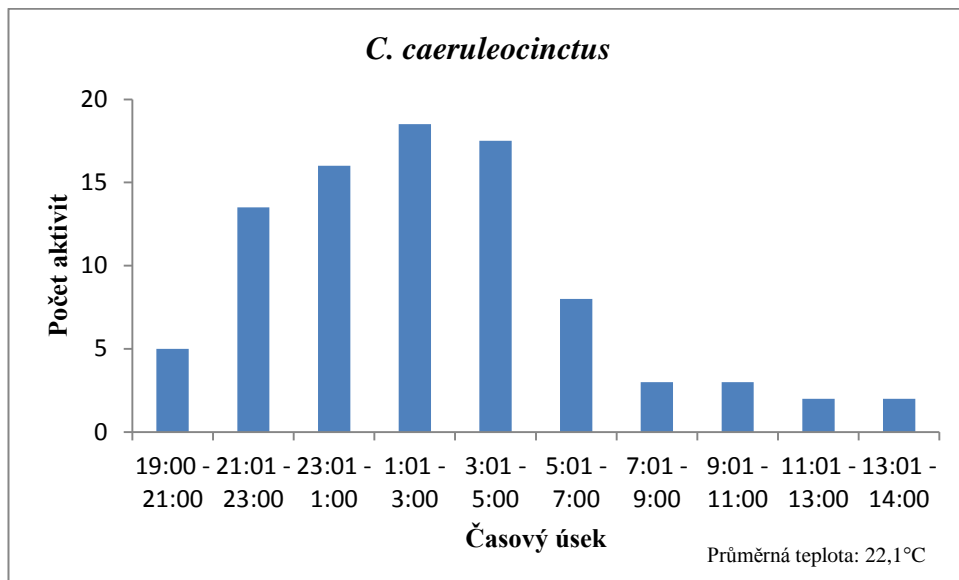
Suchozemští stejnonožci *A. vulgare* a *P. scaber* vykazovali nejvyšší aktivitu mezi 23:00 a 7:00 následujícího dne. V případě *A. vulgare* dosáhla aktivita maxima mezi 1. a 3. hodinou ráno a pak začala pozvolně klesat až do ukončení pokusu (obr. 3). U *P. scaber* byla nejvyšší aktivita zaznamenána mezi 3. a 5. hodinou ráno a po 7:00 prudce poklesla (obr. 7). Stínka *P. scaber* byla jednoznačně nejvíce aktivním druhem v pokusu (průměrně 638 aktivit za pozorování), svinka *A. vulgare* byla aktivní o poznání méně (průměrně téměř 244 aktivit za pozorování).

Mezi řády mnohonožek (Julida) a svinulí (Glomerida) z třídy mnohonožek (Diplopoda) byl pozorován v časech aktivit značný rozdíl. Zatímco mnohonožka *C. caeruleocinctus* vykazovala ostré navýšení aktivity po západu a podobně výrazný pokles po východu slunce (obr. 4), svinule *G. tetrasticha* byla přibližně stejně aktivní od začátku pozorování až téměř po jeho ukončení (obr. 5). Oba druhy vykazovaly maximum aktivity v úseku mezi první a třetí hodinou ráno. U *G. tetrasticha* bylo zaznamenáno ještě druhé, poměrně nevýrazné maximum mezi 7:00 a 9:00. Diplopoda vykazovala ze všech živočichů nejnižší aktivitu (*C. caeruleocinctus* průměrně 88,5 a *G. tetrasticha* průměrně 102,75 aktivit za pozorování).

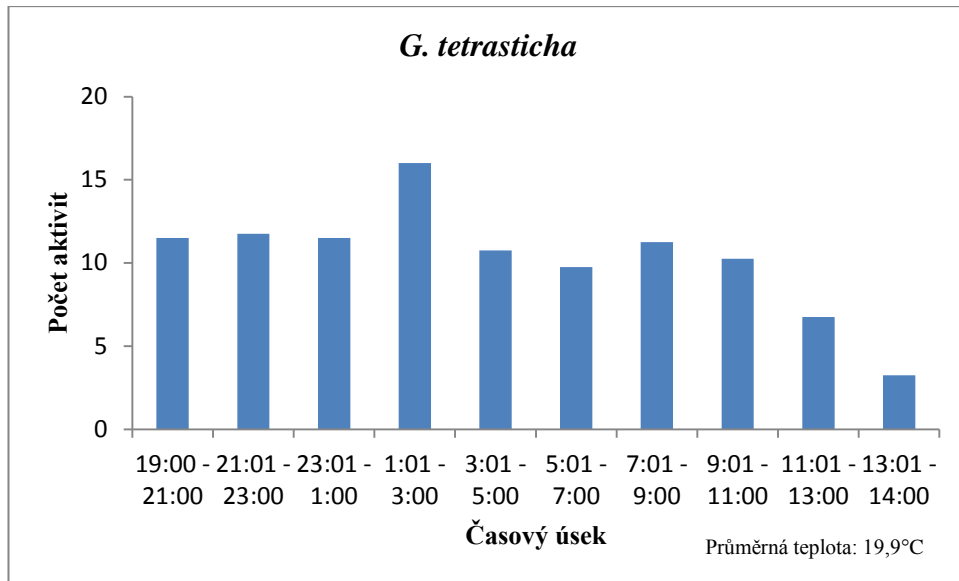
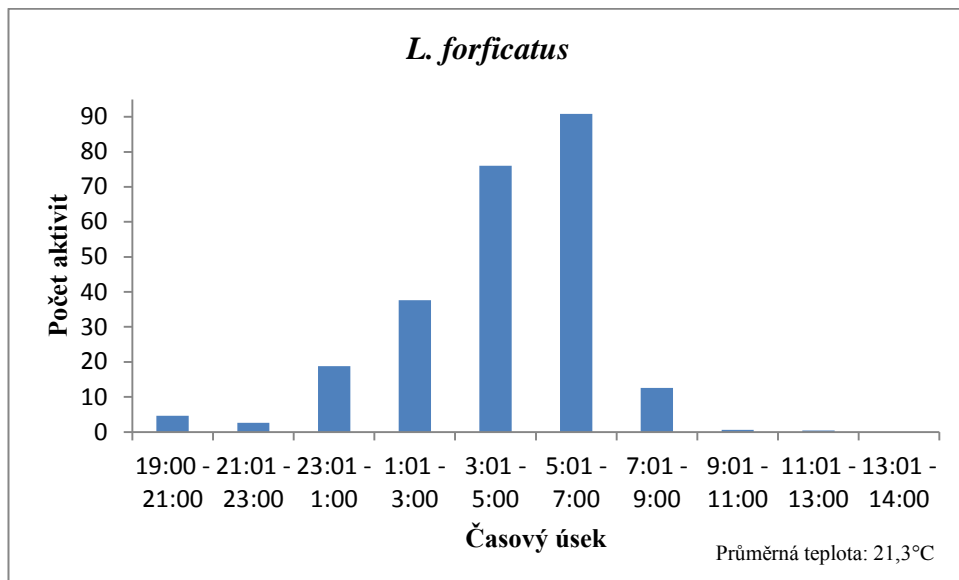
Stonožka *L. forficatus* vykazovala pozvolný nárůst aktivity od 23:00 až do maxima mezi 5:00 a 7:00 (obr. 6). Poté došlo k náhlému poklesu aktivity na prakticky nulovou hodnotu. *L. forficatus* byla spolu se svinkou *A. vulgare* středně aktivním druhem (průměrně 244 aktivit za pozorování).

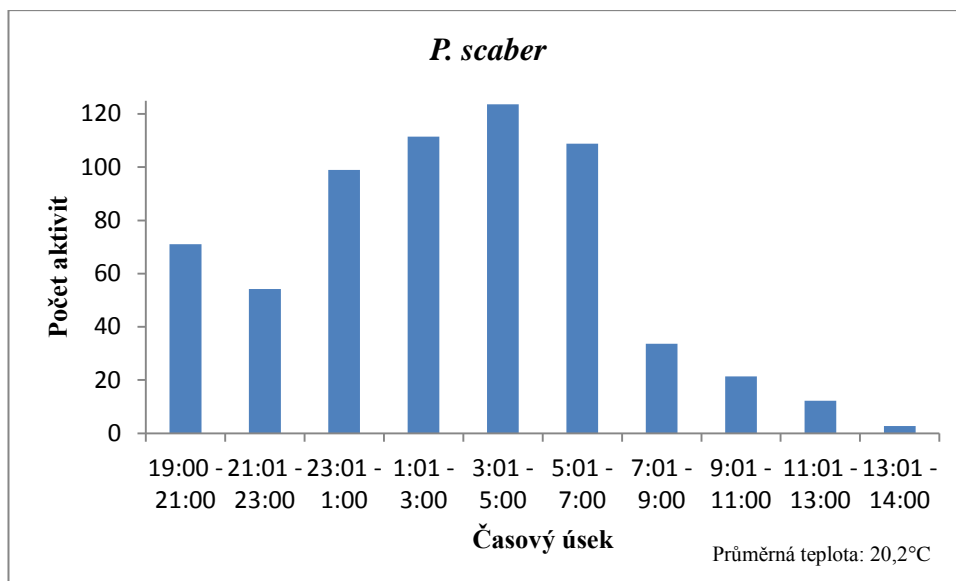


Obr. 3: Změny v aktivitě *A. vulgare* v průběhu pozorování



Obr. 4: Změny v aktivitě *C. caeruleocinctus* v průběhu pozorování

Obr. 5: Změny v aktivitě *G. tetrasticha* v průběhu pozorováníObr. 6: Změny v aktivitě *L. forficatus* v průběhu pozorování



Obr. 7: Změny v aktivitě *P. scaber* v průběhu pozorování

Chování zvířat v blízkosti pasti a účinky formaldehydu jako konzervační tekutiny

Střevlící *A. parallelus* byli jediným z testovaných druhů, u kterého došlo opakovaně k lapení všech jedinců, umístěných do nádoby s pastí. Pouze během jednoho ze tří opakování pro past s vodou nedošlo k lapení všech pěti, ale jen čtyř živočichů ze skupiny. Nejčastěji pozorovaným chováním byl dotyk a následné stáhnutí se od pasti, druhou nejpočetnější kategorií chování bylo právě chycení se (tab. 1–3, obr. 8 a 9). *A. parallelus* vykazoval druhou nejnižší schopnost sebezáchrany z pasti (27,5 %, tab. 4). Formaldehydem byl přitahován, u pasti s touto konzervační tekutinou bylo v sledované oblasti zaznamenáno více zvířat (obr. 10). Signifikantní rozdíl byl nalezen mezi počty *A. parallelus*, kteří přišli do kontaktu s pastí (tab. 5) – pokud byla jako konzervační médium použita voda, střevlící se pasti častěji vyhýbali.

Stejně jako střevlící se i oba sledované druhy stejnonožců nejčastěji vyhýbaly pasti po kontaktu s ní (tab. 1–3, obr. 8 a 9). V porovnání s ostatními druhy vykazovaly oba druhy stejnonožců nejmenší podíl lapených jedinců, navíc u stínky *P. scaber* ukazují výsledky na nejlepší schopnost ze všech testovaných druhů vyhnout se pasti, aniž by s ní přišla do kontaktu, a také na nejvyšší schopnost sebezáchrany (71,4 %, tab. 5). Také v případě svinky *A. vulgare* byla zjištěna značná schopnost sebezáchrany (44,4 %, tab. 4). Ačkoli svinky *A. vulgare* byly v pokusu pozorovány více v blízkosti pasti s formaldehydem (obr. 11), nejednalo se o signifikantní rozdíl vůči pasti s vodou (tab. 5). Na rozdíl od toho na stínku *P. scaber* měl formaldehyd silně odpuzující účinek – test dobré shody ukázal na významné rozdíly v počtu jedinců, vyskytujících se

v blízkosti pasti, jedinců, kteří přišli do kontaktu s pastí i jedinců, kteří vnikli za její okraj (obr. 15, tab. 5).

Mnohonožky (Diplopoda) podobně jako v případě aktivity i v chování vykazovaly odlišnosti. Stejně jako ostatní druhy se i mnohonožka *C. caeruleocinctus* a svinule *G. tetrasticha* nejčastěji vyhýbaly pasti po kontaktu s ní (tab. 1–3, obr. 8 a 9). *G. tetrasticha* vykazovala nejmenší schopnost sebezáchrany ze všech testovaných druhů (18,2 %, tab. 4). *C. caeruleocinctus* byla schopná se zachránit před pádem do pasti ve větším počtu případů (33,3 %, tab. 4), než např. *A. parallelus*. Rozdílné výsledky byly pro Diplopoda získány i pro reakci na past s vodou a na past s formaldehydem: u *C. caeruleocinctus* statistický test potvrdil signifikantní rozdíl jen mezi počtem jedinců, kteří přišli do kontaktu s pastí (tab. 5), zatímco u *G. tetrasticha* došlo k odpuzení formaldehydem už na úrovni počtu zvířat, vyskytujících se v blízkosti pasti, a u počtu zvířat, které vnikly za okraj pasti (tab. 5). Počet živočichů, celkově se vyskytujících v okolí pasti s formaldehydem, byl pro oba druhy nižší (obr. 12 a 13).

Stonožka *L. forficatus* se, podobně, jako veškeré výše uvedené druhy, ve většině případů vyhnula pasti po kontaktu s ní (tab. 1–3, obr. 8 a 9). Tento druh spolu s oběma druhy mnohonožek vykazoval nejmenší schopnost se vyhnout pasti bez dřívějšího dotyku. Ačkoli stonožky během pokusu častěji „nahlížely“ do pasti s formaldehydem (a oproti tomu byl jejich celkový zaznamenaný počet výskytů v okolí pasti nižší, viz obr. 14), statistický test neukázal na žádný signifikantní rozdíl mezi hodnotami, získanými pro past s vodou a pro past s formaldehydem (tab. 5).

Tabulka 1: Průměrné počty živočichů, vykazujících dané chování

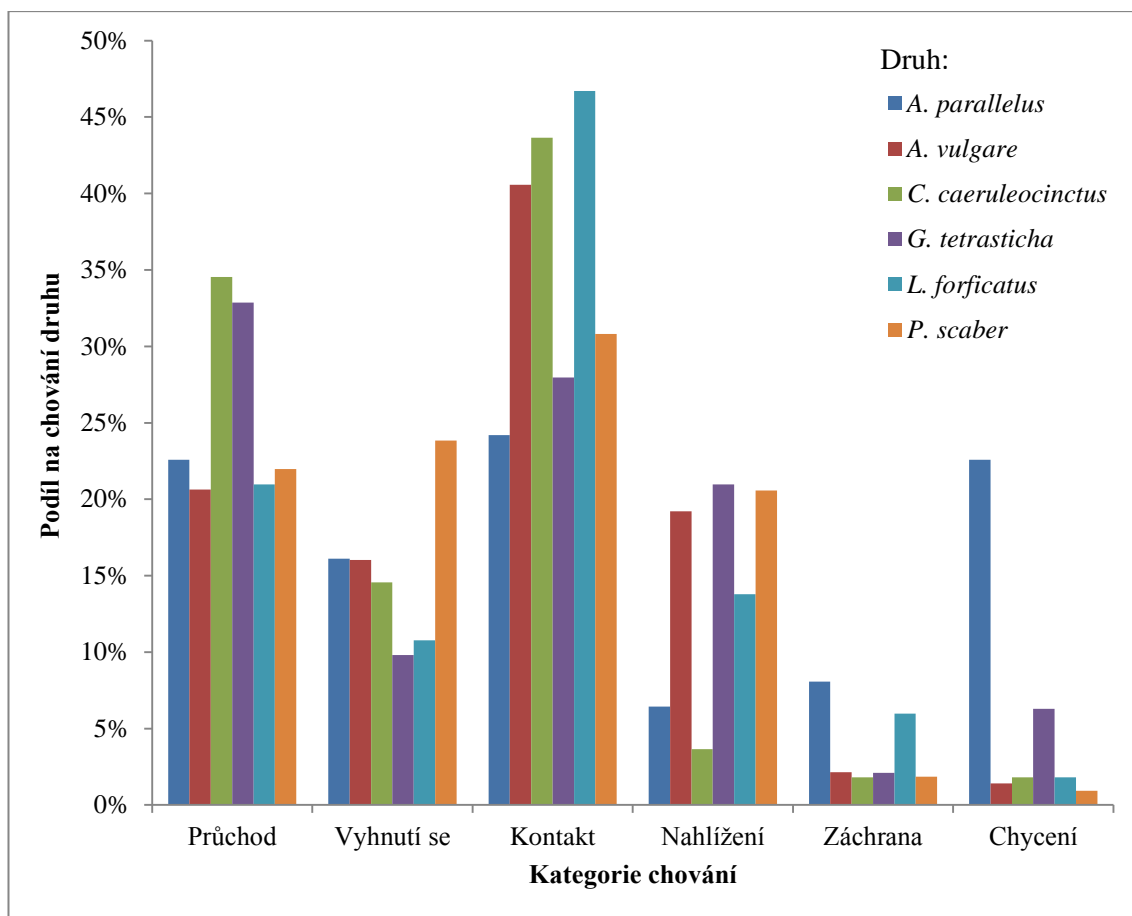
Druh	Průchod		Vyhnutí se	
	Voda	Formaldehyd	Voda	Formaldehyd
<i>A. parallelus</i>	4,67	3,33	3,33	1
<i>A. vulgare</i>	19,33	21	15	22,33
<i>C. caeruleocinctus</i>	6,33	5,33	2,67	3,33
<i>G. tetrasticha</i>	15,67	9	4,67	4,33
<i>L. forficatus</i>	11,67	9,67	6	7
<i>P. scaber</i>	63	27	68,33	34,67
Druh	Kontakt		Nahlížení	
	Voda	Formaldehyd	Voda	Formaldehyd
<i>A. parallelus</i>	5	9	1,33	3,67
<i>A. vulgare</i>	38	41,67	18	16
<i>C. caeruleocinctus</i>	8	4,33	0,67	0,33
<i>G. tetrasticha</i>	13,33	16,67	10	2
<i>L. forficatus</i>	26	17,67	7,67	10
<i>P. scaber</i>	88,33	40,67	59	14
Druh	Záchrana		Chycení	
	Voda	Formaldehyd	Voda	Formaldehyd
<i>A. parallelus</i>	1,67	2	4,67	5
<i>A. vulgare</i>	2	0,67	1,33	2
<i>C. caeruleocinctus</i>	0,33	0	0,33	0,33
<i>G. tetrasticha</i>	1	0,33	3	3
<i>L. forficatus</i>	3,33	2	1	1,33
<i>P. scaber</i>	5,33	4,67	2,67	1,33

Tabulka 2: Podíly jednotlivých kategorií na chování druhu (past s vodou)

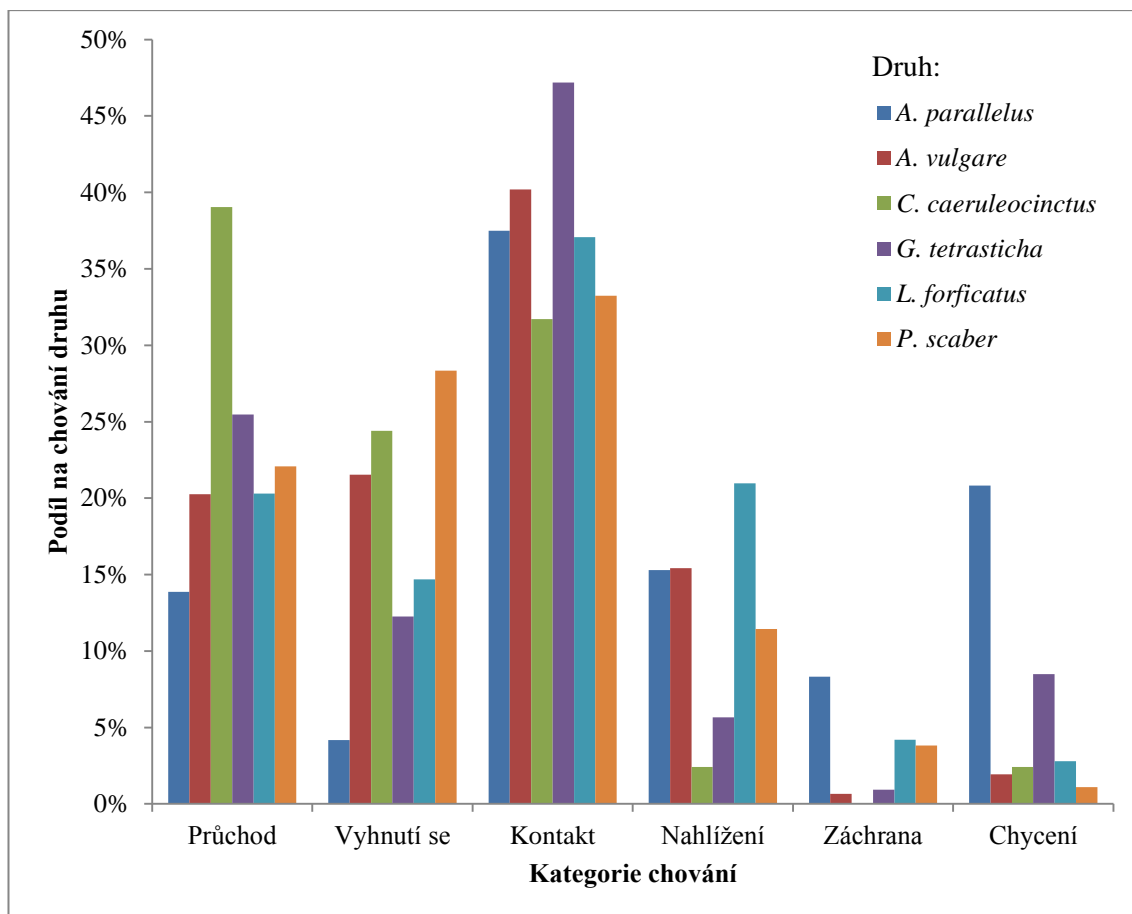
Druh	Průchod	Vyhnutí se	Kontakt	Nahlížení	Záchrana	Chycení
<i>A. parallelus</i>	22,6 %	16,1 %	24,2 %	6,4 %	8,1 %	22,6 %
<i>A. vulgare</i>	20,6 %	16,0 %	40,6 %	19,2 %	2,1 %	1,4 %
<i>C. caeruleocinctus</i>	34,5 %	14,6 %	43,6 %	3,7 %	1,8 %	1,8 %
<i>G. tetrasticha</i>	32,9 %	9,8 %	28,0 %	21,0 %	2,1 %	6,3 %
<i>L. forficatus</i>	21,0 %	10,8 %	46,7 %	13,8 %	6,0 %	1,8 %
<i>P. scaber</i>	22,0 %	23,8 %	30,8 %	20,6 %	1,9 %	0,9 %

Tabulka 3: Podíly jednotlivých kategorií na chování druhu (past s formaldehydem)

Druh	Průchod	Vyhnutí se	Kontakt	Nahlížení	Záchrana	Chycení
<i>A. parallelus</i>	13,9 %	4,2 %	37,5 %	15,3 %	8,3 %	20,8 %
<i>A. vulgare</i>	20,3 %	21,5 %	40,2 %	15,4 %	0,7 %	1,9 %
<i>C. caeruleocinctus</i>	39,1 %	24,4 %	31,7 %	2,4 %	0 %	2,4 %
<i>G. tetrasticha</i>	25,5 %	12,3 %	47,2 %	5,7 %	0,9 %	8,5 %
<i>L. forficatus</i>	20,3 %	14,7 %	37,1 %	21,0 %	4,2 %	2,8 %
<i>P. scaber</i>	22,1 %	28,3 %	33,2 %	11,4 %	3,8 %	1,1 %



Obr. 8: Srovnání chování druhů u pasti s vodou

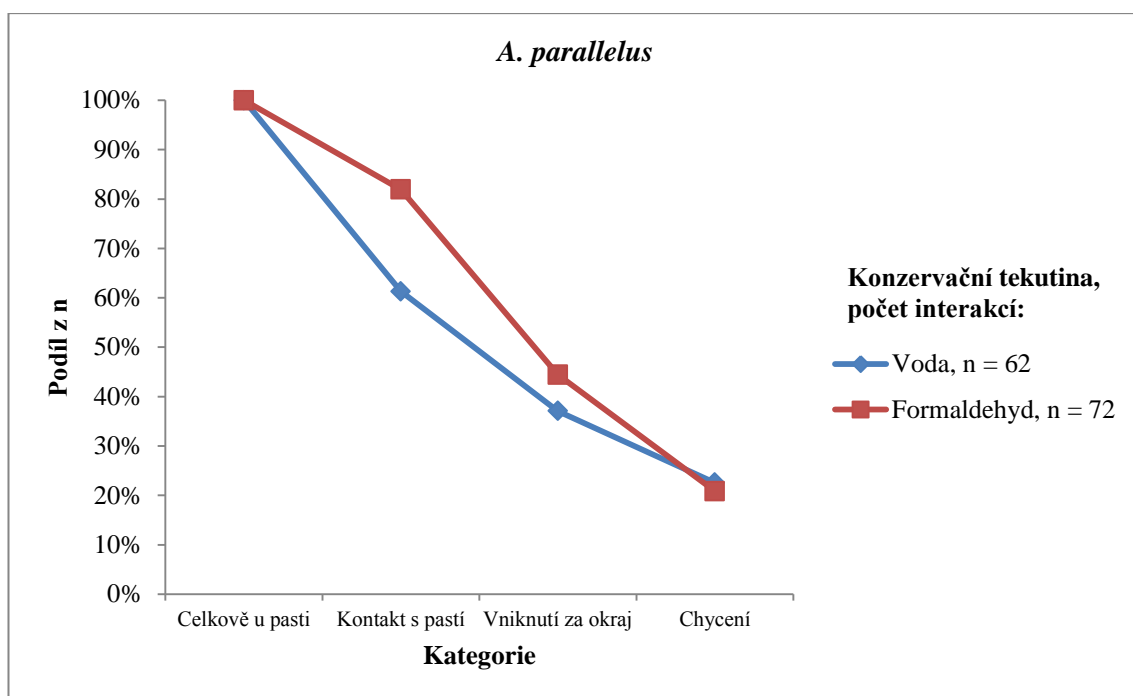


Obr. 9: Srovnání chování druhů u pasti s formaldehydem

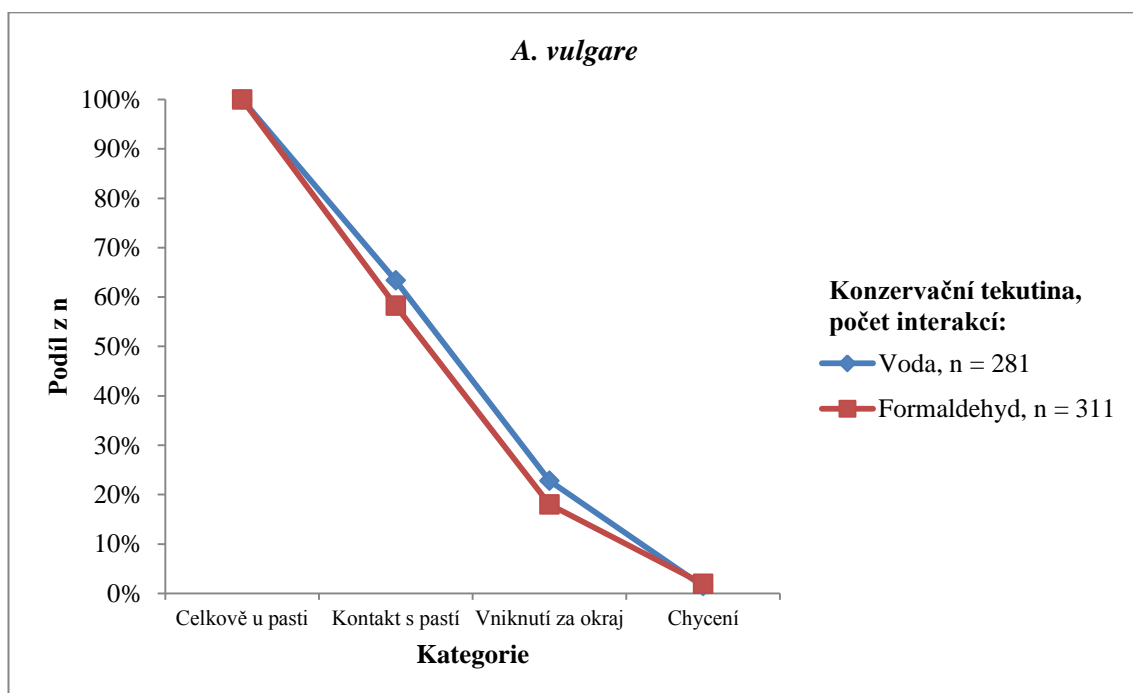
Tabulka 4: Získané hodnoty Rate of Self-Rescue

Druh	RSR
<i>P. scaber</i>	71,4 %
<i>L. forficatus</i>	69,6 %
<i>A. vulgare</i>	44,4 %
<i>C. caeruleocinctus</i>	33,3 %
<i>A. parallelus</i>	27,5 %
<i>G. tetrasticha</i>	18,2 %

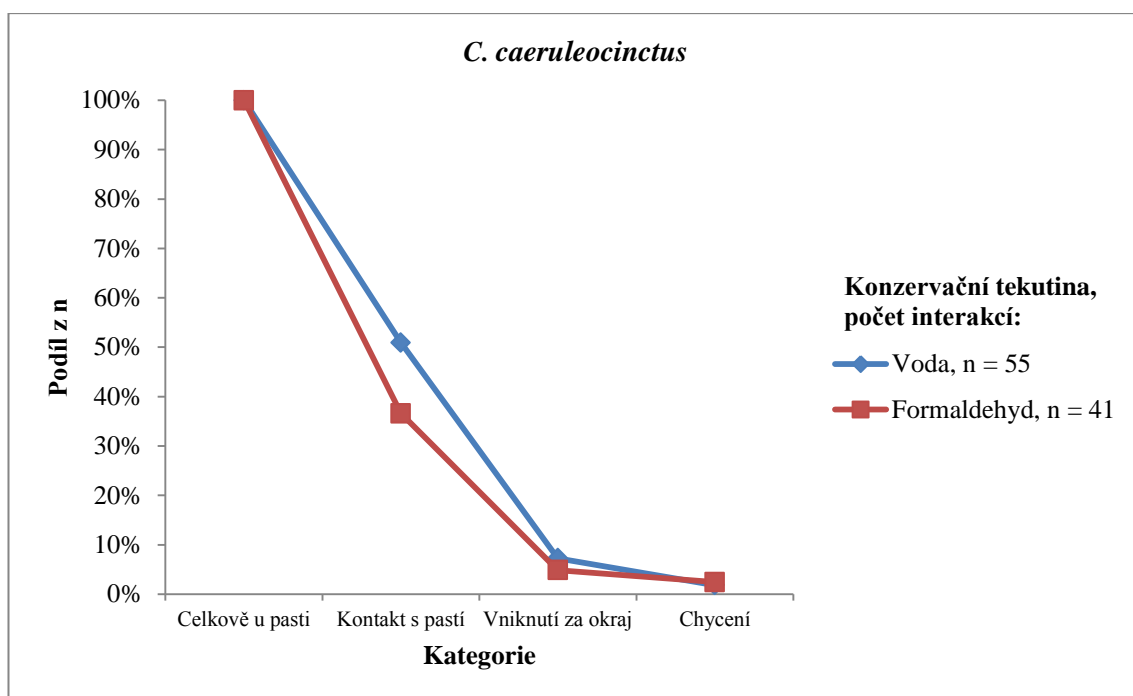
(druhy jsou seřazeny dle RSR sestupně)



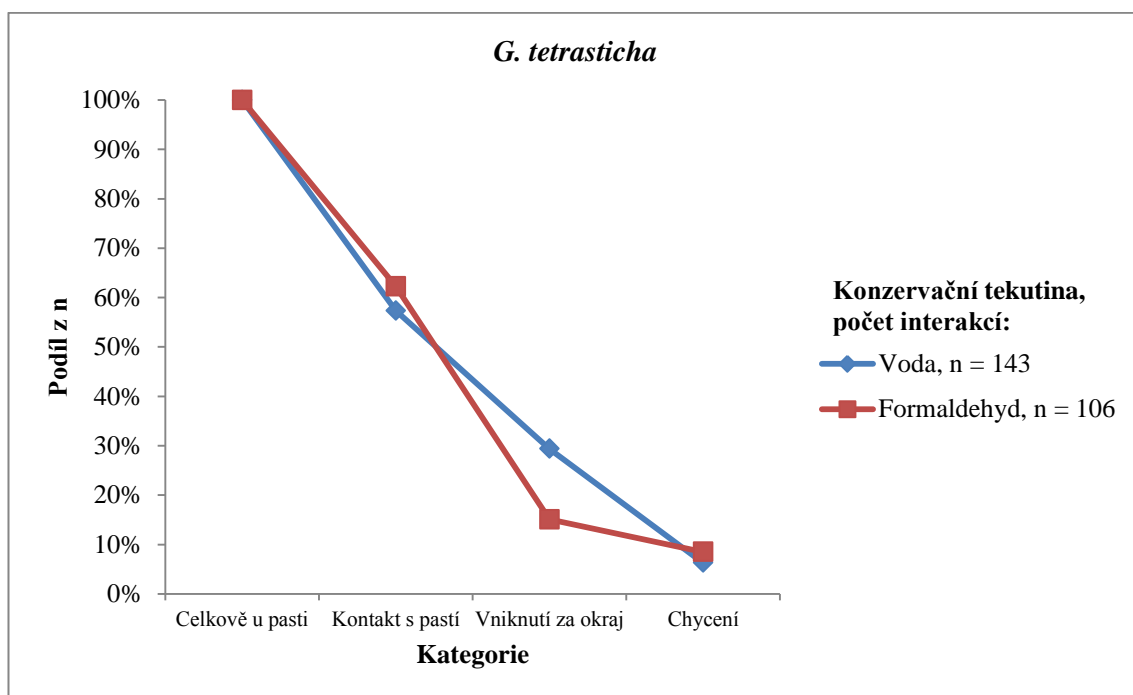
Obr. 10: Srovnání chování *A. parallelus* u pastí s vodou a u pastí s formaldehydem



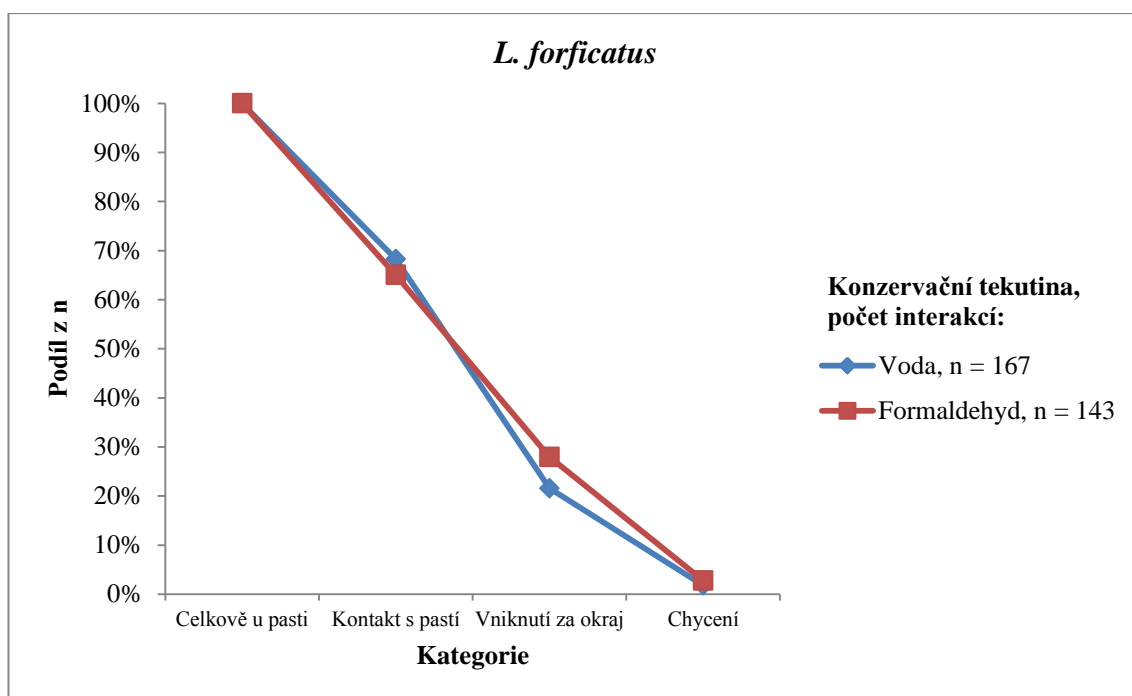
Obr. 11: Srovnání chování *A. vulgare* u pastí s vodou a u pastí s formaldehydem



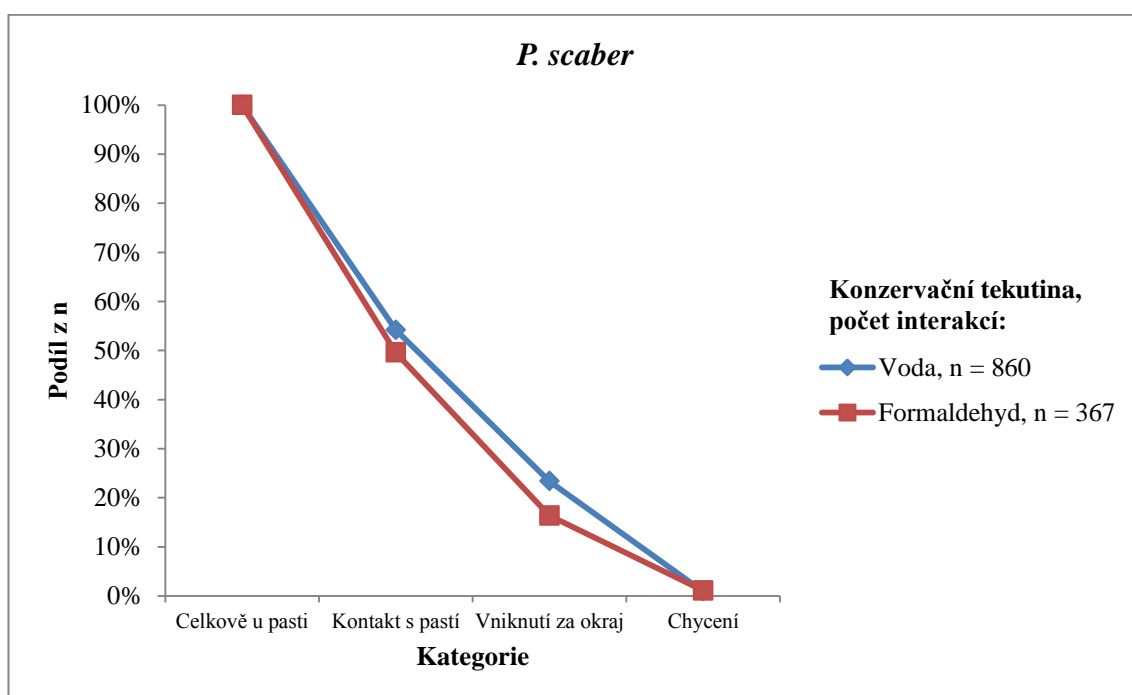
Obr. 12: Srovnání chování *C. caeruleocinctus* u pastí s vodou a u pastí s formaldehydem



Obr. 13: Srovnání chování *G. tetrasticha* u pastí s vodou a u pastí s formaldehydem



Obr. 14: Srovnání chování *L. forficatus* u pastí s vodou a u pastí s formaldehydem



Obr. 15: Srovnání chování *P. scaber* u pastí s vodou a u pastí s formaldehydem

Tabulka 5: Výsledky testu dobré shody pro kategorie chování u pastí s vodou a u pastí s formaldehydem

Druh	Hodnota Chi-Square pro danou kategorii			
	Celkově u pastí	Kontakt s pastí	Vniknutí za okraj	Chycení
<i>A. parallelus</i>	0,75	4,55*	1,47	0,03
<i>A. vulgare</i>	1,52	0,02	0,53	0,4
<i>C. caeruleocinctus</i>	2,04	3,93*	0,67	0
<i>G. tetrasticha</i>	5,5*	1,73	11,66**	0
<i>L. forficatus</i>	1,86	2,13	0,21	0,14
<i>P. scaber</i>	198,08**	124,47**	76,17**	1,33

(H₀: počet živočichů v dané kategorii mezi pastí s vodou a pastí s formaldehydem se neliší.

* p<0,05; ** p<0,01)

Diskuze

Metoda zemních pastí byla v minulosti hojně využívána k získávání poznatků o populacích epigeických živočichů (Stammer 1948 in Skuhrový 1957). Někteří vědci ovšem poukazují na to, že výsledky získané pomocí této metody nejsou zcela spolehlivé. Vyjma dřívějších výtek ohledně nesjednocené podoby pastí, a tedy i obtížné srovnatelnosti výsledků (Adis 1979), se objevují studie, poukazující na rozdíly v „polapitelnosti“ (*trapabilitě*) živočichů (např. Andrey *et al.* 2009, Gerlach *et al.* 2009b), které mohou výsledky zásadně ovlivňovat. Má práce se zabývala právě pozorováním rozdílného chování šesti vybraných druhů živočichů u zemních pastí a vlivu použití formaldehydu jako konzervační tekutiny na něj. V souvislosti s pozorováním chování byla ověřena nejvyšší aktivita vybraných druhů během noci a potvrzena schopnost naprosté většiny z nich se vyhnout lapení do pastí. Formaldehyd užitý v pasti jako konzervační tekutina značnou část zkoumaných druhů odpuzoval.

Aktivita živočichů

Jako první bych rád poznamenal, že ačkoli byly ze záznamů získány údaje o aktivitě živočichů, nebyl tento experiment k jejímu pozorování původně určen. Tyto výsledky jsou proto zatíženy metodickou chybou. Aktivita byla sledována na malých skupinách živočichů, a lapení každého jedince do pastí se tedy projevilo na zaznamenané aktivitě druhu během pozorování. Toto zkreslení by mělo být u špatně polapitelných druhů minimální, ale např. v případě střevlíka *A. parallelus* došlo téměř vždy k polapení všech jedinců během krátké doby. Aktivita *A. parallelus* byla proto z výsledků vynechána. V praxi jsou ale různě upravené zemní pastí běžně používány k zjišťování aktivity živočichů v přírodě (např. Tuf *et al.* 2012), protože zde bezprostředně nehrozí vylovení dostatečně velkých populací. Vhodným počtem pastí, který by dostačoval vědeckým účelům a zároveň nevedl k decimaci počtu živočichů (*over-trapping*), se zabýval Saviš (2010).

Jak již bylo řečeno, všechny druhy živočichů, sledované v experimentu, jsou aktivní během večera či noci (Lewis 1981, Hopkin a Read 1992, Eisenbeis 2005, Tuf a Jeřábková 2008, Hornung 2011 a další). Tomu by nasvědčovaly i mnou získané výsledky. Ty sice u stejnožců *A. vulgare* a *P. scaber* (obr. 3 a 7) ukazují na zvýšenou aktivitu ještě před a během západu slunce, ale domnívám se, že se jedná o umělé

zvýšení, které nastalo po umístění živočichů do nového prostředí (viz metodika, první dvě hodiny záznamů bylo nutné z údajů o aktivitě vypustit). Podobnou „zbytkovou“ aktivitu z prvních dvou hodin záznamu lze nalézt i ve výsledcích stonožky škvorové (*L. forficatus*, obr. 6), ačkoli není tak výrazná jako právě u *A. vulgare* a *P. scaber*.

Průběh aktivity *A. vulgare* během pozorování se (vyjma výše zmíněné výchylky) shoduje s výsledky Drahekoupilové a Tufa (2012). Ty ukazují na maximum aktivity svinek okolo 1:00 při průzkumu okolí a období ukrývání se mezi východem a západem slunce.

Zjištěná aktivita *P. scaber* se liší od pozorování den Boera (1961). Ten pozoroval dvě maxima aktivity – první, méně výrazné, mezi 21:00 a 22:00, druhé pak, vyšší, mezi 1:00 a 2:00. Mé výsledky ukazují na maximum aktivity v úseku mezi 3:00 a 5:00. Myslím si, že se jedná o vliv ročních období, kdy byly pozorování provedeny – den Boer sledoval aktivitu *P. scaber* na podzim, můj pokus probíhal v létě. Vliv ročního období (a tedy i delšího dne či noci) na aktivitu suchozemských stejnonožců uvádí Dondale *et al.* (1972). To by mohlo vysvětlovat posunutí mnou sledovaného maxima do pozdějších hodin. Vyšší teploty během léta by také vysvětlovaly mnou zaznamenané mnohem vyšší počty aktivit. *P. scaber* reaguje na vyšší teplotu nárůstem aktivity a vyšší rychlosti pohybu (Warburg 1964).

Průběh aktivity *C. caeruleocincus* odpovídá výsledkům pozorování Dondale *et al.* (1972). Ten uvádí, že do zemních pastí bylo v úseku mezi 22:00 až 4:00 chyceno 90 % z celkového počtu mnohonožek za den. Stejně tak i Tuf *et al.* (2006) uvádí největší aktivitu mnohonožek během noci.

V případě *G. tetrasticha* byla zaznamenána neustálá aktivita prakticky během celé délky pozorování. Domnívám se, že se jedná o vliv uměle udržované teploty a vlhkosti v nádobě, ve které byli živočichové pozorováni. *G. tetrasticha* je více odolná vůči vysychání než ostatní mnohonožky (Perttunen 1953), což jí umožňuje být aktivní i během dne (Tuf *et al.* 2006) Ve výsledcích je i přesto možné vidět 2 maxima aktivit, které zmiňuje Drahekoupilová a Tuf (2011): hledání potravy na začátku noci a hledání úkrytu na začátku dne.

Stonožka *L. forficatus* vykazovala do určité míry podobný průběh aktivity, jako pozoroval Tuf *et al.* (2006). Na rozdíl od některých druhů stonožek, které jsou aktivní i

za denního světla (Dondale *et al.* 1972, Tuf *et al.* 2006), je *L. forficatus* vyloženě nočním druhem. Tuf *et al.* (2006) pozoroval maximum aktivity ve 3:00, v mém pokusu nastalo toto maximum o asi 3 hodiny později. Stejně tak se zdá být posunutý i začátek (nárůst aktivity po 23:00, tři hodiny po západu slunce) a konec aktivity (prudký pokles po 7:00, tři hodiny po východu slunce). Proto se domnívám, že v mém sledování došlo k posunu aktivity stonožek vlivem uměle udržované teploty či vlhkosti.

Údaje o celkové aktivitě druhů odpovídají výsledkům, ke kterým došel ve svém pokusu Gerlach *et al.* (2009b). Ty souvisí se způsobem života a získáváním potravy jednotlivých druhů. Nejméně aktivity vykazovaly saprofágní Diplopoda, středně vysokou aktivitu pak dravá, na kořist číhající *L. forficatus* (Simon 1960 in Gerlach *et al.* 2009b). Vysoká aktivita *P. scaber* mohla být způsobena specifickou reakcí tohoto druhu na zvýšenou teplotu, tj. zvýšením rychlosti pohybu a aktivity (Warburg 1964).

V aktivitě sledovaných druhů lze pozorovat značné rozdíly. Tyto rozdíly by měly být jedním z faktorů, který je potřeba zvážit při použití zemních pastí k sběru živočichů. V případě sběru zvířat pro studie, zkoumající abundanci druhů, by mohlo dojít k získání zvláště zkreslených výsledků.

Chování zvířat v blízkosti pastí

Nejčastěji pozorovaným chováním živočichů bylo stáhnutí se od pastí po kontaktu s jejím okrajem. Tento výsledek ukazuje, že všechny ze sledovaných druhů jsou často schopny zemní past v terénu rozpoznat. Prioritou vědců, používajících zemní pastí, by tedy měla být snaha o co nejlepší zarovnání okraje pastí s povrchem tak, aby živočichové nemohli rozpoznat „zub“ mezi okrajem a okolím (zmínil už Adis 1979) a odlišný materiál.

Výsledky získané pomocí zemních pastí jsou také ovlivněny schopností živočichů z pastí vylézt poté, co už se jednou dostali většinou svého těla za její okraj. Z pozorovaných druhů dokázala nejlépe z pastí „vycouvat“ stínka *P. scaber* (71,4 % případů) a stonožka *L. forficatus* (69,6 % případů). U ostatních druhů pak poměr RSR klesal pod 50 % (viz tab. 4). Schopnost zachránit se před pádem do pastí je pravděpodobně spojená s velikostí, vahou, rychlostí pohybu a počtem nohou zvířat, kterými se mohou zachytit o okraj pastí (Gerlach *et al.* 2009a). Na mých záznamech se jako nejrychlejší druhy jeví střevlíci *A. parallelus* a stonožky *L. forficatus*. Ačkoli se

živočichové pohybovali podobnou rychlostí, *L. forficatus* se dokázala zachránit před pádem do pasti téměř v 70 % případů, zatímco *A. parallelus* přibližně jen v 28 %. Tělo *L. forficatus* má oproti *A. parallelus* níže položené těžiště a je delší, takže na okraji pasti je méně „vratké“. Navíc se na okraji pasti mohly stonožky zachytit mnohem větším počtem končetin (30), než *A. parallelus* (6). Podobně by bylo možné zdůvodnit vyšší schopnost sebezáchrany *C. caeruleocinctus* vůči *G. tetrasticha*: *C. caeruleocinctus* má delší, stabilnější tělo s větším počtem nohou, kterými se může o okraj pasti zachytit. Za vysokou schopností *P. scaber* by mohla stát relativně rozložitá stavba těla (tzn. níže položené těžiště živočicha) a zároveň vysoký počet nohou.

Schopnost sebezáchrany druhů a zkrácení výsledků, způsobené rozdíly v ní, by bylo možné zmenšit použitím vhodného materiálu. Jako nejvhodnější se jeví sklo (Luff 1975), které zabraňuje živočichům zachytit se o okraj nebo na stěnách pasti. Dalším opatřením, které zvyšuje počet do pasti lapených živočichů, jsou trychtýře. Ty jednak zabraňují zachycení se o ostrý okraj pasti, ale také pro řadu druhů působí díky menšího sklonu méně „děsivě“ než kolmá stěna pasti, od které se živočichové stahují (Obrist a Duelli 1996).

Účinky formaldehydu jako konzervační tekutiny

Použití 4% roztoku formaldehydu jako konzervační tekutiny se u převážné části druhů projevilo změnou chování u pasti. Střevlíci *A. parallelus* přicházeli k pasti častěji, zatímco stejnonožci druhu *P. scaber* a oba testované druhy mnohonožek byly formaldehydem odpuzovány. Stejně výsledky získal u reakce mnohonožek na formaldehyd v laboratorních podmínkách Gerlach *et al.* (2009b), a v terénu pak Rendoš a Mock (2012). Rendoš a Mock (2012) také pozorovali odpuzující účinek formaldehydu na stejnonožce. V mých výsledcích byl nejsilnější účinek formaldehydu statisticky prokázán právě u *P. scaber*, u které se signifikantně lišily tři ze čtyř porovnávaných kategorií. Jedinou kategorií, u které nebyl prokázán signifikantní rozdíl mezi pastí s vodou a pastí s formaldehydem, byl počet lapených jedinců. Zde má podle mne na statistický výpočet vliv relativně malý počet zvířat ve skupině (u pasti s vodou bylo lapeno 8 z 10 živočichů, u pasti s formaldehydem 4 z 10).

Zajímavostí ve výsledcích byl rozdíl mezi reakcí *C. caeruleocinctus* a *G. tetrasticha* na formaldehyd v pasti. Oba druhy se v okolí pasti s formaldehydem vyskytovaly méně často, ačkoli statisticky významný rozdíl byl dokázán jen

u *G. tetrasticha*. Zatímco u *C. caeruleocinctus* byl signifikantní rozdíl dokázán v počtu živočichů, kteří přišli do kontaktu s pastí, u *G. tetrasticha* byl významný rozdíl zjištěn až v počtu živočichů, kteří vnikli za její okraj. Tento výsledek by mohl ukazovat na to, že *C. caeruleocinctus* je schopna vnímat zápach formaldehydu na delší vzdálenost, zatímco *G. tetrasticha* musí ke zdroji západu přijít blíže. Také by mohlo jít o vliv rozdílné potřeby vlhkosti mezi těmito druhy: *C. caeruleocinctus* se šíří v ČR jako invazní druh, který je na rozdíl od našich druhů mnohonožek vyšším teplotám (a tedy i suchu) více odolný (Smolová 2011), zatímco *G. tetrasticha* je hygrofilním druhem, žijícím v lesích. Je tedy možné, že *G. tetrasticha* byla silněji přitahována tekutinou v pastí až na její okraj.

Vhodnost použití formaldehydu jako konzervační tekutiny v zemních pastech tedy záleží na tom, jaký druh a za jakým účelem je pomocí pastí sbírán. Na výsledky studií, zabývajících se počtem druhů či živočichů v dané lokalitě, by mohl mít značně zkreslující účinky.

Závěr

Má práce se zabývala zjištěním rozdílů v trapabilitě epigeických členovců a možným vlivem těchto rozdílů na spolehlivost výsledků, získaných pomocí metody zemních pastí v terénu. Bylo zjištěno, že mezi aktivitou jednotlivých testovaných druhů existují značné rozdíly, které by mohly v terénu zapříčinit „vyhnutí se“ některých živočichů lapení do zemní pasti. Stejně tak byla u všech druhů pozorována, i když v různé míře, schopnost aktivně se vyhnout lapení do pasti. Některé druhy byly schopny se pasti vyhnout už před kontaktem s ní, naprostá většina dokázala past rozpoznat pomocí dotyku. Značná část živočichů také dokázala z pasti vylézt i po překročení jejího okraje. Ačkoli je možné schopnosti živočichů vyhnout se lapení do pasti pasti omezit vhodnou konstrukcí pastí, domnívám se, že některé nedostatky metody lze odstranit jen stěží. Výsledky touto metodou získané by tedy s nimi měly počítat.

Dalším problémem, kterým se má práce zabývala, byl vliv formaldehydu na chování živočichů v okolí pasti. Bylo zjištěno, že použití 4% roztoku formaldehydu jako konzervačního činidla má na některé druhy živočichů odpudivé účinky (*C. caeruleocinctus* a *G. tetrasticha*, *P. scaber*) zatímco jiné přitahuje (*A. parallelus*). U některých druhů (*L. forficatus* a *A. vulgare*) nebyl statisticky prokázán žádný účinek. Je tedy zřejmé, že přinejmenším v laboratorních podmínkách má formaldehyd na chování živočichů vliv. Stejně jako rozdílná aktivita a schopnost živočichů se pastem vyhýbat by toto mělo být bráno v potaz při použití metody zemních pastí ve výzkumu.

Literatura

- Adis J. 1979. Problems of interpreting arthropod sampling with pitfall traps. *Zoologischer Anzeiger* 202:177–184.
- Andrey VM, Kirill VM. 2011. Using demographic data to better interpret pitfall trap catches. *ZooKeys* 100:223–254.
- Barber HS. 1931. Traps for cave-inhabiting insects. *Journal of the Elisha Mitchell Scientific Society* 46:259–266.
- Buchholz S, Jess AM, Hertenstein F, Schmirmel J. 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.
- Caubet Y, O'Farrell G, Lefebvre F. 2008. Geographical variability of aggregation in terrestrial isopods: What is the actual significance of such behaviour? In: Zimmer M, Charfi-Cheikhrouha F, Taiti S, editors. *Proceedings of the International Symposium on Terrestrial Isopod Biology: ISTIB-07*. Aachen (Germany): Shaker Verlag. p. 137–148.
- Cloudsley-Thompson JL. 1951. On the responses to environmental stimuli, and the sensory physiology of millipedes (Diplopoda). *Proceedings of the Zoological Society of London* 121:253–277.
- Cloudsley-Thompson JL. 1952. The behaviour of centipedes and millipedes. I. Responses to environmental stimuli. *Annals and Magazine of Natural History*, ser. 12, 5:417–434.
- den Boer PJ. 1961. The ecological significance of activity patterns in the woodlouse *Porcellio scaber* Latr. (Isopoda). *Archives Néerlandaises de Zoologie* 14:283–409.
- Dondale CD, Redner JH, Semple RB. 1972. Diel activity periodicities in meadow arthropods. *Canadian Journal of Zoology* 44:323–331.
- Drahokoupilová T, Tuf IH. 2011. Behaviour of pill millipedes can be affected by external marking. *International Journal of Myriapodology* 6:51–60.
- Drahokoupilová T, Tuf IH. 2012. The effect of external marking on the behaviour of the common pill woodlouse *Armadillidium vulgare*. *ZooKeys* 176:145–154.

- Eisenbeis G. 2005. Biology of soil invertebrates. In: König H, Varma A, editors. Intestinal microorganisms of termites and other invertebrates. Berlin – Heidelberg – New York: Springer Verlag:3–53.
- Frankenberger Z. 1959. Fauna ČSR, svazek 14: Stejnonožci suchozemští – Oniscoidea. Praha: Nakladatelství Československé akademie věd. 212 p.
- Fuhrmann H. 1921. Beiträge zur Kenntnis der Hautsinnesorgane der Tracheaten. I. Die antennalen Sinnesorgane der Myriapoden. Zeitschrift für Wissenschaftliche Zoologie. 119:1–49.
- Gerlach A, Voigtländer K, Heidger CM. 2009a. Behavioural response of selected epigeic arthropods on pitfall traps (Diplopoda, Chilopoda, Oniscidea, Carabidae, Staphylinidae). In: Tajovský K, Schlaghamerský J, Pižl V, editors. Contributions to Soil Zoology in Central Europe III. České Budějovice: Institute of Soil Biology, Biology Centre, ASCR. p. 41–46.
- Gerlach A, Voigtländer K, Heidger CM. 2009b. Influence of the behaviour of epigeic arthropods (Diplopoda, Chilopoda, Carabidae) on the efficiency of pitfall trapping. Soil Organisms 81:773–790.
- Giglio A, Ferrero EA, Perrotta E, Federica FT, Tullia ZB. 2010. Sensory structures involved in prey detection on the labial palp of the ant-hunting beetle *Siagona europaea* Dejean 1826 (Coleoptera, Carabidae). Acta Zoologica (Stockholm) 91:328–334.
- Greenslade PJM. 1964. Pitfall trapping as a method for studying populations of Carabidae (Coleoptera). The Journal of Animal Ecology 33:301–310.
- Hansen JE, New TR. 2005. Use of barrier pitfall traps to enhance inventory surveys of epigeic Coleoptera. Journal of Insect Conservation 9:131–136.
- Hoese B. 1981. Morphologie und Funktion des Wasserleitungssystems der terrestrischen Isopoden (Crustacea, Isopoda, Oniscoidea). Zoomorphology 98:135–167
- Hopkin SP, Read HJ. 1992. The Biology of Millipedes. New York: Oxford University Press. 248 p.

- Hora P. 2010. Metodologické aspekty používání zemních pastí pro studium epigeonu na příkladu střevlíkovitých [diplomová práce]. [Olomouc (CZ)]: Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci.
- Hornung E. 2011. Evolutionary adaptation of oniscidean isopods to terrestrial life: Structure, physiology and behavior. *Terrestrial Arthropod Reviews* 4:95–130.
- Knapp M. 2007. Metoda zemních pastí [diplomová práce]. [Praha (CZ)]: Fakulta lesnická a environmentální, Česká zemědělská univerzita v Praze.
- Koivula M, Kotze DJ, Hiisivuori L, Rita H. 2003. Pitfall trap efficiency: do trap size, collecting fluid and vegetation structure matter? *Entomologica Fennica* 14:1–14.
- Lewis JGE. 1981. *The Biology of Centipedes*. New York: Cambridge University Press. 488 p.
- Luff ML. 1968. Some effects of formalin on the numbers of Coleoptera caught in pitfall traps. *Entomologist's Monthly Magazine* 1968:115–116.
- Luff ML. 1975. Some features influencing the efficiency of pitfall traps. *Oecologia (Berlin)* 19:345–357.
- Luff ML. 1996. Use of carabids as environmental indicators in grasslands and cereals. *Annales Zoologici Fennici* 33:185–195.
- Merivee E, Härtmann H, Must A, Milius M, Williams I, Mänd M. 2008. Electrophysiological responses from neurons of antennal taste sensilla in the polyphagous predatory ground beetle *Pterostichus oblongopunctatus* (Fabricius 1787) to plant sugars and amino acids. *Journal of Insect Physiology* 54:1213–1219.
- Merivee E, Must A, Luik A, Williams I. 2010. Electrophysiological identification of hygroreceptor neurons from the antennal dome-shaped sensilla in the ground beetle *Pterostichus oblongopunctatus*. *Journal of Insect Physiology* 56:1671–1678.
- Merivee E, Ploomi A, Marit M, Luik A, Heidema M. 2005. Electrophysiological identification of antennal pH receptors in the ground beetle *Pterostichus oblongopunctatus*. *Physiological Entomology* 30:122–133.

- Merivee E, Vanatoa A, Luik A, Rahi M, Sammelselg V, Ploomi A. 2003. Electrophysiological identification of cold receptors on the antennae of the ground beetle *Pterostichus aethiops*. *Physiological Entomology* 28:88–96
- Morwinsky T, Bauer T. 1997. Prediction of life style by eye morphology in *Bembidion* species (Coleoptera; Carabidae). *Pedobiologia* 41:472–480.
- Must A, Merivee E, Luik A, Mänd M, Heidemaa M. 2006. Responses of antennal campaniform sensilla to rapid temperature changes in ground beetles of the tribe Platynini with different habitat preferences and daily activity rhythms. *Journal of Insect Physiology* 52:506–513.
- Obrist MK, Duelli P. 1996. Trapping efficiency of funnel- and cup-traps for epigeal arthropods. *Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft* 69:361–369.
- Pekár S. 2002. Differential effects of formaldehyde concentration and detergent on the catching efficiency of surface active arthropods by pitfall traps. *Pedobiologia* 46:539–547.
- Perttunen V. 1953. Reactions of diplopods to the relative humidity of the air: Investigations on *Orthomorpha gracilis*, *Iulus terrestris*, and *Schizophyllum sabulosum*. Helsinki: Suomalaisen Kirjallisuuden Seuran Kirjapainon Oy. 69 p.
- Petruška F. 1969. K možnosti úniku jednotlivých složek epigeické fauny polí z formalínových zemních pastí (Coleoptera). *Acta Universitatis Palackianae Olomucensis, Facultas Rerum Naturalium* 3:99–124.
- Phillips ID, Cobb TP. 2005: Effect of habitat structure and lid transparency on pitfall catches. *Environmental Entomology* 34:875–882.
- Pokorný V. 2002. Atlas brouků. Praha: Paseka. 144 p.
- Rendoš M, Mock A. 2012. Oniscidea a Diplopoda v sutinovom svahu: skúsenosť s etylénglykolom [abstract]. In Stašiov S, Kubovčík V, Svitok M, editors. 8. česko-slovenský myriapodologický seminár, Železná Breznica, Slovenská republika, 19.–21. 4. 2012. Sborník abstraktov. Zvolen (SK): Technická univerzita vo Zvolene. p. 9.
- Schmalfuss H. 1998. Evolutionary strategies of the antennae in terrestrial isopods. *Journal of Crustacean Biology* 18(1):10–24.

- Schmidt MH, Clough Y, Schulz W, Westphalen A, Tschardt T. 2006. Capture efficiency and preservation attributes of different fluids in pitfall traps. *The Journal of Arachnology* 34:159–162.
- Simon HR. 1960. Zur Ernährungsbiologie von *Lithobius forficatus* (Myriapoda, Chilopoda). *Zoologischer Anzeiger* 164(1/2):19–26.
- Skuhřavý V. 1957. Metoda zemních pastí. *Časopis Československé Společnosti Entomologické* 54:27–40.
- Smolová J. 2011. Vliv potencionálního globálního oteplování na chování mnohonožek [diplomová práce]. [Olomouc (CZ)]: Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci.
- Soviš M. 2010. Nadměrný odchyt epigeonu – kolik zemních pastí postačuje pro poznání druhového spektra? [bakalářská práce]. [Olomouc (CZ)]: Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci.
- Spence JR, Niemelä JK. 1994. Sampling carabid assemblages with pitfall traps: the madness and the method. *The Canadian Entomologist* 126:881–894.
- Stammer HJ. 1948. Die Bedeutung der Aethylenglykolfallen für tierökologische und phänologische Untersuchungen. *Verhandl Deutsch Zool Kiel.*:387–391.
- Topping CJ, Sunderland KD. 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.
- Tretzel E. 1955. Technik und Bedeutung des Fallenfanges für oekologische Untersuchungen. *Zool Anzeiger*. 155:276–287.
- Tuf IH, Dedek P, Veselý M. 2012. Does the diurnal activity pattern of carabid beetles depend on season, ground temperature and habitat? *Archives of Biological Sciences, Belgrade*. 64(2):721–732.
- Tuf IH, Jeřábková E. 2008. Diurnal epigeic activity of terrestrial isopods (Isopoda: Oniscidea). In: Zimmer M, Charfi-Cheikhrouha F, Taiti S, editors. *Proceedings of the International Symposium on Terrestrial Isopod Biology: ISTIB-07*. Aachen (Germany): Shaker Verlag. p. 167–172.

- Tuf IH, Tufová J, Jeřábková E, Dedek P. 2006. Diurnal epigeic activity of myriapods (Chilopoda, Diplopoda). *Norwegian Journal of Entomology* 53:335–344.
- van den Berghe E. 1992. On pitfall trapping invertebrates. *Entomological News* 103:149–156.
- Warburg MR. 1964. The response of isopods towards temperature, humidity and light. *Animal Behaviour* 12:175–186
- Warburg MR. 1993. *Evolutionary Biology of Land Isopods*. Berlin: Springer-Verlag. 484 p.