

Univerzita Palackého v Olomouci  
Přírodovědecká fakulta  
Katedra ekologie a životního prostředí



**Lesní a městské populace  
suchozemských stejnožců na  
Olomoucku**

Bc. Alexandra Vokálová

Diplomová práce

předložená

na Katedře ekologie a životního prostředí

Přírodovědecké fakulty Univerzity

Palackého v Olomouci

jako součást požadavků

na získání titulu Mgr. v oboru

Ochrana přírody

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

Olomouc 2010



Vokálová, A. (2010): Lesní a městské populace suchozemských stejnonožců na Olomoucku. Diplomová práce, Katedra ekologie a životního prostředí PřF UP v Olomouci. 59 pp + 4 přílohy, česky.

## Abstrakt

Urbanizace zabírá půdu, mění krajinu a mění podmínky prostředí, a tak některé druhy stejnonožců mizí, jiné se přizpůsobily a další se objevují. Počet lesních druhů ve městech klesá a roste počet generalistů. Celkově je město druhově bohatší než lesní prostředí, ale lesní prostředí by mělo být pro stejnonožce výhodnější. Tato výhoda by se měla projevit ve fekunditě a velikosti druhu. Porovnání těchto charakteristik bylo provedeno srovnáním populací *T. rathkii*, který se poměrně hojně vyskytoval v obou prostředích. Zajímaly nás rozdíly ve struktuře a fekunditě populací stejnonožců mezi lesními a městskými druhy a zkoumán byl také vliv klimatických faktorů (teploty a srážek) na nejpočetnější druhy v lese: *Ligidium hypnorum* a *Trachelipus rathkii*.

Stejnonožci byli odchytáváni pomocí zemních pastí v lesním prostředí CHKO Litovelské Pomoraví v letech 1998-2006 a ve městě Olomouci od dubna 2006 do dubna 2007. Po určení byli stejnonožci roztríděni na samce a samice, změřeni v šíři hlavy a gravidním samicím byli spočítáni vyvíjející se potomci.

Populace suchozemských stejnonožců v Olomouci se vyznačovaly větší variabilitou ve velikostech než lesní populace, pravděpodobně vlivem stresujícího prostředí města. Poměr samic městských i lesních populací stejnonožců vstupujících do reprodukce byl téměř ekvivalentní. Teplota negativně ovlivnila velikost gravidních samic a fekunditu *L. hypnorum*, srážky negativně ovlivnily velikost *L. hypnorum* a fekunditu *T. rathkii*.

Méně velikostně variabilní jedinci *T. rathkii* dosahovali v lesním prostředí prokazatelně větších velikostí než v Olomouci. V lese bylo odchyceno méně gravidních samic, které však byly větší a v marsupiu nosily průměrně téměř třikrát více vajíček než samice v Olomouci. Kratší výskyt samic s vajíčky *T. rathkii* ve městě naznačuje zkracování období gravidity, pravděpodobně vlivem stresujícího prostředí.

Rozmnožovací potenciál stejnonožců je pravděpodobně podobný ve městě i v lese. Výsledky srovnání populací *T. rathkii* potvrzují, že městské prostředí je určitým způsobem nevýhodné a stresující. Tento stres se pravděpodobně projevil ve velikostech a plodnosti druhu. Díky vyššímu počtu a nižší fekunditě gravidních samic v Olomouci než nižšímu počtu a vyšší fekunditě v lese nehrozí, že by došlo ke snižování abundance *T. rathkii*.

**Klíčová slova:** fekundita, přírodní prostředí, srážky, stejnonožci, teplota, urbanizace, variabilita

Vokálová, A. (2010): The forest and urban populations of terrestrial isopods in Olomoucko. Master Thesis, Department of Ecology and the Environmental Science, Faculty of Science, Palacky University of Olomouc. 59 pp + 4 Ap. in Czech.

## Abstract

Urbanization causes landscape changing and changing of conditions of the environment. Some species of isopods are disappearing, others are adapting and next are appearing. The number of forest species decrease in the cities and increase the number of generalists. The cities are richer for species than forest overall, but forest would be more profitable for isopods. These advantages would be shown in a fecundity and body size of species. These characteristics were compared between populations of *T. rathkii*, which is abundant in both types of environment. We were interested in differences in structure and fecundity of populations of terrestrial isopods between forest and urban species too. I was to examine an influence of climatic factors (temperature, rainfall) for the most abundance species in the forest: *Ligidium hypnorum* and *Trachelipus rathkii*.

Isopods were caught by traps. 18 traps were installed in Litovelské Pomoraví Protected Landscape Area in 1998-2006 and 90 traps were installed in Olomouc City in 2006-2007. The collected materials were identified, sexed, measured and offsprings of gravid females were counted.

Variability in body size of isopods were greater in Olomouc than in the forest, probably because of stressful conditions in the city. The rate of reproducing individuals in Olomouc and in the forest were almost equivalent. Temperature had a negative influence on the body size of gravid females and fecundity *L. hypnorum* also, rainfall negatively influenced the body size of gravid females *L. hypnorum* and fecundity *T. rathkii*.

Bigger individuals of *T. rathkii* were caught in the forest, but they were not so variable in body size like in Olomouc city. Less gravid females were occurred in the forest, but these females were greater and markedly fertile (almost threetimes more eggs in marsupium) than in Olomouc. Shorter occurrence females with eggs *T. rathkii* in the city suggests shortening of gravid period probably because of stressful conditions.

The reproduction potential of isopods is very similar in both types of environment. The results confirm, that urban environment is certain disadvantageous and stressful for them. It is probably shown in body size and fecundity of *T. rathkii*. Because of higher count and lower fecundity of gravid females in Olomouc, than lower count and higher fecundity in the forest, there is no danger about reducing abundance of *T. rathkii*.

**Key words:** fecundity, isopods, natural habitat, rainfall, temperature, urbanization, variability

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením  
RNDr. & Mgr. Ivana H. Tufa, Ph.D. s použitím citované literatury.

V Olomouci 7.5. 2010

.....

podpis

## Obsah

<b>1. Úvod</b> .....	1
1.1. Charakteristika suchozemských stejnoožců.....	2
1.1.2. Životní historie suchozemských stejnoožců .....	2
1.1.3. Environmentální faktory .....	5
1.1.4. Výskyt.....	8
<b>2. Cíle práce</b> .....	11
<b>3. Materiál a metodika</b> .....	12
3.1. Suchozemští stejnoožci, měření .....	12
3.2. Statistické zpracování.....	12
3.3. Charakteristika území.....	13
<b>4. Výsledky</b> .....	15
4.1. Popisná reprodukční biologie .....	15
4.1.1. Velikosti samců a samic .....	15
4.1.2. Velikosti gravidních samic .....	19
4.1.3. Fekundita.....	21
4.1.4. Výskyt gravidních samic během roku .....	25
4.1.5. Vliv klimatických faktorů .....	29
4.2. Porovnání městských a lesních jedinců <i>T. rathkii</i> .....	32
4.2.1. Velikosti.....	32
4.2.2. Velikosti gravidních samic .....	33
4.2.3. Fekundita.....	34
<b>5. Diskuze</b> .....	36
5.1. Lesní a městské populace .....	36
5.1.1. Velikosti.....	36
5.1.2. Období rozmnožování .....	38
5.1.3. Vliv klimatických faktorů.....	40
5.2. Lesní a městské populace <i>T. rathkii</i> .....	42
5.2.1. Velikosti.....	42
5.2.2. Období rozmnožování .....	43
5.2.3. Fekundita.....	44
<b>6. Závěr</b> .....	47
<b>7. Citovaná literatura</b> .....	49

## Přílohy

## Seznam tabulek

Tabulka 1: Základní charakteristika stejnonožců odchycených v lese.....	16
Tabulka 2: Základní charakteristika stejnonožců odchycených ve městě. ....	16
Tabulka 3: Srovnání gravidních samic druhů odchycených v lese.....	19
Tabulka 4: Srovnání gravidních samic druhů odchycených ve městě.....	19
Tabulka 5: Lineární regrese. Závislost fekundity na velikosti gravidních samic.....	21
Tabulka 6: Anova. Srovnání průměrných velikostí samců a samic <i>T. rathkii</i> . ....	32
Tabulka 7: Anova. Srovnání velikostí gravidních samic <i>T. rathkii</i> . ....	33
Tabulka 8: Anova. Srovnání fekundity samic <i>T. rathkii</i> .....	34

## Seznam obrázků

Obrázek 1: Velikosti samců odchytených v lese. ....	17
Obrázek 2: Velikosti samců odchytených ve městě.....	17
Obrázek 3: Velikosti samic odchytených v lese. ....	18
Obrázek 4: Velikosti samic odchytených ve městě.....	18
Obrázek 5: Velikosti gravidních samic odchytených v lese.....	20
Obrázek 6: Velikosti gravidních samic odchytených ve městě.....	20
Obrázek 7: Fekundita samic odchytených v lese.....	22
Obrázek 8: Fekundita samic odchytených ve městě. ....	22
Obrázek 9: <i>L. hypnorum</i> . Závislost fekundity na velikosti gravidních samic.....	23
Obrázek 10: <i>T. rathkii</i> . Závislost fekundity na velikosti gravidních samic. ....	23
Obrázek 11: Závislost fekundity na velikosti lesních gravidních samic.....	24
Obrázek 12: Závislost fekundity na velikosti městských gravidních samic. ....	24
Obrázek 13: Výskyt gravidních samic <i>H. riparius</i> . ....	25
Obrázek 14: Výskyt gravidních samic <i>L. hypnorum</i> . ....	25
Obrázek 15: Výskyt gravidních samic <i>P. conspersum</i> . ....	26
Obrázek 16: Výskyt gravidních samic <i>P. politus</i> . ....	26
Obrázek 17: Výskyt gravidních samic <i>T. pusillus</i> . ....	26
Obrázek 18: Výskyt gravidních samic <i>T. rathkii</i> .....	26
Obrázek 19: Výskyt gravidních samic <i>A. vulgare</i> . ....	27
Obrázek 20: Výskyt gravidních samic <i>A. versicolor</i> . ....	27
Obrázek 21: Výskyt gravidních samic <i>H. riparius</i> . ....	28
Obrázek 22: Výskyt gravidních samic <i>P. scaber</i> . ....	28
Obrázek 23: Výskyt gravidních samic <i>P. collicola</i> . ....	28
Obrázek 24: Výskyt gravidních samic <i>T. rathkii</i> .....	28
Obrázek 25: <i>L. hypnorum</i> , vliv teploty na velikosti gravidních samic. ....	29
Obrázek 26: <i>L. hypnorum</i> , vliv teploty na fekunditu měsíc před odchytem. ....	30
Obrázek 27: <i>L. hypnorum</i> , vliv srážek na velikost gravidních samic. ....	31
Obrázek 28: <i>T. rathkii</i> , vliv srážek na fekunditu. ....	31
Obrázek 29: Velikosti samic a samců <i>T. rathkii</i> ve městě a v lese.....	33
Obrázek 30: Velikosti gravidních samic <i>T. rathkii</i> .....	34
Obrázek 31: Fekundita samic <i>T. rathkii</i> odchytených ve městě a v lese.....	35



## **Poděkování**

Můj velký dík patří především vedoucímu práce RNDr. & Mgr. Ivanu H. Tufovi, Ph.D. za velkou ochotu, pomoc a trpělivost při vzniku této práce. Děkuji Mgr. Elišce Stofferové za poskytnutí části dat, Mgr. Alence Jírové za ochotu, rady a pomoc se statistikou, Lososovi a tátovi za technickou podporu. Za pomoc s překladem děkuji mámě. Svým nejbližším také děkuji za psychickou podporu a trpělivost.

# 1. Úvod

Urbanizace a expanze měst se během 20. století stala jedním z globálních problémů naší civilizace. Zapříčiňuje přeměnu krajiny na vysoce pozměněné urbánní prostředí (Niemelä 1999). Za počátky urbanizace můžeme považovat buď zrod prvních měst v neolitu nebo období průmyslové revoluce na přelomu 18. a 19. století. V tomto období vznikaly první městské továrny a obyvatelstvo se začalo stěhovat z vesnic do měst, což vedlo ke vzniku velkých městských aglomerací (Lampard 1965).

Proces urbanizace neustále pokračuje. Zabírá půdu, mění krajinu a mění podmínky prostředí, což má různý dopad na společenstva veškerých organismů. Z ekologického hlediska má urbanizace jak příznivé, tak nepříznivé vlivy na organismy. Rozmanitost lidských vlivů v urbánní krajině totiž vytváří a udržuje různé typy prostředí, které se jinde nevyskytují. To pak samozřejmě podporuje vysokou druhovou diverzitu včetně výskytu některých ohrožených druhů. Na druhou stranu se však urbanizace stává hrozbou pro původní druhy a prostředí (Niemelä 1999).

Změny stanovišť zapříčiněné urbanizací pozměnily také společenstva suchozemských stejnonožců. Počet lesních druhů klesá, zatímco se zvyšující disturbancí ve městech se počet synantropních druhů stejnonožců a částečně i generalistů zvyšuje (Magura a kol. 2008). Mezi lesními biotopy, zemědělsky obdělávanými plochami, pastvinami a městským prostředím tak existují rozdíly v druhovém složení (Hornung a kol. 2007; Tajovský 1992).

Typické lesní druhy se objevují ve městech, např. *Trachelipus ratzeburgii*, ale jejich výskyt mimo preferovaný biotop vede k tomu, že populace spíše přežívá. Naopak jiným druhům, např. *Porcellio scaber*, vyšší teploty a disturbance v urbanizovaném prostředí vyhovují (Korsós a kol. 2002; Magura a kol. 2008). Městské druhy jsou zřejmě také tolerantnější ke znečištění těžkými kovy (Paoletti a Hassall 1999). Suchozemští stejnonožci jsou spolehliví indikátoři environmentálního stresu, proto jsou považováni za vhodný studijní materiál při zkoumání vlivu urbanizace (Jones a Hopkin 1998; Paoletti a Hassall 1999).

Bioindikační potenciál suchozemských stejnonožců není omezen pouze na přítomnost a nepřítomnost jednotlivých druhů, mnohé o environmentálním stresu nám může napovědět řada dalších parametrů. Vedle poměru pohlaví

a věkové/velikostní struktury populací jednotlivých druhů to mohou být i reprodukční parametry (fekundita samic, načasování období rozmnožování, vztah mezi velikostí samice a její fekunditou atp.) (Dangerfield a Telford 1994).

### 1.1. Charakteristika suchozemských stejnonožců

Tito drobní korýši vytváří samostatný podřád (*Oniscidea*), řádu stejnonožci (*Isopoda*) (Martin a Davis 2001).

Suchozemští stejnonožci jsou významní půdotvorní činitelé. Mechanicky rozkládají mrtvou organickou hmotu a napomáhají jejímu transportu do hlubších a vlhčích vrstev půdy. Rovněž se podílejí na šíření bakterií a mikroskopických hub v půdě a opadu a usnadňují tak dostupnost živin půdním mikroorganismům (Grassberger a Frank 2004; Hassall a Dangerfield 1989). Důležitou roli hrají také v potravním řetězci vyšších živočichů, kdy slouží jako zdroj vápníku (Graveland a Vangijzen 1994 in Tuf a Tufová 2005). Velký význam mají ve městech, kde se podílí na zvyšování kvality životního prostředí – odbourávají polutanty. Obohacováním půdy se mj. podílejí na rozvoji a zachování půdní struktury a snižují tak povrchový odtok (Smith a kol. 2006).

Suchozemští stejnonožci jsou rozšířeni po celém světě (Warburg 1993; Schmallfuss 2003). Mezi kosmopolitní druhy v současné době patří např. *Armadillidium vulgare*, *P. scaber* nebo *Porcellionides pruinosus* (Schmallfuss 2003; Vilisics a Hornung 2009). Do roku 2004 bylo popsáno 3637 druhů stejnonožců (Schmallfuss 2003). Z České republiky je v současné době doloženo 43 druhů stejnonožců (Flasarová 2000; Saska 2007).

#### 1.1.2. Životní historie suchozemských stejnonožců

##### Rozmnožování

Suchozemští stejnonožci se páří v noci. Samec si vyleze na samici obrácenou na znak a uchopí ji nohama (pereiopody), jež jsou opatřeny fixačními aparáty (např. trny, hrboly apod.). První a druhý pár zadečkových končetin (pleopodů) je u samců přeměněn na kopulační orgány, které umožňují vnitřní oplození. Samec jimi předá samici sperma do levého i pravého pohlavního otvoru. Ta si spermie ukládá do receptakula seminis, což je útvar vznikající rozšířením pochvy. Spermie se pak do vejcovodu dostanou rozpuštěním chitinové blanky receptakula (Frankenberger

1959). Oplozená vajíčka jsou vkládána do zvláštního vaku, tzv. marsupia, vznikajícího na břišní straně hrudi. Zde probíhá vlastní embryonální vývoj (Flasarová 1997). Vajíčka se vyvíjejí v embrya, ty pak v larvy (manka), které jsou připraveny opustit marsupium (Warburg 1994). Délka vývoje kolísá podle druhu a podnebí mezi 45–68 dny (Frankenberger 1959). Mláďata, opouštějící marsupium, nejsou ještě podobná dospělým jedincům: chybí pigmentace (výjma očí), mají pouze 6 hrudních článků s 6 páry kráčivých končetin. Sedmý článek pereionu se objevuje až po prvním svlékání (Frankenberger 1959).

Počet vajíček je různý – u čeledi *Trichoniscidae* je to 3-10 vajíček, u rodu *Ligidium* nalzáme 12-17 vajíček. Nejvíce vajíček je zaznamenáno u rodu *Armadillidium*, údaje se pohybují v rozmezí 100 - 316 vajíček (Frankenberger 1959). Stejnonožci kopulují zřejmě jen jednou v roce, další generace v témže roce vznikají z vajíček oplozených rezervními spermii (Frankenberger 1959).

### **Semelparie a iteroparie**

Pro suchozemské stejnožce je typická variabilita v reprodukčním schématu. Tuto proměnlivost můžeme zaznamenat v obdobích a frekvencích reprodukce, v počtu vajíček v marsupiu a také v počtu manků, které opouštějí marsupium (Warburg 1990, 1994).

Stejnonožce můžeme rozdělit podle dvou hlavních reprodukčních strategií na iteroparní a semelparní (Warburg 1994). Za iteroparní druhy jsou považovány ty, které mají během svého života dvě a více reprodukčních období. Semelparní druhy se naopak reprodukují pouze jednou za život (Warburg 1995). Druhy iteroparní produkují až 6 krát více potomků (mají vyšší reprodukční potenciál) než semelparní druhy (Achouri a kol. 2008). Tato opakovaná reprodukce s podobným přírůstkem zvyšuje pravděpodobnost přežití juvenilů zejména v prostředí, kde je jejich vysoká úmrtnost (Dangerfield a Telford 1995). Zatímco semelparní samice investují více energie do jejich jediné snůšky, iteroparní samice mají tendenci investovat méně energie do první snůšky a více energie vkládají do růstu, aby mohly být větší na druhou snůšku (Zimmer a Kauz 1997). Reprodukční aktivita a investice kolísají s podmínkami životního prostředí (Achouri a kol. 2008).

## Fekundita, fertilita

Většina druhů suchozemských stejnonožců plodí na jaře, časně v létě nebo na podzim (Warburg 1994). Fekundita (počet vajíček v 1 snůšce) i fertilita (počet juvenilů opuštějící marsupium) (Achouri a kol. 2002, 2008) odpovídá velikosti a váze samice (Sutton a kol. 1984; Achouri a kol. 2008; Warburg a kol. 2001), takže velikost populace závisí na počtu a velikosti reprodukcujících se samic (Rushton a Hassall 1987; Hassall a Dangerfield 1990).

Kvalita potravy může prokazatelně měnit rychlost růstu a tím přímo ovlivnit začátek reprodukce. S kvalitní potravou dosáhnou stejnonožci reprodukční velikosti rychleji a tím pádem dochází k dřívějšímu rozmnožování. Potravní stres naopak snižuje velikost snůšky (Merriam 1971). Samice pak mají méně potomků, zato však větších velikostí. Ke snižování fekundity dochází rovněž při změně životních podmínek, kdy kromě snižování počtu vajíček dochází také k dřívějšímu opouštění marsupia mladými jedinci, čímž se snižuje ochrana juvenilů a zvyšuje se mortalita. (Achouri a kol. 2002; Kight a Nevo 2004).

Rozdíl mezi počtem oocytů ve vaječnicích a počtem vajíček v marsupiu je dán pravděpodobně oosorpcí, tj. zpětnou resorpcí oocytů ve vaječnicích a je zřejmě odpovědí organismu na nepříznivé podmínky (Warburg a Cohen 1991; Hornung a Warburg 1994).

## Poměr pohlaví

Poměr pohlaví se během roku mění. Protože jsou samci nezbytní pro rozmnožování, předpokládá se, že všechny kohorty měly na počátku přibližně stejný počet samců a samic (Warburg a kol. 2001). Během května a června samci zvyšují svou povrchovou aktivitu, zjevně protože se snaží najít partnerky (Farkas 1998). Platí však, že samice postupně početně výrazně převýší samce. Průměrně poměr pohlaví odpovídá 0,5 : 1 ve prospěch samic (Achouri a kol. 2002). Úbytek samců je vysvětlován např. pozřením samců samicemi po páření (Warburg 1993) nebo přítomností bakterií rodu *Wolbachia*, které způsobují rozvoj feminizačních znaků u samců. Takto feminizovaní samci se nazývají neosamice a mají nižší fitness oproti neinfikovaným samicím (Moreau a kol. 2001; Moreau a Rigaud 2000). Neosamice se méně páří, přijímají při páření méně spermií od samců než neinfikované samice a navíc produkují zejména samičí potomky. *Wolbachia* se tak přenáší do dalších

generací (Rigaud a kol. 1997). Samci však interagují více s neinfikovanými samicemi a rovněž s nimi mají více pářících pokusů (Moreau a kol. 2001). Počet infikovaných stejnonožců kolísá. U *A. vulgare* je odhadováno, že je nakaženo 6 - 60% populace (Juchault a kol. 1993).

U *P. pruinus* bylo zjištěno, že poměr pohlaví se u většiny nakažených jedinců měnil v závislosti na teplotě. Při teplotě 20 ° C byly produkovány především samice, zatímco při teplotě 30 ° C převažovali samci (Rigaud a kol. 1997). Zdá se tedy, že se zvyšující teplotou dochází ke snižování počtu bakterií *Wolbachia* nebo inhibici jejich metabolismu, což může být dalším faktorem odpovědným za poměr pohlaví.

### **Délka života**

Délka života stejnonožců není příliš podrobně prozkoumána. Warburg (1993) uvádí, že se pohybuje v rozmezí 1–9 let. Rychlejší růst jedinců je na počátku života. Achouri a kol. (2002) odhadl délku života u *P. pruinus* na základě růstového modelu na 11-14 měsíců. Zajímavé je, že kohorty narozené v létě a na podzim žijí déle (13-14 měsíců) než kohorty narozené na jaře (11-12 měsíců). Samice narozené na jaře dosahují sexuální dospělosti dříve a bývají větší, než samice narozené v létě a na podzim. To je vysvětleno faktem, že samice plodící v létě a na podzim byly narozeny na jaře téhož roku, zatímco samice, reprodukcující se na jaře, se narodily v předchozím roce. Výsledky tedy ukazují, že kohorty narozené brzy z jara, se budou schopné reprodukovat ještě téhož roku a pravděpodobně i na začátku dalšího roku. Kohorty narozené později rostou pomaleji a budou se reprodukovat až další jaro (Achouri a kol. 2002).

Mortalita jedinců je dána hlavně klimatickými vlivy: příliš vysokými teplotami, suchem či naopak záplavami. Dalšími možnými faktory, méně významnými, může být nedostatek potravy, přítomnost parazitů nebo predátorů (např. pavouci rodu *Dysdera*) (Warburg 1993).

### **1.1.3. Environmentální faktory**

Pro život stejnonožců jsou z environmentálních faktorů nejdůležitější teplota a dostatečná vlhkost.

## Teplota

Teplota patří mezi velmi důležité environmentální faktory ovlivňující populace stejnonožců. Mění rychlosti růstu a přežití jedinců (McQueen 1976a) a i menší teplotní výkyvy mohou regulovat jejich početnost (McQueen a Carnio 1974). Např. vyšší teploty v zimě vedou ke snížení počtu stejnonožců na jaře. Stejnonožci na zimu migrují do hlubších vrstev půdy, aby unikli jejímu promrznutí (Warburg a kol. 1984). Po teplé zimě, kdy k promrznutí nedošlo, půda obsahuje hodně vody. Následné srážkově bohaté jaro způsobí, že se stejnonožci v půdě utopí (Zimmer 2004). Nárůst teplot během letních měsíců snižuje velikosti jedinců a zvyšuje mortalitu (McQueen 1976b).

Teplota hraje důležitou roli v délce reprodukční periody. Vyšší teploty zkracují dobu mezi koncem reprodukčního období na podzim a počátkem reprodukce na jaře (McQueen a Steel 1980). To potvrzují také práce Hornung a Warburga (1993) či Warburga a Weinsteina (1995). Při vyšších teplotách dochází ke zrychlení oogeneze, marsupium se vytvoří dříve a zkracuje se vývoj vajíček v marsupiu. Mocquard a kol. (1989) uvádí, že vývoj druhu *Porcellio dilatatus* trvá při teplotě 15 °C 60 dní, zatímco při teplotě 25°C vývoj trvá pouhých 25 dní. Na druhé straně bylo zjištěno, že zvyšující teplotou se snižuje počet vajíček a larev. V některých případech může celkové urychlení vývoje způsobit, že vyvinutá manka zemřou uvnitř marsupia, protože samice zemře dříve, než larvy stihnou opustit marsupium (Hornung a Warburg 1993).

Vliv teploty na snižování počtu vyvíjejících se potomků nám ukazuje, že stejnonožci se dokáží adaptovat na měnící se podmínky životního prostředí. Díky zkracování reprodukčního období jsou totiž některé druhy schopny plodit i dvakrát či vícekrát za rok. Nižší počet potomků pak zajišťuje, že vlivem vyšších teplot nemůže dojít ke zvyšování populací stejnonožců (Hornung a Warburg 1993; Warburg a Weinstein 1995).

## Vlhkost a srážky

Pravděpodobně nejdůležitější faktor, ovlivňující výskyt stejnonožců, je půdní vlhkost. Stejnonožci jsou schopni aktivně vyhledávat vlhkostní podmínky, které jim vyhovují. Výrazné kolísání vlhkosti může vést až k asymetrii některých částí těla, které je známkou stresu během růstu (Vilisics a kol. 2005).

Při nadměrném suchu nebo nadměrném vlhku u nich dochází k úbytku hmotnosti a následně ke zvýšené mortalitě (McQueen 1976a). Např. *Porcellio spinicornis* dlouhodobě nepřežije vlhkost pod 95%, avšak při nadměrné vlhkosti (100%) jedinci hynou (McQueen a Carnio 1974). *Trachelipus rathkii* vyžaduje téměř 100% vlhkost (McQueen 1976a), *A. vulgare* kolem 70% (Paris 1963). Vysušením půdního povrchu migrují stejnonožci do spodnějších vrstev půdy a přežívají ve štěrbinách a skrýších podzemních živočichů. Tato migrace se pak projeví snížením počtu isopod na povrchu půdy během suchého období (Paris 1963).

Srážky během podzimu a zimy hrají důležitou roli ve fenologii stejnonožců, avšak na populační hustotu nemají žádný vliv (Zimmer 2004). Mnohem důležitější vliv mají srážky v jarních a letních měsících. Během období dešťů jsou stejnonožci „uvěznění“ v půdním povrchu a v horní vrstvě půdy (Paris 1963). Zatímco na pastvinách jsou letní deště hlavní příčinou mortality či emigrace *A. vulgare*, v lesních porostech, kde je dostatek úkrytů (spadlé větve, kmeny stromů) není vliv srážek tak významný (Miller a Cameron 1987). Jarní deště vedou ke snižování počtu většiny stejnonožců zejména po teplé zimě a zároveň ke zvyšování počtu některých hygrofilních druhů, např. *Hyloniscus riparius* (Zimmer 2004). Po deštivém jaru mohou také některé druhy plodit dříve než po suchém jaru (Zimmer 2004).

### **Délka dne**

Ačkoliv délka dne nemá vliv na růst stejnonožců (McQueen a Carnio 1974; McQueen 1976a), urychluje zrání a vývoj vajíček a snižuje jejich oosorpci (Hornung a Warburg 1994). Jedinci, kteří byli vystaveni 12 a více hodin dennímu světlu se začali reprodukovat dříve, než jedinci vystaveni kratší délce dne (McQueen a Steel 1980). Naopak dlouhotrvající tma zastavuje plození (Mocquard a kol. 1989). Výjimkou je *P. pruinosus*, u kterého bylo zjištěno, že počátek reprodukce je na délce dne zcela nezávislý (Juchault a kol. 1985 in Warburg a Weinstein 1995).

Zatímco u některých druhů (*A. vulgare*, *P. scaber*) vyšší teploty a dlouhý den spouští vývoj vajíček ve vaječniku (oogenezi), u jiných (*Armadillo officinalis*) jsou naopak spouštěčem oogeneze nízké teploty a kratší fotoperioda (Warburg a Cohen 1992a, 1992b; Mocquard a kol. 1989).



## Vápník a pH půdy

Pro stavbu vnější schránky stejnonožců je nutná přítomnost vápníku v půdě (Oliver a Meechan 1993). Půdní pH je pravděpodobně velmi důležitý faktor pro výskyt *A. vulgare* a *Armadillidium pulchellum*. Oba dva druhy preferují půdy zásadité (Zimmer a kol. 2000). Naopak *Ligidium hypnorum* a *T. rathkii* vyhledávají půdu s pH mezi 4,5 – 6 (Zimmer a kol. 1999 in Zimmer 2000).

### 1.1.4. Výskyt

Stejnonožci jsou přizpůsobeni nejrůznějším ekologickým podmínkám. Vyskytují se ve všech možných typech prostředí, od pouští přes lesy, trávníky a zemědělské plochy, mokřady a vlhká stanoviště až do hor, podzemních jeskyní a urbánních stanovišť, kde je vyšší disturbance (Warburg 1993; Paoletti a Hassall 1999; Vilisics a Hornung 2009; Zimmer 2004). Nejčastěji je najdeme pod kameny, v listovém opadu, ve svrchní vrstvě půdy, pod kůrou stromů nebo v tlejícím dřevě (Oliver a Meechan 1993).

Podle frekvence výskytu je můžeme rozdělit na druhy běžné a vzácné nebo také na generalisty a stanovištní specialisty. Generalisté převažují na přirozených stanovištích, ale vyskytují se i v člověkem ovlivněném prostředí. Typickými představiteli této skupiny jsou druhy *Porcellium collicola* či *T. rathkii*. Najdeme je jak v přirozených lesích, tak městských lesích, parcích a zahradách.

Do skupiny stanovištních specialistů patří např. *Protracheoniscus politus* či *T. ratzeburgii*, kteří se vyskytují výlučně v jejich původním přirozeném biotopu (Vilisics a Hornung 2009).

## Ekosystém lesa

Lesní ekosystémy mají pro nás nepostradatelnou funkci: udržují stabilitu krajiny, příznivě ovlivňují prostředí a jsou zdrojem mnoha cenných surovin.

Lesní prostředí poskytuje mnoho heterogenních stanovišť s rozdílnou půdní strukturou, vegetací, světlem, teplotou a vlhkostí. Opadavé lesy mírného pásma navíc charakterizuje výrazná klimatická sezónalita, rozdílná struktura a různá dostupnost zdrojů (Schaefer 1991). Zimy jsou často chladné. Teplé a vlhké léto s poměrně vzácným obdobím sucha dovoluje půdním živočichům růst a aktivitu. Typické jsou dva vrcholy denzity: na jaře a na podzim, kdy mají jedinci nejvhodnější podmínky

k rozmnožování. Na jaře je teplota listového opadu vyšší než teplota půdy, což umožňuje začátek aktivity jedinců (Tischler 1984 in Schaefer 1991). Propad v letních měsících je dán suchem a vysušováním půdy. Důležitá je přítomnost listového opadu, kdy zejména množství, tvar a stáří opadu, má vliv na distribuci jedinců (Schaefer 1991).

Stejnonožci žijící v lese jsou často stenotopními druhy. Vyžadují příznivé mikroklimatické podmínky, nacházející se v mrtvém tlejícím dřevě, pařezech, listovém opadu, které dohromady tvoří stálá, nedisturbovaná stanoviště (Korsós a kol. 2002).

Počet druhů suchozemských stejnonožců v lese kolísá mezi 1–11 (Flasarová 1986). Průměrný počet v lesích střední Evropy se pohybuje mezi 5 - 9 druhy (Farkas a kol. 1999; Tuf 2003). Bohatší společenstva s 5 a více druhy se vyskytují na vlhkých stanovištích, např. na březích potoka (Tuf a Tufová 2005) či v mokřadních a vlhkých lesích (Tajovský 2006). Chudší společenstva s 2–3 druhy najdeme v suchých lesích, např. v borových (Tuf a Tufová 2005; Tajovský 2006).

Společenstvům stejnonožců, vyskytujících se v našich lesích, se věnovali v CHKO Bílé Karpaty Flasar a Flasarová (1989); Flasarová (1980, 1986); Mikula (2004) nebo Štrichelová (2008). Mnohým našim chráněným územím např. NPR Žofínský prales, NP Podyjí, CHKO Labské pískovce, CHKO Křivoklátsko, CHKO Kokořínsko se věnoval Tajovský (1996, 1998a, 1998b, 2002, 2006). CHKO Litovelskému Pomoraví se věnovala Flasarová (1998), Tajovský (2000) a Tuf (1997, 2003). Ze zahraničí jsou to práce např. ze středomoří Hornung a Warburga (1996); z jižní části Maďarska, tzv. Transdanubie a z národního parku Danube-Drava Farkase (1998, 2007). Vilisics (2008) se věnoval stejnonožcům v rumunském pohoří Maramureš či smíšeným lesům v maďarském národním parku Alsó-hegy (Vilisics a kol. 2008) nebo Slovinskému Krasu (Vilisics a Lapanje 2005).

### **Ekosystém města**

Prostředí města se vyznačuje širokou škálou životních podmínek (Smith a kol. 2006). Člověkem způsobené disturbance ve městech vytvářejí mnoho nových mikrostanovišť, které jsou stejnonožci kolonizovány (Rebele 1994). Ve městech nacházejí vhodná stanoviště hlavně v zahradách a parcích (Gaston a kol. 2005), ale patří sem např. i hromady stavebního materiálu, ruiny domů, zdi dvorů, komposty,

desky či kusy betonu pohozené na zemi, mulčovací kůra u nových výsadeb apod. (Smith a kol. 2006; Navrátil 2007).

Až o 5 °C vyšší teplota ve městech než v okolní krajině vytváří tzv. efekt tepelného ostrovu. Díky tomu se ve městech mohou udržovat i druhy z teplejších jižních oblastí, cizokrajné a exotické druhy (Smith a kol. 2006).

Přírozené půdy v urbánním prostředí jsou výrazně pozměněny činností a produkcí člověka (půdy jsou různě přemísťovány, mícháány, zhutňovány a přesycovány vodou). Do půd se dostává substrát z jiných geografických a geologických regionů a také umělý substrát. Pro půdy jsou obecně charakteristické heterogenní půdní vlastnosti, které jsou dány např. množstvím organické hmoty, přítomností živin či půdní vlhkostí (Smith a kol. 2006). Nezanedbatelným rysem měst je také znečištění (Rebele 1994).

Studie populací stejnonožců ukazují, že abundance jedinců je vyšší v městském a předměstském prostředí než v lesním prostředí (např. Vilisics a kol. 2007). Rovněž počet druhů ve městech je vyšší než v lesích, což je dáno výskytem synantropních a eurytopních druhů (Korsós a kol. 2002). Riedel a kol. (2009) uvádí 17 druhů v Olomouci, Navrátil (2007) 16 druhů v Hodoníně. Podobný počet druhů se vyskytuje i v dalších evropských městech: 14 druhů v rumunské Bukurešti (Giurginca 2006) nebo 11 druhů v německém Kielu (Tischler 1980). Výjimku tvoří maďarská metropole Budapešť, kde nejnovější výzkumy poukazují na přítomnost 28 druhů stejnonožců (Vilisics a Hornung 2009).

Zkoumání půdní fauny městských ekosystémů dosahuje rozmachu až posledních zhruba 20 let. V minulosti se v České republice věnoval této problematice např. Frankenberger (1940). Další práce se objevují až v 80. a 90. letech, v souvislosti s rozšiřováním měst a zvýšeným zájmem o městský ekosystém: např. Samšínák (1981), Frouz (1991), Flasarová (1997), či Dvořák (2002). Stejnonožcům Olomouce se věnovali Navrátil, Riedel a Stofferová (Navrátil 2007; Riedel 2008; Stofferová 2009). Ze zahraničních autorů se výzkumu společenstev stejnonožců v městech věnovali v Budapešti např. Korsós a kol. (2002); Magura a kol. (2008); Vilisics a Hornung (2009); v Debrecenu Hornung a kol. (2007); v Bukurešti Giurginca (2006) ale i v menších evropských městech, například v německém Kielu Tischler (1980) či dánském Sorø Vilisics a kol. (2007).

## 2. Cíle práce

Tato práce se zabývá rozdíly mezi lesními a městskými populacemi stejnonožců z hlediska jejich populační struktury a reprodukce.

Městské prostředí je již pozměněné původní prostředí. Mnoho druhů se na ně adaptovalo a synantropní stanoviště přímo vyhledávají. Pokud však zde přežívají zbytky populací přírodních, měl by pro ně výskyt ve městě být méně výhodný, více stresující. Tento stres by se měl projevit ve velikosti těla a v plodnosti druhu.

Zajímalo nás, jak se liší základní parametry populací stejnonožců mezi druhy městskými a lesními, eventuálně zda lze najít rozdíly na úrovni populací u druhů, které se vyskytují v obou biotopech. Dále nás zajímalo, které druhy jsou plodnější, a jak mohou ovlivňovat klimatické faktory (teplota a srážky) velikost a fekunditu gravidních samic u lesních druhů stejnonožců.

### 3. Materiál a metodika

#### 3.1. Suchozemní stejnonožci, měření

Jako materiál k výzkumu pro předloženou diplomovou práci mi posloužily vzorky stejnonožců ze sbírek Katedry ekologie a životního prostředí UP v Olomouci. Stejnonožci byli odchyťováni v lese v CHKO Litovelské Pomoraví a ve městě Olomouc pomocí padacích zemních pastí (fixační činidlo 4% roztok formaldehydu).

Stejnonožci z lesa v CHKO Litovelské Pomoraví byli odchyťováni do 18 pastí a to od února 1998 do listopadu 2006. Zemní pasti byly vybírány jednou za dva či čtyři týdny. Stejnonožci z města Olomouce byli odchyťováni od konce dubna 2006 do začátku dubna 2007. Zemních pastí bylo rozmístěno celkem 90 na třiceti lokalitách, pasti byly vybírány dvakrát do měsíce.

Odchyceným stejnonožcům byla měřena velikost hlavy, resp. rozpětí mezi očima pomocí mřížky v okuláru stereomikroskopu Olympus SZ40 při zvětšení, kde 20 dílků odpovídalo 1 mm. Kromě velikosti a druhové příslušnosti bylo u každého jedince zaznamenáno také pohlaví. V případě výskytu marsupia (gravidní samice) byla spočítána vajíčka, popř. embrya či manka. Případ, kdy marsupium bylo již prázdné, bylo též zaznamenáno. Jedinci menší než nejmenší samec daného druhu byli označeni jako juvenilní a nebyli zařazeni do měření a statistického zpracování. Proměření lesních stejnonožců (z CHKO Litovelské Pomoraví) provedl dr. Ivan H. Tuf, já jsem měřila materiál z olomouckých lokalit, výjma druhů *Porcellium collicola* a *Porcellio scaber*, které měřila Mgr. Bc. Eliška Stofferová.

#### 3.2. Statistické zpracování

Pro zpracování dat byl použit program MS Excel. Byl použit rovněž pro vytvoření spojnicových grafů zobrazujících výskyt gravidních samic během roku. Ostatní analýzy byly provedeny v programu NCSS. Rozdíly ve velikostech mezi jedinci *Trachelipus rathkii* z lesního a městského prostředí byly testovány pomocí jednocestné ANOVY a graficky znázorněny box-ploty. Vliv teploty a srážek na velikosti jedinců *T. rathkii* a *Ligidium hypnorum*, včetně velikosti gravidních samic a jejich fekundity, byl testován mnohonásobnou regresí. Zvlášť byl hodnocen vliv teploty a srážek z měsíce odchyty gravidních samic a zvlášť v měsíci předcházejícím odchyty stejnonožců. U průkazných závislostí byly pro názornost zhotoveny grafy

lineární regrese. Lineární regrese byla použita pro zjištění vztahu mezi velikostí gravidních samic a fekunditou.

Pro testování vlivu klimatických faktorů na velikost a fekunditu *T. rathkii* a *L. hypnorum* byla použita data z Českého hydrometeorologického ústavu (CHMÚ 2006).

### 3. 3. Charakteristika území

#### CHKO Litovelské Pomoraví

Chráněná krajinná oblast Litovelské Pomoraví byla vyhlášena v roce 1990 na ploše 96 km<sup>2</sup>. V roce 1993 byla Ramsarskou konvencí zařazena mezi mezinárodně významné mokřady. Celé území CHKO leží v Olomouckém kraji, v bývalých okresech Olomouc a Šumperk (Rybka 1996). Jádrem území tvoří meandrující řeka Morava, která se dále větví v mnoho stálých i periodických říčních ramen. Na ni navazují komplexy cenných lužních lesů, vlhkých nivních luk a mokřadů (Machar 1996). Převážná část území spadá do teplé klimatické oblasti T2, menší část do mírně teplé MT10 (Culek 1996). Průměrné roční srážky se pohybují kolem 600 mm (CHMÚ 2006)

Zemní pasti byly umístěny ve třech těsně sousedících, různě starých, lužních porostech, nedaleko obce Horka nad Moravou. Mladý (v roce 1998 tříletý) dubový porost na jílovité půdě s podrostem *Urtica dioica* L. a *Rumex obtusifolius* L., v mechovém patře s *Brachythecium rutabulum* (Hedw.); 30letý poloproduktivní les s dominancí *Fraxinus excelsior* L. a 80letý les asociace *Querco-Ulmetum*. Oba starší lesní porosty se vyskytují na hlinitopísčité až hlinité půdě s bohatým podrostem *Anemone nemorosa* L., *Polygonatum* spp., *Lathyrus vernus* L., *Maianthemum bifolium* L. a *Eurhynchium hians* (Hedw.) v mechovém patře (Tuf 2003).

#### Olomouc

Město Olomouc se nachází v Hornomoravském úvalu při řece Moravě obklopené úrodnou krajinou Hané (Machar a kol. 2003). Rozkládá se na ploše 10 337 ha a patří mezi šest největších měst České republiky. Nadmořská výška se pohybuje od 208 m n. m. v jižní části města, do 420 m n. m. v severovýchodní části města. Střed leží v nadmořské výšce 219 m n. m. (SmO 2010). Většina území města

náleží rovněž do teplé klimatické oblasti T2 (Culek 1996). Průměrné roční srážky se pohybují stejně jako u předchozí lokality kolem 600 mm (CHMÚ 2006).

Zemní pasti byly rozmístěny po Olomouci jak na udržovaných, tak na opuštěných přirozených a polopřirozených lokalitách: sídliště, dvory, parky, stromořadí, zastavěné plochy, železnice či silniční násypy (Riedel a kol. 2009; Navrátil 2007).

## 4. Výsledky

### 4.1. Popisná reprodukční biologie

V CHKO Litovelské Pomoraví bylo zjištěno 13 druhů stejnonožců (Tajovský 2000), devět druhů z nich na lokalitách v lese u Horky nad Moravou (Tuf 2003). Hygrofilní druh *Ligidium hypnorum* se ukázal nejpočetnějším a též jediným druhem, kde počet samců převyšoval počet samic (tab. 1). U všech ostatních druhů je počet samic výrazně vyšší než počet samců.

Ve městě Olomouci bylo nalezeno celkem 17 druhů stejnonožců. Nejběžnějšími druhy jsou zde *Armadillidium versicolor* (33 %), *Porcellio scaber* (21 %) a velice hojný je též *Porcellium collicola* (17 %) (Riedel a kol. 2009). Pro nedostatečný počet některých méně hojných druhů nebyly všechny druhy hodnoceny.

Seznamy všech vyskytujících se stejnonožců v CHKO Litovelské Pomoraví a v Olomouci jsou uvedeny v příloze II a III.

#### 4.1.1. Velikosti samců a samic

Samci i samice stejnonožců ve městě jsou oproti lesním druhům velikostně variabilnější (obr. 1, 2, 3, 4).

Velikosti byly porovnávány pomocí šířky hlavy. Téměř všechny samice stejnonožců odchycených v lese dosahovaly větších průměrných velikostí než samci (tab. 1). Výjimkou byl *Trachelipus rathkii*, jehož velikosti u obou pohlaví byly velmi podobné, ale přesto samci byli nepatrně větší. Naopak v městském prostředí větších průměrných velikostí dosahovali téměř vždy samci, kromě druhů *P. collicola* a *Hyloniscus riparius* (tab. 2).

Největších velikostí v lesním prostředí dosahovali samci i samice *T. rathkii*. Jejich rozpětí mezi očima činilo průměrně 1,64 mm u samců a 1,6 mm samic. Nejmenších velikostí dosahovaly samice partenogenetického druhu *Trichoniscus pusillus* s průměrnou mezioční vzdáleností 0,53 mm. Nejmenšími samci v lese byli jedinci druhu *H. riparius* s rozpětím mezi očima průměrně 0,58 mm (tab. 1).

Ve městském prostředí dosahovali největších velikostí samci i samice *Armadillidium vulgare* o průměrné vzdálenosti 2,25 mm mezi očima u samců a 2,14 mm u samic. Nejmenšími samci v městském prostředí byli rovněž jedinci *H. riparius*, s téměř stejnou průměrnou velikostí jako *H. riparius* odchycený v lese -



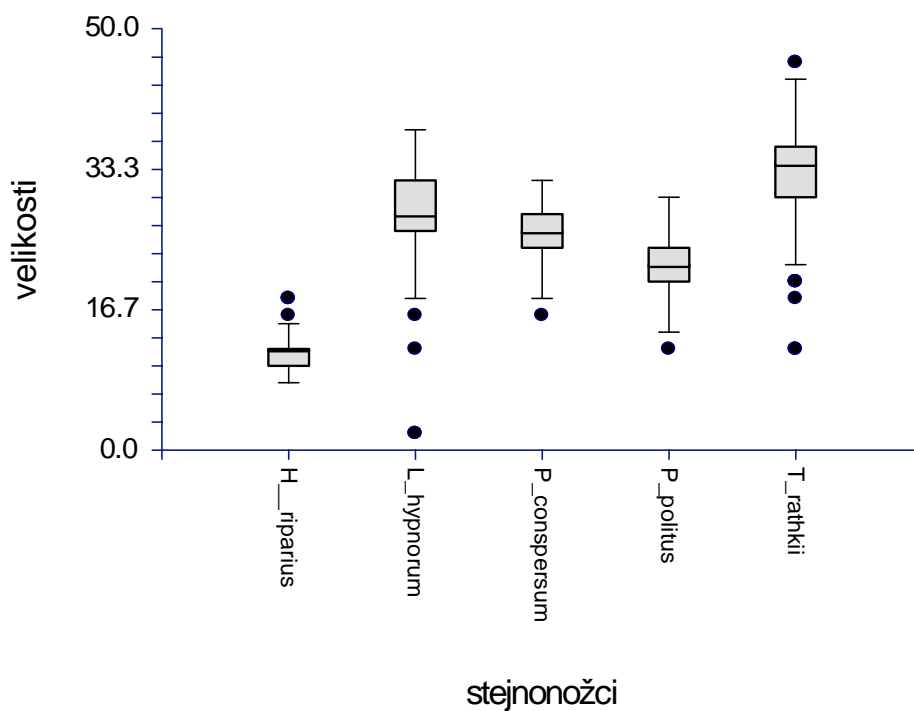
0,57 mm. Pouhých půl milimetru měly průměrně mezi očima samice *T. pusillus* (tab. 2).

**Tabulka 1: Základní charakteristika stejnonožců odchycených v lese.**

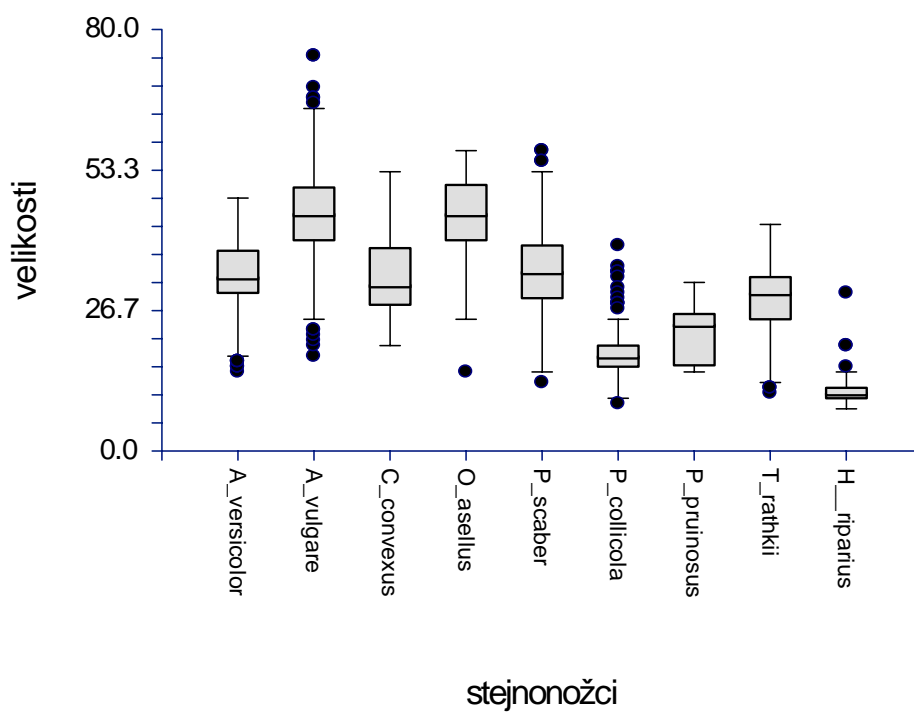
druh	pohlaví	počet	prům. velikost	
			[mm]	SE
<i>H. riparius</i>	m	86	0,58	0,219
	f	248	0,65	0,161
<i>L. hypnorum</i>	m	2996	1,43	5,951
	f	1668	1,53	0,125
<i>P. conspersum</i>	m	135	1,28	0,272
	f	222	1,33	0,350
<i>P. politus</i>	m	103	1,09	0,296
	f	313	1,28	0,245
<i>T. rathkii</i>	m	805	1,64	0,165
	f	1132	1,60	0,234
<i>T. pusillus</i>	f	464	0,53	5,168

**Tabulka 2: Základní charakteristika stejnonožců odchycených ve městě.**

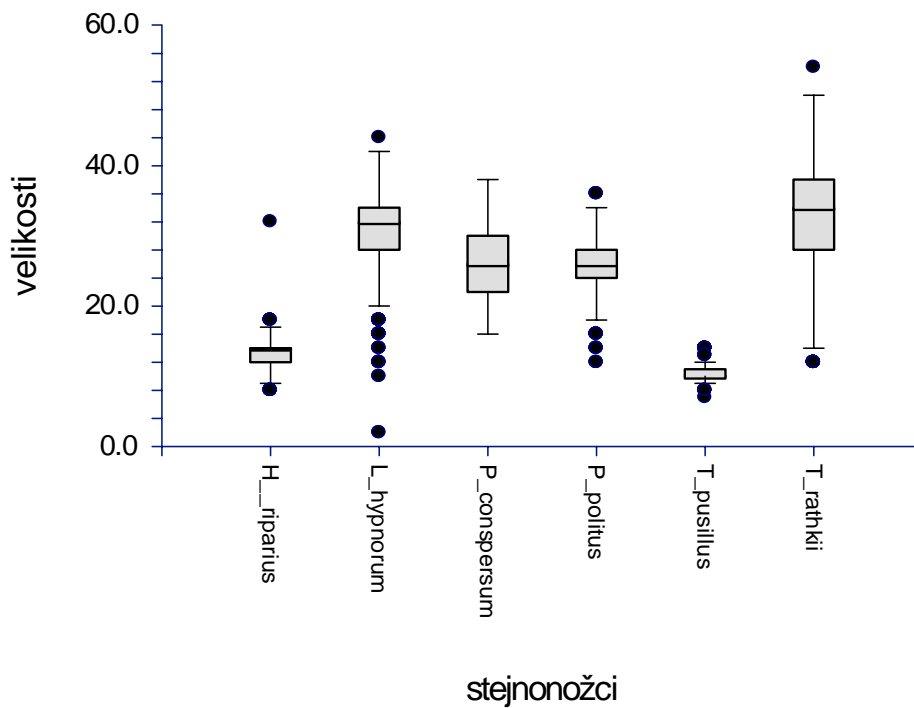
druh	pohlaví	počet	prům. velikost	
			[mm]	SE
<i>A. versicolor</i>	m	792	1,63	0,223
	f	1081	1,33	0,245
<i>A. vulgare</i>	m	311	2,25	0,518
	f	339	2,14	0,576
<i>H. riparius</i>	m	98	0,57	0,280
	f	268	0,64	0,161
<i>C. convexus</i>	m	34	1,67	1,332
	f	74	1,60	0,946
<i>O. asellus</i>	m	25	2,16	2,029
	f	51	1,80	1,695
<i>P. scaber</i>	m	534	1,70	0,321
	f	1037	1,60	0,293
<i>P. collicola</i>	m	466	0,90	0,161
	f	975	0,98	0,140
<i>P. pruinus</i>	m	12	1,12	1,569
	f	15	1,01	1,435
<i>T. rathkii</i>	m	144	1,41	0,578
	f	384	1,36	0,433
<i>T. pusillus</i>	f	18	0,50	0,335



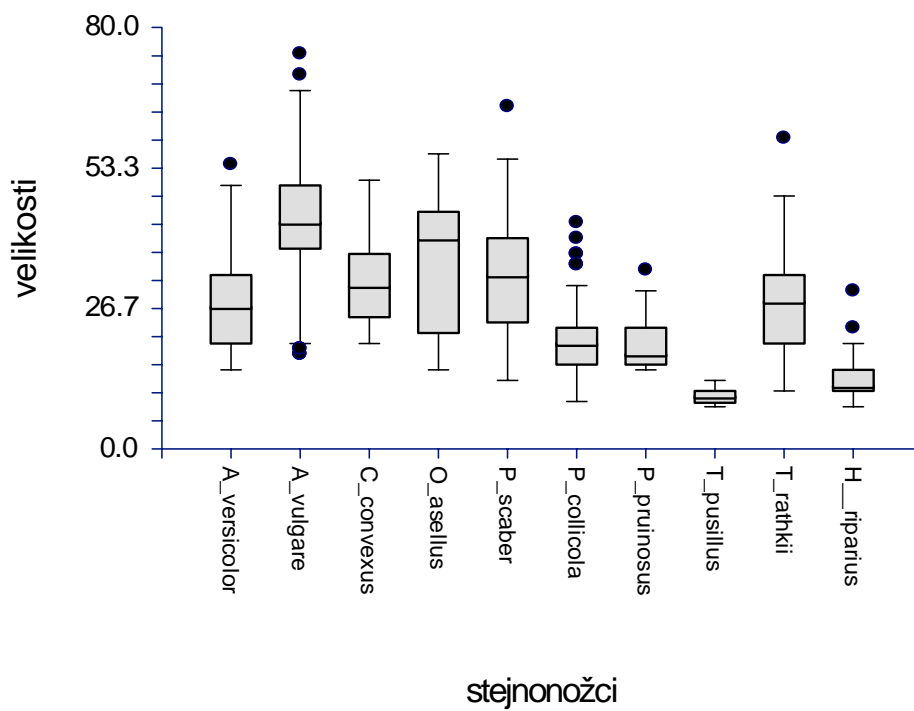
Obrázek 1: Velikosti samců odhycených v lese. 20 dílků ~ 1 mm.



Obrázek 2: Velikosti samců odhycených ve městě. 20 dílků ~ 1 mm.



Obrázek 3: Velikosti samic odchycených v lese. 20 dílků ~ 1 mm.



Obrázek 4: Velikosti samic odchycených ve městě. 20 dílků ~ 1 mm.

#### 4.1.2. Velikosti gravidních samic

Při porovnání procentuálního vyjádření početnosti gravidních samic z celkového počtu odchycených samic v roce 2006 se zdá, že stejnožáci ve městě se více rozmnožují než v lese (tab. 3, 4). Dlouhodobý průměr poměru samic vstupujících do reprodukce je však ekvivalentní poměru ve městě. Nápadná je větší variabilita velikostí gravidních samic ve městě (obr. 5, 6).

##### Gravidní samice v lese

V lese bylo za celé sledované období odchyceno celkem 663, tj. 16,38 % gravidních samic uvedených v tab. 3. Největší podíl gravidních samic z celkového počtu odchycených samic má *H. riparius* (25,4 %) a *Protracheoniscus politus* (18,84 %). Naopak nejméně bylo odchyceno gravidních samic *Porcellium conspersum* s 12,16 % (tab. 3). V roce 2006 se rozmnožovalo necelých 12 % samic.

**Tabulka 3: Srovnání gravidních samic druhů odchycených v lese.**

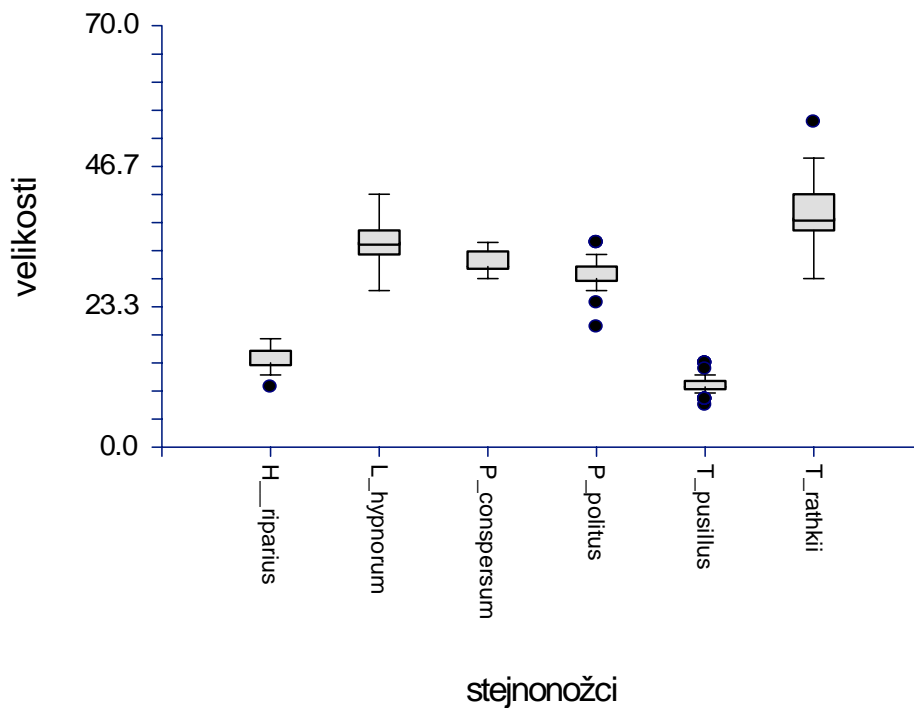
druh	počet	počet v %	grav. samice v % r. 2006	průměrná velikost [mm]	počet samic s vajíčky	průměrná fekundita	SE
<i>H.riparius</i>	64	25,8	0	0,7	35	9	0,200
<i>L.hypnorum</i>	268	16	24	1,68	146	7,9	0,183
<i>P.conspersum</i>	27	12,16	18,1	1,54	16	12	0,404
<i>P.politus</i>	59	18,84	7,1	1,4	22	15,9	0,308
<i>T.pusillus</i>	78	16,81	0	0,52	62	3,6	0,168
<i>T.rathkii</i>	167	14,75	8,3	1,96	104	38,3	0,325

##### Gravidní samice ve městě

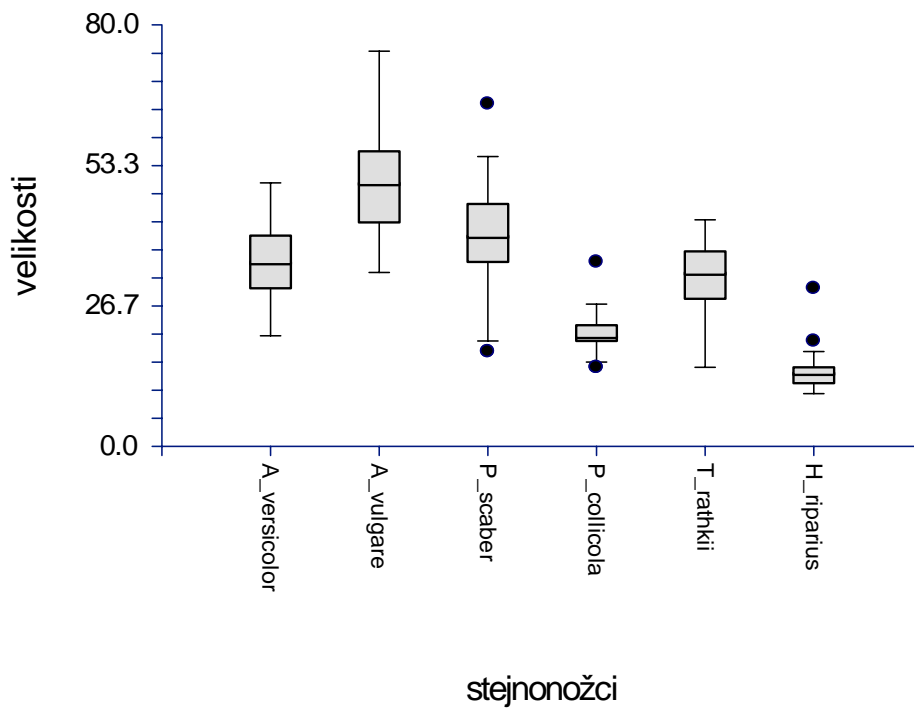
V Olomouci bylo za celé sledované období odchyceno celkem 537 gravidních samic, (13,14 %) uvedených v tabulce 4. Nejvíce se zde rozmnožuje *T. rathkii* (18 %), *H. riparius* (17,9 %), a *P. collicola* (16,61 %) Naopak nejméně gravidních samic patří druhu *A. versicolor* (9,1 %) (tab. 4).

**Tabulka 4: Srovnání gravidních samic druhů odchycených ve městě.**

druh	počet	počet v %	průměrná velikost [mm]	počet samic s vajíčky	průměrná fekundita	SE
<i>A. versicolor</i>	99	9,1	1,74	27	16,2	0,553
<i>A. vulgare</i>	53	15,63	2,50	35	53,5	1,297
<i>H. riparius</i>	48	17,9	0,70	22	10,5	0,441
<i>P. scaber</i>	106	10,22	2	45	28,2	0,817
<i>P. collicola</i>	162	16,61	1,06	66	11,4	0,219
<i>T. rathkii</i>	69	18	1,60	21	15,6	0,807



Obrázek 5: Velikosti gravidních samic odchycených v lese. 20 dílků ~ 1 mm.



Obrázek 6: Velikosti gravidních samic odchycených ve městě. 20 dílků ~ 1 mm.

### 4.1.3. Fekundita

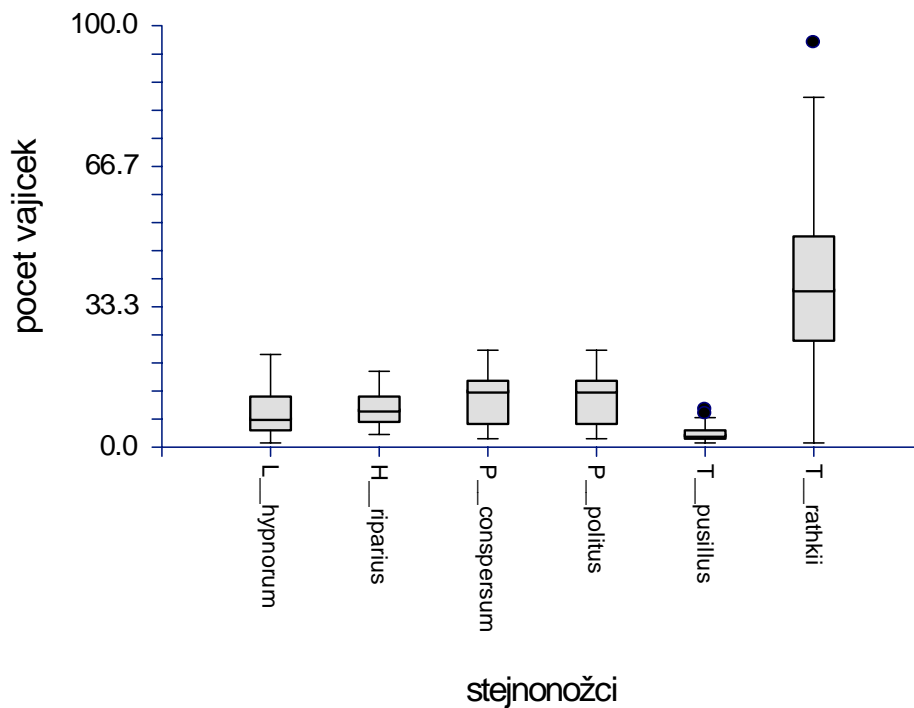
Nejplodnějším druhem odchyceným v lese je bezpochyby *T. rathkii* s průměrným počtem 38,3 vajíček. Nejmenší počet vajíček byl zaznamenán u *T. pusillus*, pouhých 3,6 vajíček na samici (tab. 3; obr. 7).

Největší snůška ve městě byla zaznamenána u *A. vulgare* s průměrným počtem 53,5 vajíček na samici. Naopak nejméně vajíček měl *H. riparius*, průměrně 10,5 vajíček (tab. 4; obr. 8).

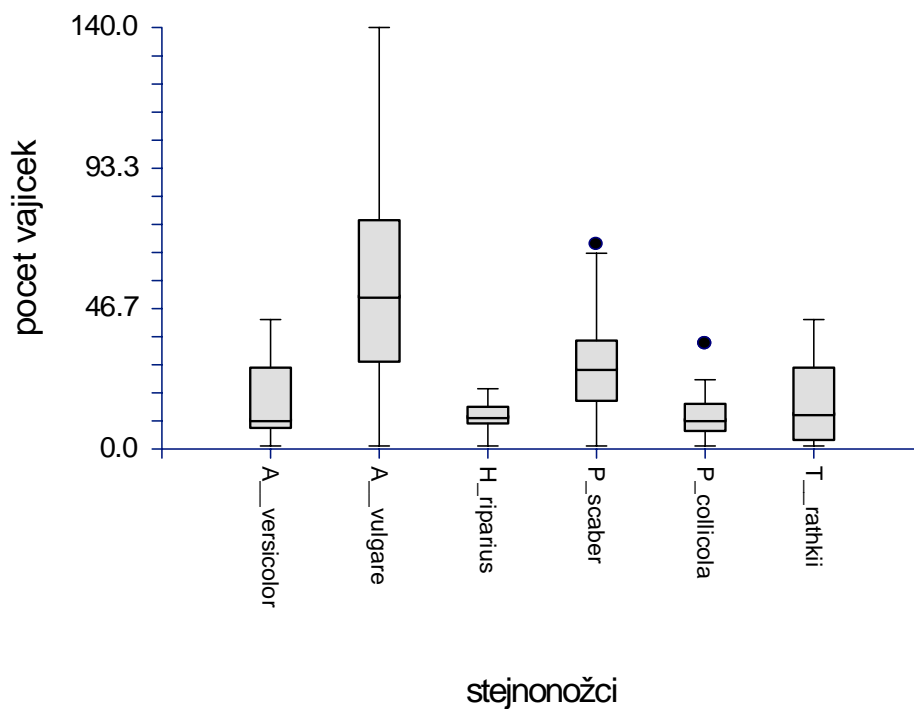
U nejpočetnějších druhů odchycených v lese (*L. hypnorum*, *T. rathkii*) byla prokázána pozitivní závislost fekundity na velikosti gravidních samic. Čím jsou samice větší, tím jsou více plodné (tab. 5; obr. 9, 10, 11, 12). Pozitivní závislost fekundity na velikosti byla nalezena také mezi všemi lesními a všemi městskými druhy stejnonožců (tab. 5; obr. 11, 12).

**Tabulka 5: Lineární regrese. Závislost fekundity na velikosti gravidních samic.**

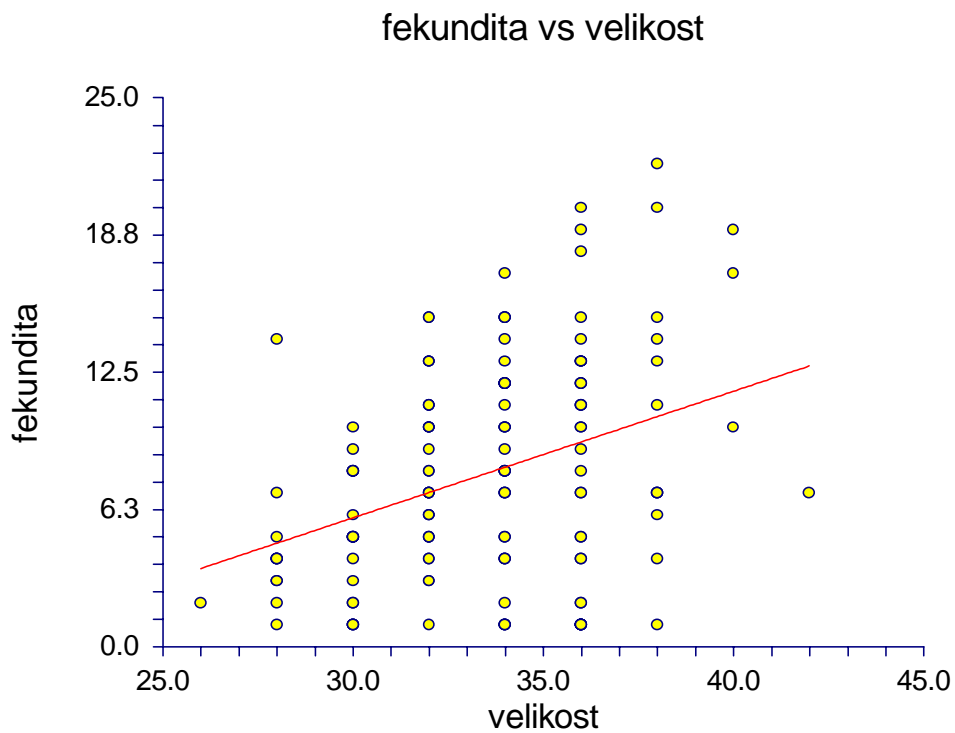
druh	R	SE	Prob Level
<i>L. hypnorum</i>	0,576	0,126	<b>0,000</b>
<i>T. rathkii</i>	2,792	0,390	<b>0,000</b>
lesní celkem	0,880	0,065	<b>0,000</b>
městské celkem	1,099	0,086	<b>0,000</b>



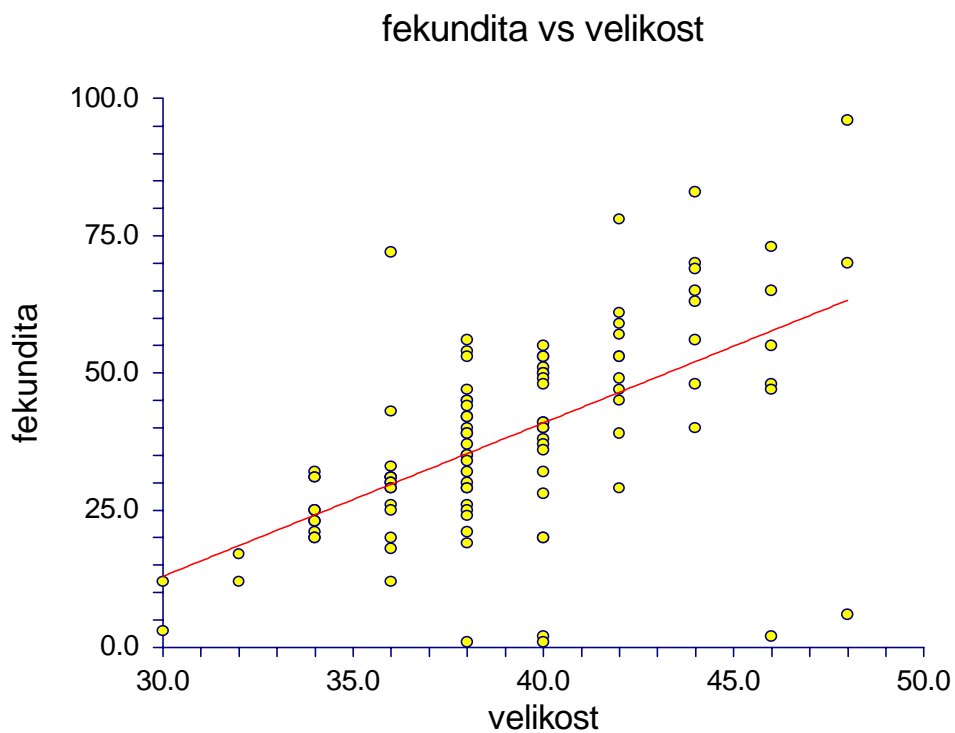
Obrázek 7: Fekundita samic odchycených v lese.



Obrázek 8: Fekundita samic odchycených ve městě.

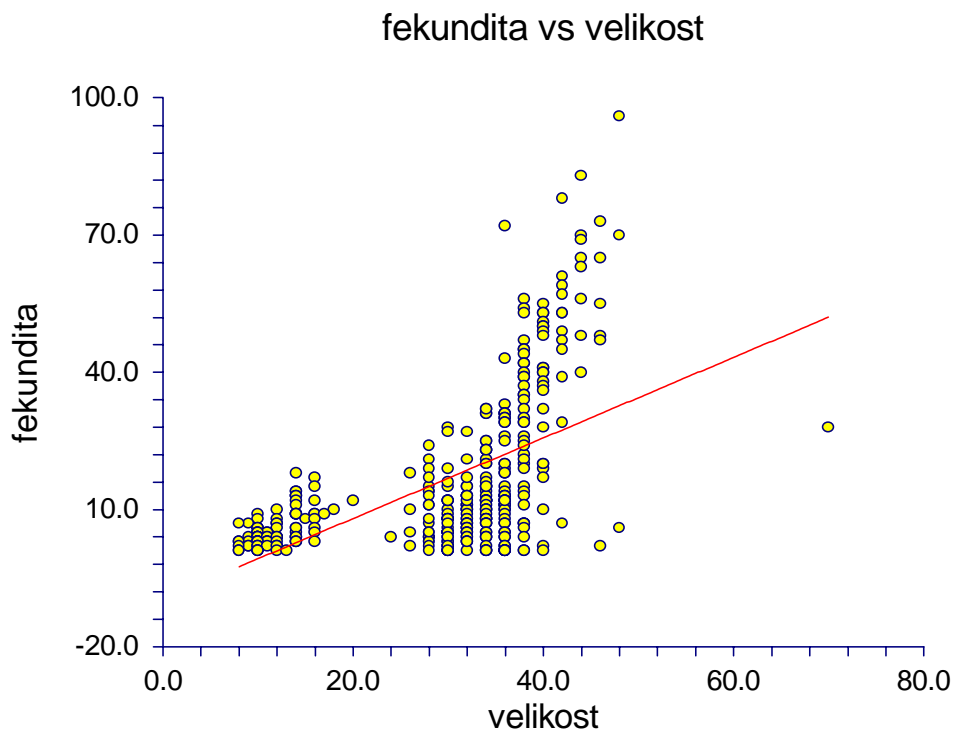


Obrázek 9: *L. hypnorum*. Závislost fekundity na velikosti gravidních samic.

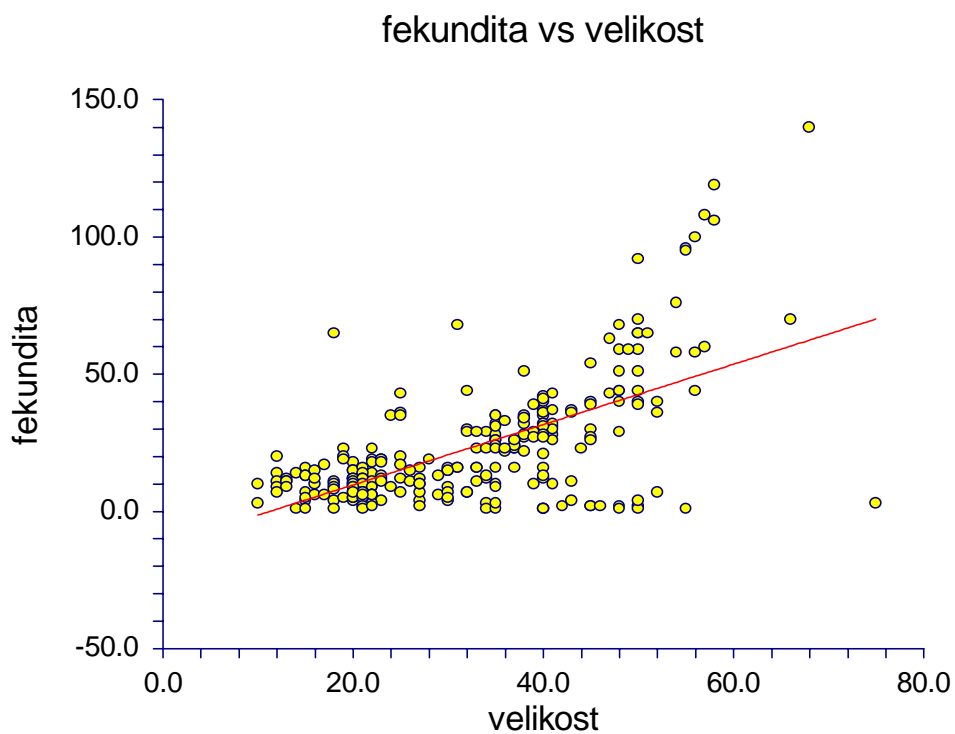


Obrázek 10: *T. rathkii*. Závislost fekundity na velikosti gravidních samic.





Obrázek 11: Závislost fekundity na velikosti lesních gravidních samic.



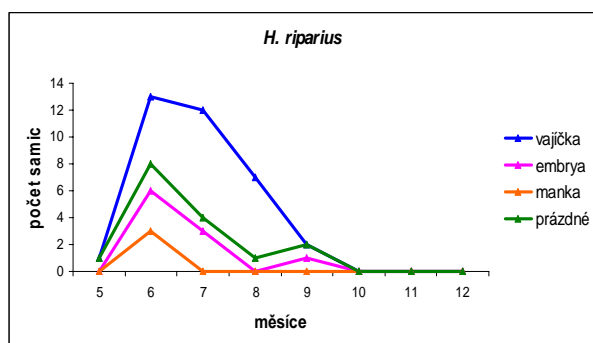
Obrázek 12: Závislost fekundity na velikosti městských gravidních samic.

#### 4.1.4. Výskyt gravidních samic během roku

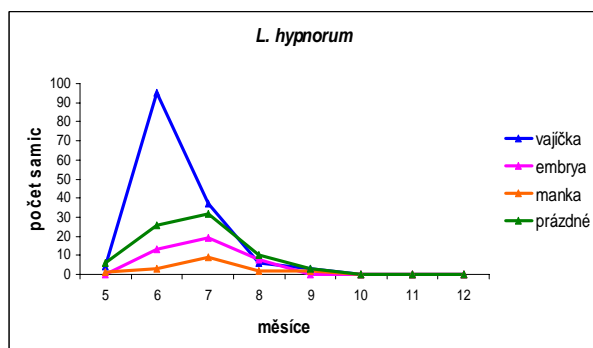
Gravidní samice byly celkově zaznamenávány od května do prosince.

##### Les

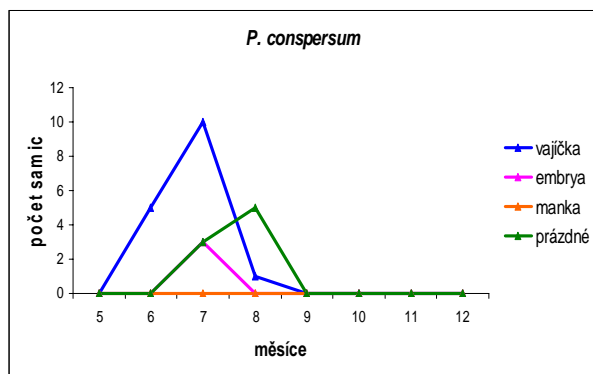
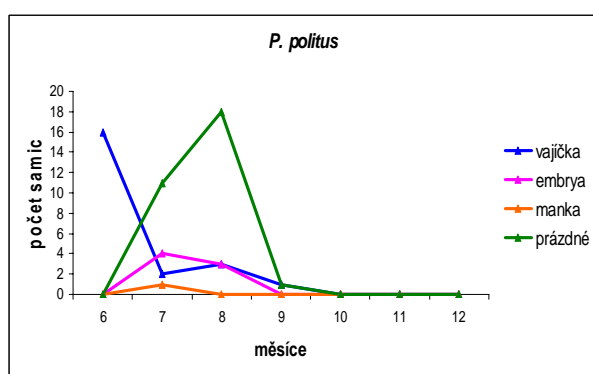
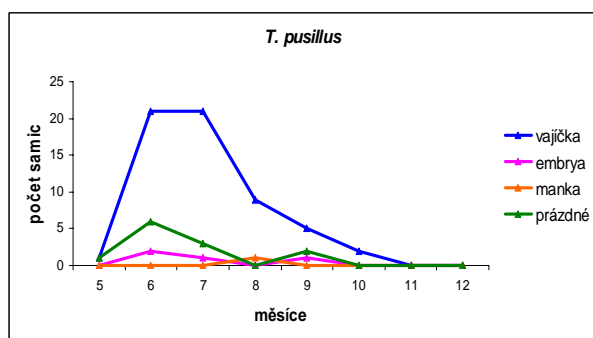
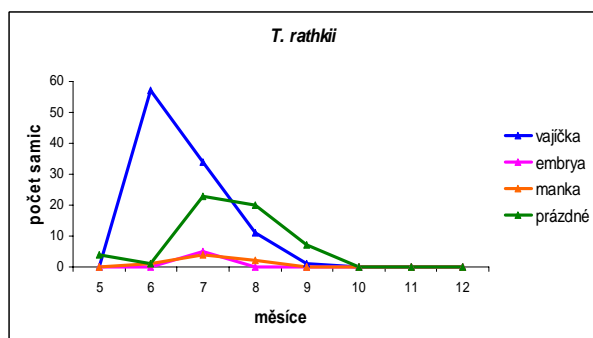
Gravidní samice v lese byly zaznamenávány od května do října. Průměrná doba výskytu trvala 5,16 měsíců. Gravidní samice se začaly v malém počtu objevovat v květnu, nejvyšší počet byl u většiny druhů zaznamenán v červnu a v červenci. Tyto měsíce se nejvíce objevovaly samice s vajíčky. Poměrně často bylo během letního období zaznamenáno prázdné marsupium. Gravidních samic s manky a embryi bylo nejméně. V srpnu a v září výskyt gravidních samic značně poklesl. Až do října byl zaznamenán výskyt gravidních samic *L. hypnorum*, *T. pusillus* a *T. rathkii* (obr. 14, 17, 18). Pouze čtyři měsíce byly zaznamenány gravidní samice *P. conspersum* (květen až srpen) (obr. 15) a *P. politus*, který se vyskytoval od června až září (obr. 16).



Obrázek 13: Výskyt gravidních samic *H. riparius*.

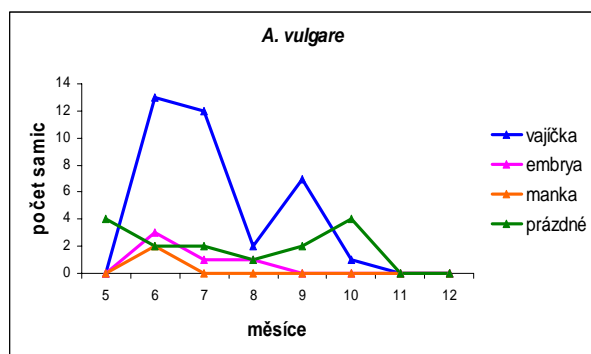


Obrázek 14: Výskyt gravidních samic *L. hypnorum*.

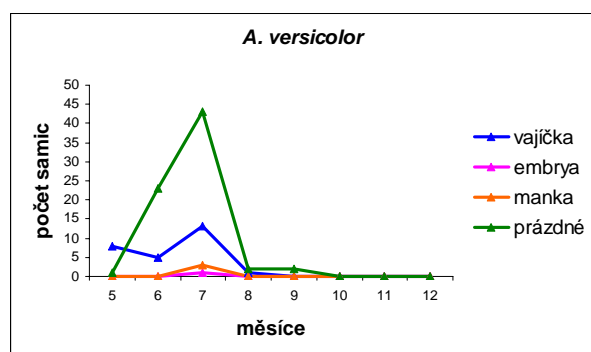
Obrázek 15: Výskyt gravidních samic *P. conspersum*.Obrázek 16: Výskyt gravidních samic *P. politus*.Obrázek 17: Výskyt gravidních samic *T. pusillus*.Obrázek 18: Výskyt gravidních samic *T. rathkii*.

## Město

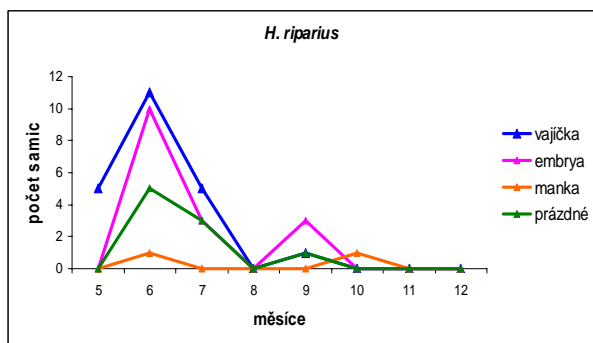
Gravidní samice ve městě byly zaznamenávány od května do prosince. Průměrná doba výskytu gravidních samic ve městě byla 6 měsíců. První jedinci se začali vyskytovat rovněž v květnu. U většiny druhů dosahovaly gravidní samice nejvyšších počtů v červenci (obr. 20, 22, 23, 24) a potom v červnu (obr. 19, 21). Nejdéle se vyskytovaly gravidní samice *P. scaber*. Samice s prázdným marsupiem byly odchyceny v průběhu celého podzimu a ještě v prosinci byla odchycena samice *P. scaber* s vajíčkem a samice s prázdným marsupiem (obr. 22). Nejkratší doba výskytu byla zaznamenána u samic *A. versicolor* a *T. rathkii* (obr. 20, 24), které se vyskytovaly po dobu pěti měsíců, a to od května do září.



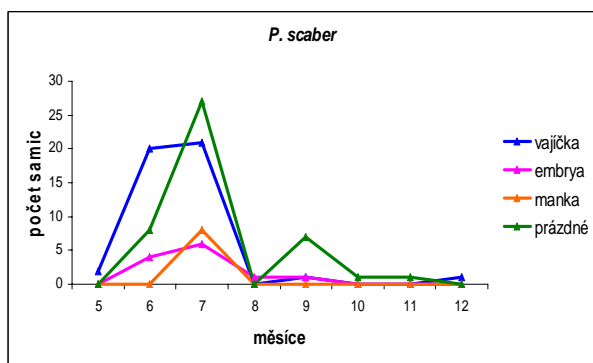
Obrázek 19: Výskyt gravidních samic *A. vulgare*.



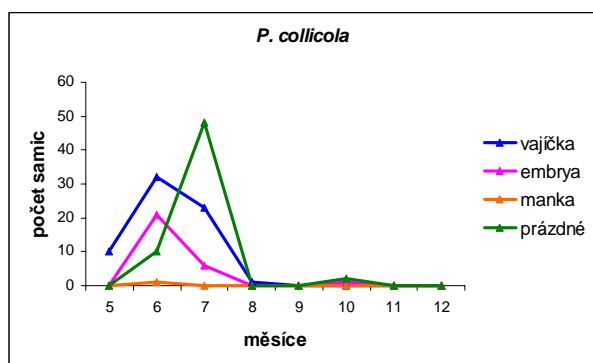
Obrázek 20: Výskyt gravidních samic *A. versicolor*.



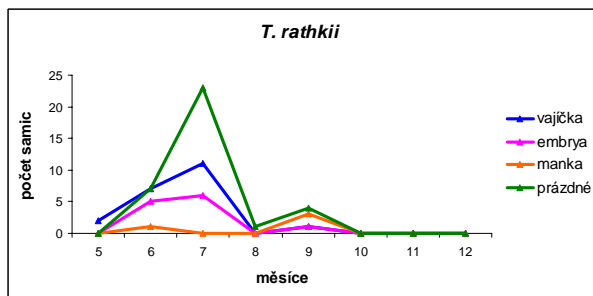
Obrázek 21: Výskyt gravidních samic *H. riparius*.



Obrázek 22: Výskyt gravidních samic *P. scaber*.



Obrázek 23: Výskyt gravidních samic *P. collicola*.



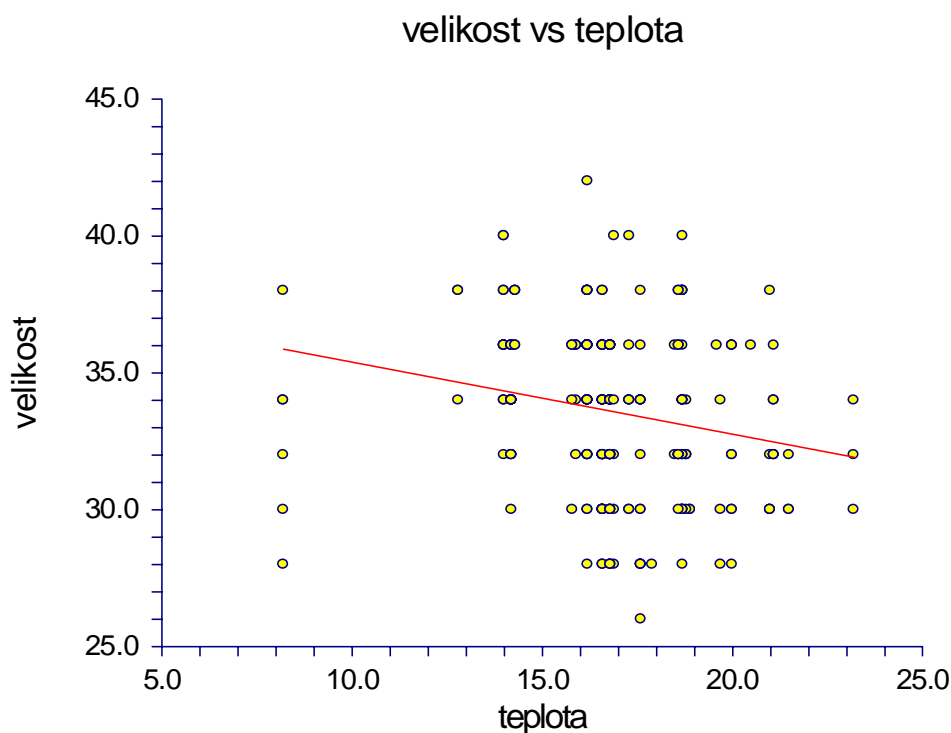
Obrázek 24: Výskyt gravidních samic *T. rathkii*.

#### 4.1.5. Vliv klimatických faktorů

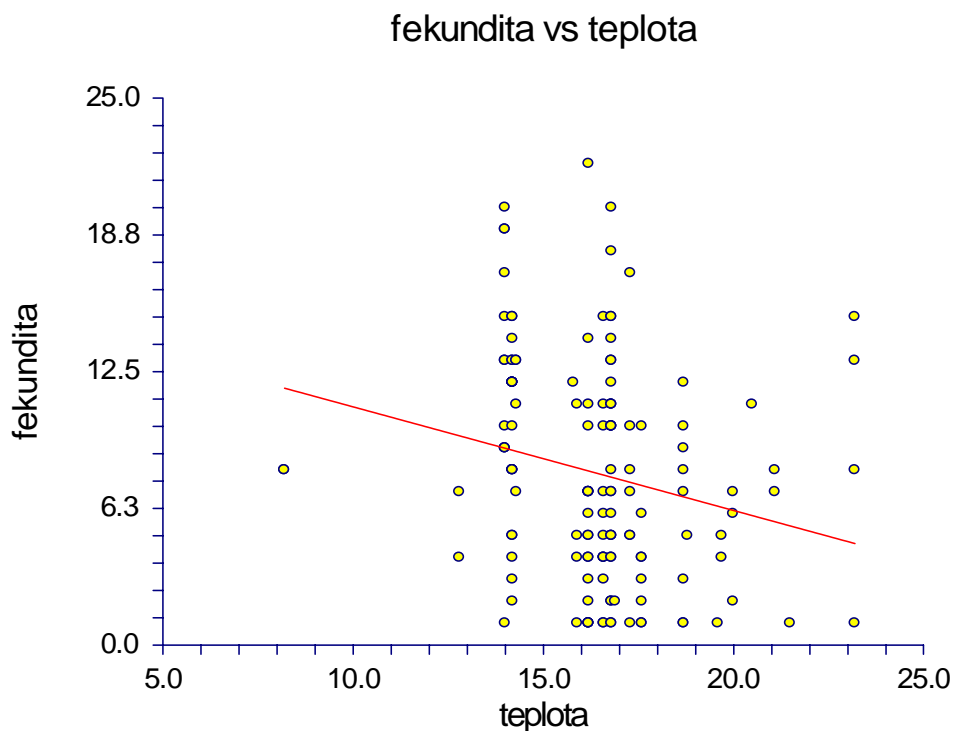
Vliv klimatických faktorů, tj. teploty a srážek, na velikosti a na fekunditu gravidních samic byl zjišťován u nejpočetnějších druhů odchycených v lese, *L. hypnorum* a *T. rathkii*.

##### Teplota

Vliv teploty v měsíci odchyty gravidních samic nebyl prokázán ani na velikost ani na fekunditu ani u jednoho druhu. Zajímavé výsledky ale přinesly analýzy vlivu teploty v měsíci předcházejícím příslušným odchytům. Tato teplota měla vliv jak na velikost, tak na fekunditu samic *L. hypnorum*. S rostoucí teplotou klesly průměrné velikosti gravidních samic (obr. 25) a zároveň došlo k poklesu počtu vajíček (obr. 26).



Obrázek 25: *L. hypnorum*, vliv teploty na velikosti gravidních samic měsíc před odchylem ( $R=-0,3059$ ;  $SE=0,0797$ ;  $p=0,0002$ ). 20 dílků  $\sim 1$  mm.

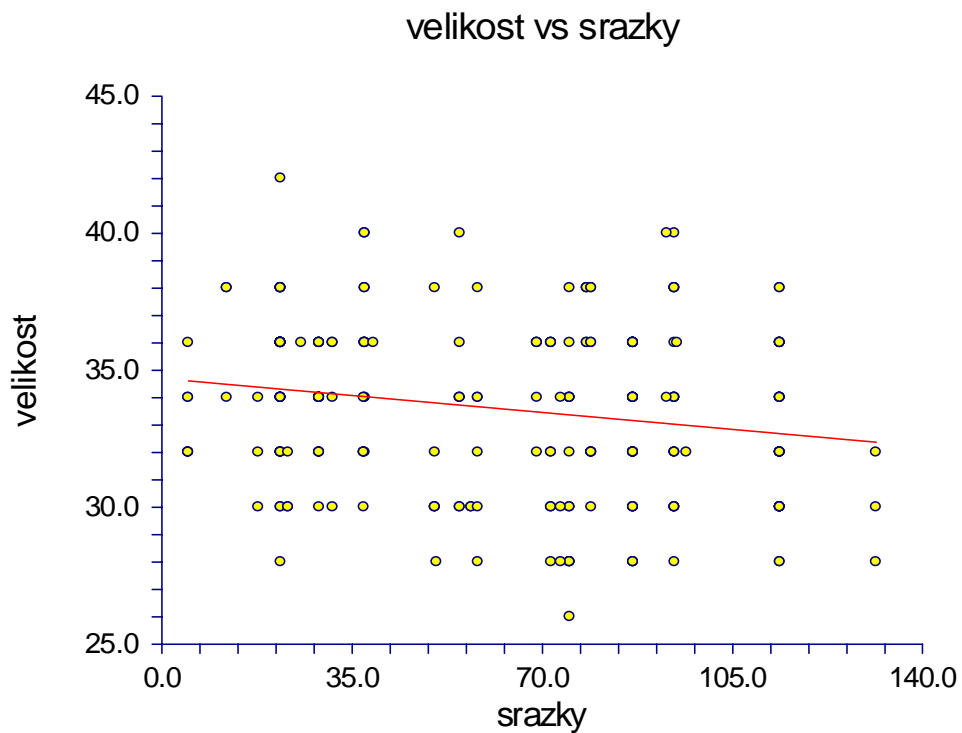


**Obrázek 26:** *L. hypnorum*, vliv teploty na fekunditu měsíc před odchytem ( $R=-0,4484$ ;  $SE=0,1791$ ;  $p=0,0134$ ).

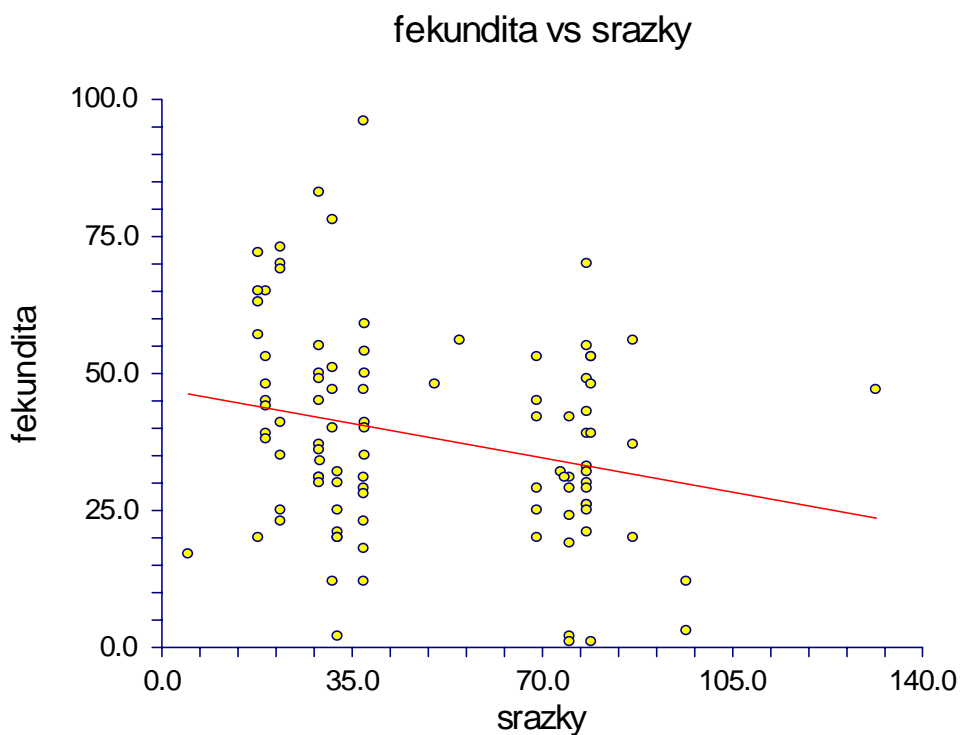
### Srážky

Vliv srážek v měsíci odchytu gravidních samic rovněž nebyl prokázán. Srážky měsíce předcházejícího odchytu ovlivnily pouze velikosti samic *L. hypnorum*. S nárůstem srážek došlo ke snížení velikostí gravidních samic (obr. 27).

Fekundita byla ovlivněna srážkami měsíc před odchytem gravidních samic *T. rathkii*. Nárůst srážek způsobil pokles počtu vajíček (obr. 28).



Obrázek 27: *L. hypnorum*, vliv srážek na velikost gravidních samic měsíc před odchytém ( $R=-0,0147$ ;  $SE=0,0053$ ;  $p=0,0056$ ).



Obrázek 28: *T. rathkii*, vliv srážek na fekunditu měsíc před odchytém gravidních samic ( $R=-0,1790$ ;  $SE=0,0697$ ;  $p=0,0118$ ).



## 4.2. Porovnání městských a lesních jedinců *T. rathkii*

*T. rathkii* se jako jeden z mála druhů vyskytuje poměrně hojně jak v lesním tak v městském prostředí. Byli srovnáváni jedinci za rok 2006 od dubna, kdy bylo dostatek dat jak z lesního tak z městského prostředí. Ve městě Olomouci bylo odchyceno celkem 485 jedinců *T. rathkii* a v Litovelském Pomoraví za tu samou dobu bylo odchyceno 309 jedinců *T. rathkii*.

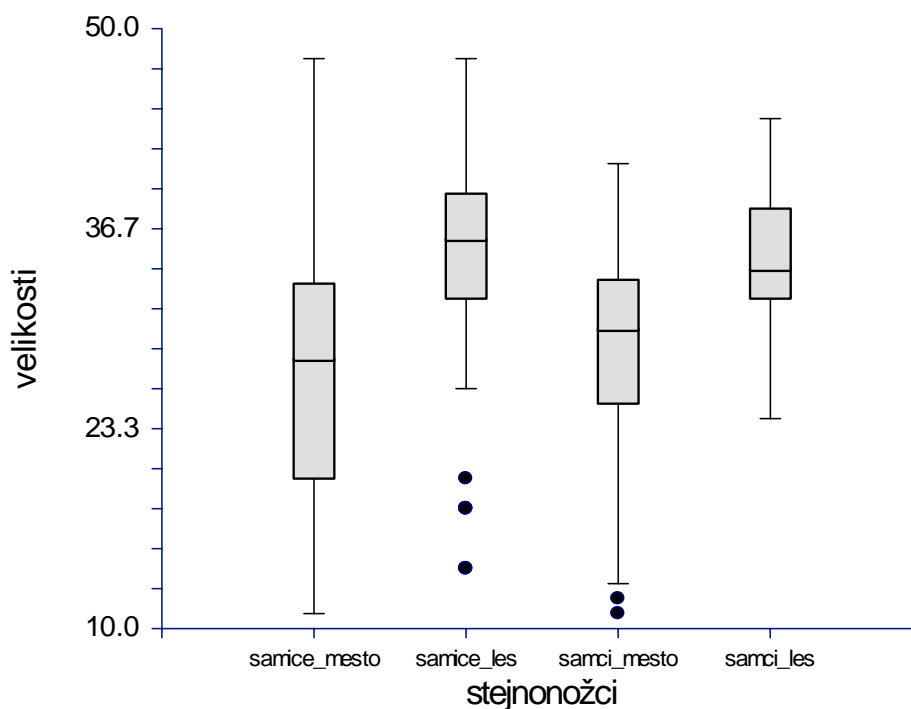
### 4.2.1. Velikosti

Průměrné velikosti samců a samic *T. rathkii* z obou prostředí zobrazuje tabulka 6. Zatímco samci v Olomouci dosahovali větších velikostí než samice, v lesním prostředí byla obě pohlaví velikostně téměř vyrovnaná (tab. 6).

Jedinci obou pohlaví žijící v lese, dosahovali prokazatelně větších průměrných velikostí než jedinci žijící ve městě (tab. 6; obr. 29).

**Tabulka 6: Anova. Srovnání průměrných velikostí samců a samic *T. rathkii* odchycených ve městě a v lese.**

	počet	průměr [mm]	SE	F-Ratio	Prob Level
celkem	794	1,56			
<b>městské</b>	485	1,39	0,317		
samci	134	1,42	0,604		
samice	351	1,35	0,373		
<b>lesní</b>	309	1,73	0,397		
samci	131	1,71	0,611		
samice	178	1,74	0,524		
<b>městské×lesní</b>				159,48	<b>0,000000*</b>



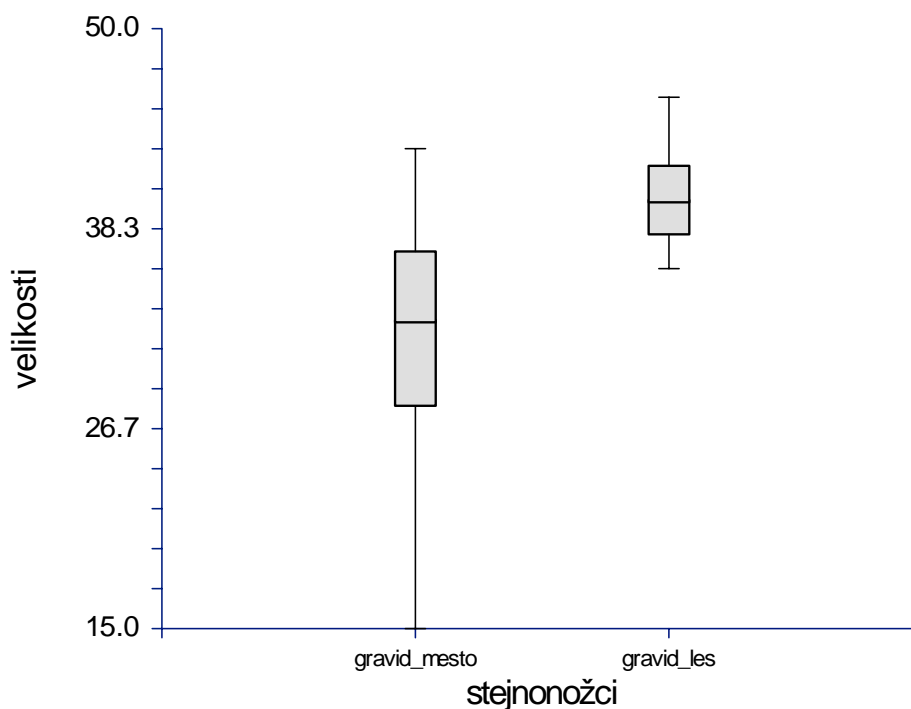
Obrázek 29: Velikosti samic a samců *T. rathkii* ve městě a v lese. 20 dílků ~ 1 mm.

#### 4.2.2. Velikosti gravidních samic

Z celkového počtu 351 odchycených samic *T. rathkii* v městském prostředí bylo téměř 20 % samic gravidních (tab. 7). Z lesního prostředí bylo odchyceno za ten samý rok celkem 178 samic s 8,4 % gravidními samicemi. Gravidní samice v lese dosahovaly prokazatelně větších průměrných velikostí než samice v Olomouci (tab. 7; obr. 30).

Tabulka 7: Anova. Srovnání velikostí gravidních samic *T. rathkii*.

	počet	počet v %	průměr [mm]	SE	F-Ratio	Prob Level
celkem	84		1,79			
městské	69	19,6	1,60	0,749		
lesní	15	8,42	1,98	1,607		
<b>městské×lesní</b>					<b>18,52</b>	<b>0,000046*</b>



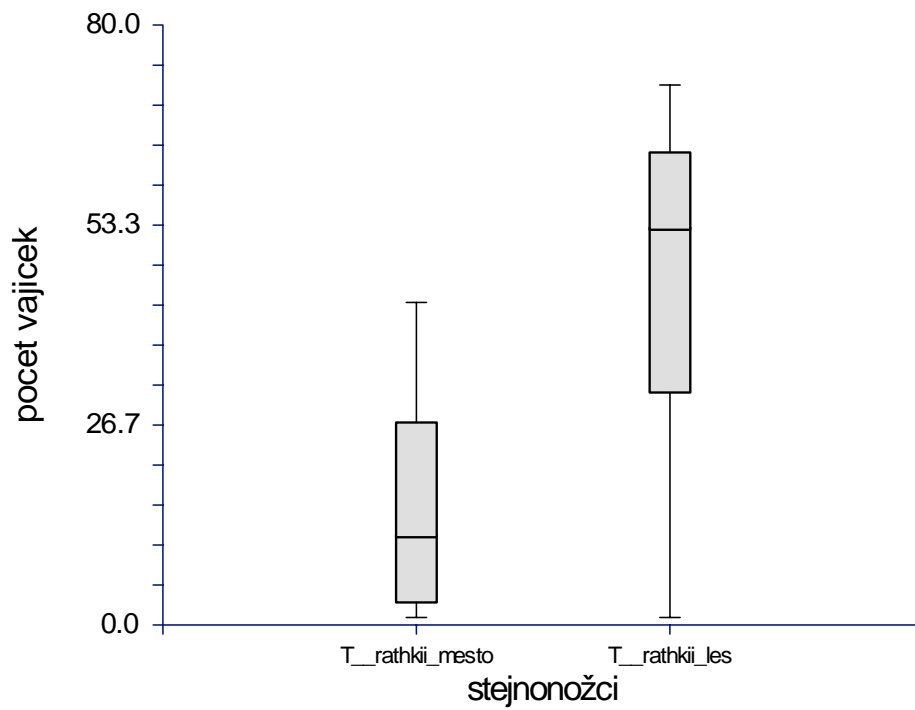
Obrázek 30: Velikosti gravidních samic *T. rathkii*. 20 dílků ~ 1 mm.

#### 4.2.3. Fekundita

V Olomouci bylo odchyceno téměř o polovinu více samic s vajíčky. Samice odchycené v lese však byly výrazně plodnější. Ve svém marsupiu měly průměrně třikrát více vajíček než samice odchycené ve městě (tab. 8, obr. 31).

Tabulka 8: Anova. Srovnání fekundity samic *T. rathkii* odchycených ve městě a v lese.

	počet samic	prům. počet vajíček	SE	F-Ratio	Prob Level
všichni	32	30,60			
městské	21	15,57	3,740		
lesní	11	45,63	5,170		
<b>městské×lesní</b>				<b>22,21</b>	<b>0,000052*</b>



Obrázek 31: Fekundita samic *T. rathkii* odchycených ve městě a v lese.

## 5. Diskuze

### 5.1. Lesní a městské populace

#### 5.1.1. Velikosti

Byly srovnávány populace stejnonožců v lesním prostředí CHKO Litovelské Pomoraví a stejnonožců vyskytujících se ve městě Olomouci.

Lesní prostředí vytváří příznivé mikroklimatické podmínky a poskytuje dostatečné množství zdrojů nacházející se v mrtvém tlejícím dřevě, pařezech, listovém opadu (Korsós a kol. 2002). Urbánní prostředí naopak charakterizuje vysoká disturbance, která vytváří mnoho vhodných mikrostanovišť, které pak stejnonožci kolonizují (zahrady, parky, komposty, mulčovací kůra apod.) (Rebele 1994; Gaston a kol. 2005; Smith a kol. 2006; Navrátil 2007).

Výsledky této práce potvrzují, že urbánní prostředí je druhově bohatší než lesní prostředí. Disturbance zvyšuje diverzitu stejnonožců a druhové bohatství je tak ovlivněno jejím zvýšením či poklesem na stanovišti, které daný druh preferuje (Hornung a kol. 2007). Kromě tohoto pozitivního vlivu, také vyšší teplota ve městě má za následek zvýšený počet druhů stejnonožců. S vyšší teplotou se zde mohou udržovat druhy z jižních oblastí a cizokrajné druhy (Rebele 1994).

Ukázalo se, že populace stejnonožců v městském prostředí jsou více variabilní ve velikostech než lesní druhy. Průměrné velikosti jedinců jednotlivých druhů v lesním prostředí jsou vesměs podobné, kdežto v městském prostředí dosahují stejnonožci více rozdílných velikostí. Tento rozdíl by mohly vysvětlit podmínky prostředí. Zatímco lesní prostředí je poměrně stabilní, urbánní prostředí, typické vysokou disturbancí, různorodostí a nestálými podmínkami je pro stejnonožce stresující. Na tuto proměnlivost je nutné se přizpůsobit a druhy pak pravděpodobně reagují větší variabilitou ve velikostech a snůšce. Ve stresujícím prostředí jedinci rychleji rostou, krátí období reprodukce a mají menší snůšku (Glazier a kol. 2003). Vyšší variabilitu ve velikostech samic *Porcellio spinicornis* v přírodním prostředí oproti laboratorním podmínkám zaznamenal McQueen (1976b), zřejmě mimo jiné proto, že samice rostou oproti samcům rychleji. Při pohledu na obr. 1, 2, 3, 4 ve výsledcích je skutečně patrné, že samice, odchycené v Olomouci, i v lese, jsou velikostně o trochu variabilnější než samci v obou prostředích. Velká fenotypová

plasticita v růstu tak může být vhodnou taktikou pro maximální fitness při změně životních podmínek (Dangerfield a Hassall 1992).

Kromě toho větší kolísání velikostí městských druhů by také mohlo být způsobeno přítomností více kohort. Vyšší teploty ve městě mohou prodloužit reprodukční období a samice při vhodných podmínkách mohou plodit i vícekrát v roce: zjara i později v létě nebo na podzim. To se týká hlavně velkých samic objevujících se na jaře, které se zřejmě narodily předešlý rok, prezimovaly a nyní jsou schopné se rozmnožit. Díky jejich přítomnosti zjara a nově narozeným potomkům během léta pak dojde k rozkolísání velikostí (McQueen 1975).

Téměř všechny samice stejnonožců v lese jsou o něco větší než samci (výjma *Trachelipus rathkii*). Dangerfield a Telford (1994) popisují stejné výsledky u jihoafrického druhu *Aphiloscia vilis* či Sunderland a kol. (1976) u temperátního druhu *Philoscia muscorum*. Domnívají se, že samci mají pravděpodobně maximum své velikosti nastaveno níže než samice. Tato domněnka však neodpovídá zjištěným velikostem stejnonožců odchycených ve městě, kde větších velikostí dosahovali většinou samci (kromě *Hyloniscus riparius*, *Porcellium collicola*). Zajímavé je, že větší velikost samců *P. pruinosus* zaznamenali v synantropních oblastech také Dangerfield a Telford (1994). Toto zjištění může naznačovat rozdílné vyrovnávání samců a samic s extrémními a nestabilními podmínkami, popřípadě až větší citlivost samic na disturbance a stres. Nicméně tuto hypotézu je nutné ještě prověřit.

Podle Schmalfusse (1984) lze stejnonožce zařadit dle tvaru těla do několika ekomorfologických typů: běhaví "runners", přilnaví "clingers", schopni volvace "rollers", ostatní "spiny forms", prodíraví "creepers" a odlišní "nonconformis". Stejnonožci, uváděné v této práci, náleží mezi 3 typy: "runners", "clingers" a "rollers". Do skupiny "runners" patří endogeické, neboli půdně žijící druhy rodu *Hyloniscus*, *Trichoniscus* a rody epigeické, neboli žijící na povrchu půdy a v opadu *Porcellionides* a *Ligidium*. Mezi "clingers" náleží epigeické druhy rodu *Oniscus*, *Trachelipus*, *Porcellium* a *Porcellio* a mezi "rollers" epigeické rody *Armadillidium* a *Cylisticus*. Většina zde uvedených rodů žije tedy v povrchových vrstvách půdy a opadu, pouze "runners" *H. riparius* a *Trichoniscus pusillus* jsou druhy žijící v hlubších vrstvách půdy. Variabilita ve velikostech těchto endogeických druhů byla nejmenší s porovnáním ostatních odchycených druhů v obou typech prostředí. Podle Glaziera a kol. (2003) právě tyto půdní druhy žijí ve stabilnějším prostředí, mají dostatek vlhkosti a netrpí vysušováním tak jako povrchově žijící druhy. Tím pádem

jsou méně stresované a variabilita ve velikostech dospělců nekolísá tolik jako u povrchově žijících, stresovanějších druhů.

### 5.1.2. Období rozmnožování

#### Gravidní samice

Velikosti gravidních samic byly rovněž ve městě mnohem více variabilní než velikosti samic v lese. Procentuální vyjádření počtu gravidních samic u sledovaných druhů ukázalo, že v lese se za celé sledované období (tj. 1998-2006) rozmnožovalo 16,38 % samic. V Olomouci během jednoho roku (2006) bylo odchyceno 13,14 % gravidních samic, v lese bylo za ten samý rok odchyceno necelých 12 %. Zajímavé je, že gravidní samice endogeických druhů *H. riparius* a *T. pusillus* v tomto roce nebyly vůbec chyceny, přestože se vyskytují ve stabilnějším a tudíž výhodnějším prostředí a mělo by se jim tedy více "dařit". Celkově se však zdá, že se stejnonožci dobře rozmnožují v obou typech prostředí.

Za období rozmnožování a plození mláďat je považováno období od prvního objevení gravidních samic do posledního objevení samic s prázdným marsupiem. Kolísá podle druhu, lokality, podmínek prostředí a je silně sezónní (Achouri a kol. 2008; Dangerfield a Hassall 1992; Warburg 1990).

Farkas (1998) popisuje výskyt gravidních samic *T. rathkii* ve vrbovém porostu (NP Danube-Drava v Maďarsku) již ke konci dubna. U nás se v obou typech prostředí začaly vyskytovat hlavně během května, ale zemní pasti vybrané na začátku května odchytily gravidní samice také koncem dubna. V lesním prostředí byly sledovány do října, v městském prostředí byla jedna gravidní samice *Porcellio scaber* nalezena ještě v prosinci. Největší počet gravidních samic byl zaznamenán v červnu a v červenci v obou prostředích, stejně tak, jako zaznamenal Farkas (1998) či Sunderland a kol. (1976). V toto letní období bylo také zaznamenáno nejvíce vajíček.

Zatímco samice s vajíčky byly u městských druhů nejčastěji zaznamenány od května do konce července, gravidní samice v lesním prostředí byly nalézány delší dobu, nejčastěji do září. Kratší doba výskytu samic s vajíčky ve městě může naznačovat tendenci zkracovat a urychlovat reprodukční období, zřejmě opět pod vlivem stresujících podmínek (Kight a Nevo 2004).

Na druhou stranu vyšší teploty ve městě, jak již bylo řečeno, urychlují vývoj v marsupiu a mohou prodloužit období rozmnožování (Mocquard a kol. 1989). Samice některých druhů tak teoreticky mohou plodit i vícekrát v roce. Zjara či časně v létě mohou poprvé plodit samice, které většinou přezimovaly. Druhá snůška pak může následovat v září. Tuto skutečnost naznačuje u některých městských druhů druhý, menší vrchol fekundity v září u *Armadillidium vulgare*, či menší nárůst počtu gravidních samic v září u městských populací *H. riparius*, *P. scaber* a *T. rathkii*. Samice *A. vulgare*, normálně semelparní, se za vhodných podmínek stávají iteroparní. K této změně dochází většinou když samice při vhodných podmínkách začnou plodit dříve než běžně plodí (Dangerfield a Hassall 1992). Takto by mohl být také vysvětlen nález prosincové gravidní samice *P. scaber*. Druhou možností je, že se někteří jedinci (včetně této samice) narodili na konci jara, vyrostli a ještě se stihli rozmnožit.

### **Fekundita**

Rozmnožovací "pattern", počet vajíček a počet mláďat opouštějící marsupium opět silně kolísá jak mezi druhy, tak vnitrodruhově. Fekundita i fertilita stejnonožců je silně závislá na velikosti a váze samic (např. Sutton a kol. 1984; Achouri a kol. 2008; Warburg a kol. 2001). Obecně platí, že větší druhy produkují více potomků než menší druhy (Warburg 1990). Silně pozitivní závislost byla ověřena jak mezi jedinci téhož druhu (*Ligidium hypnorum*, *T. rathkii*), tak mezidruhově u městských a lesních druhů stejnonožců.

Ačkoliv endogeické druhy (*H. riparius*, *T. pusillus*) žijící v méně proměnlivém prostředí produkují větší počet malých vajíček (Glazier a kol. 2003), nebyla odchycena v roce 2006 jediná gravidní samice. Tyto druhy, vystaveny nižšímu stresu, investují více do potomstva a mají menší variabilitu ve velikostech snůšky než epigeické druhy. Celkový počet vajíček mají rovněž vyšší, ale za to menších velikostí. Stresující podmínky snižují fekunditu, růst a přežití juvenilů, proto je mortalita častější u epigeických druhů (Glazier a kol. 2003; Kight a Nevo 2004; Merriam 1971). Absenci těchto druhů způsobila pravděpodobně metodická chyba při vybírání - tyto druhy se vyskytují v hlubších vrstvách půdy než byly uloženy zemní pasti.

Variabilita ve velikosti snůšky během sledovaného období byla skutečně nejmenší u těchto endogeických druhů jak v lesním, tak v městském prostředí. Také



při srovnání velikostí snůšek mezi druhy žijícími v obou typech prostředí se ukazuje, že variabilita v počtu vajíček kolísá spíše v městském prostředí. Vnitrodruhové rozdíly ve velikostech gravidních samic a jejich snůšky mohou být vysvětleny schopností samice hromadit zásoby potravy, v načasování alokace zdrojů do reprodukce, genetickými předpoklady či změnou životních podmínek (Achouri a kol. 2008).

### 5.1.3. Vliv klimatických faktorů

Není mnoho studií, které by se zabývaly vlivem klimatických podmínek na populace stejnonožců a dokonce jsem shledala naprostý nedostatek informací o vlivu srážek.

Vliv teploty a srážek na velikost a fekunditu byl testován u gravidních samic *L. hypnorum* a *T. rathkii* odchycených v lese v měsíci odchyty a v měsíci před odchylem gravidních samic.

#### Teplota

Teplota ovlivňuje začátek a dobu reprodukce, rozvoj, růst a přežívání stejnonožců (McQueen 1976a; McQueen a Steel 1980). Vliv teploty na velikost a fekunditu gravidních samic byl prokázán u *L. hypnorum* v měsíci před odchylem gravidních samic. Gravidní samice se zvyšujícími teplotami (max 25 °C) dosahovaly menších velikostí a stejně tak s vyššími teplotami došlo ke snížení počtu vajíček. Protože fekundita je závislá na velikosti a váze samic, snížení fekundity je logické (Sutton a kol. 1984; Achouri a kol. 2008; Warburg a kol. 2001). Ačkoliv s nárůstem teplot klesaly velikosti gravidních samic, u *T. rathkii* byly zaznamenány optimální podmínky pro růst v rozmezí 15 - 25 °C, navíc samice rostly nejrychleji při 30°C McQueen (1976a). Optimální teplotu 25 °C pro růst a urychlení nástupu dospělosti popisuje také McQueen a Carnio (1974). Nicméně zvyšování teploty maximalizuje růst jen do určité teploty, pak opět klesá (McQueen 1976b). Zdá se tedy, že teplotní optimum gravidních samic *L. hypnorum* je nižší.

Snižování počtu vajíček při zvyšování teploty popisují u *Armadillo officinalis* a *Schizidium tiberianum* Warburg a Weinstein (1995). U *Porcellio ficulneus* bylo zjištěno, že teplota 25 °C sice urychluje vývoj a zrání vajíček, ale je jich pak mnoho zpětně vstřebáno a celková fertilita je nižší (Hornung a Warburg 1993). Nárůst teplot tedy pravděpodobně zvýšil resorpci vajíček i u *L. hypnorum*. Tento jev je

vysvětlován jako možná adaptace na změnu životních podmínek, která má význam zvláště při diskutovaných klimatických změnách Warburg a Weinstein (1995).

Proč teplota ovlivnila velikost a fekunditu pouze u *L. hypnorum* mohou vysvětlit vlastnosti těchto stejnonožců: euryvalence a široká tolerantnost *T. rathkii* a stenovalence hygrofilního *L. hypnorum* (Hornung a kol. 2007; Tajovský 2006).

### Srážky

Vliv srážek byl také průkazný pouze v měsíci předcházejícímu odchytu gravidních samic. Srážky negativně ovlivňovaly velikosti gravidních samic *L. hypnorum*, ale ke snížení počtu vajíček vlivem srážek došlo pouze u *T. rathkii*.

Hatchett (1947) popisuje, že srážky zvyšují rychlost růstu u *Cylisticus convexus* a tím urychlují nástup gravidity. Rychlejší nástup gravidity po deštivém jaru zaznamenal u *P. scaber* a *Oniscus asellus* také Zimmer (2004). Je tedy možné, že srážky pravděpodobně, jako stresující faktor, zkracují reprodukční periodu. Zrychlením růstu jedinců přichází gravidita dříve, pravděpodobně i při menších velikostech a tím pádem snižuje fekunditu. To by mohlo vysvětlit pokles počtu vajíček u *T. rathkii* vlivem srážek, ačkoliv ale nebyl prokázán vliv srážek na velikost gravidních samic *T. rathkii*. Nabízí se tedy ještě druhé vysvětlení: stres způsobený deštěm zapříčinil resorpci vajíček pouze u *T. rathkii*, protože *L. hypnorum* je hygrofilní druh vázaný na mokřadní ekosystémy, a tak zřejmě nadměrná vlhkost nemá na jeho fekunditu výrazný vliv.

Ačkoliv každý druh preferuje trochu odlišné vlhkostní podmínky, je známo, že se stejnonožci nadměrné vlhkosti vyhýbají. Nicméně naopak nízká vlhkost vede nejdříve ke ztrátě váhy a pak až k poklesu počtu jedinců (McQueen a Carnio 1974). Neprokázaný vliv srážek na velikost gravidních samic *T. rathkii* by mohl být vysvětlen tím, že *T. rathkii* vyžaduje 95-100% vlhkost. S nižší vlhkostí ztrácí váhu a může dojít až k nárůstu mortality z vysušení (McQueen 1976a). U *P. spinicornis* a *T. rathkii* bylo prokázáno, že při změně vlhkostních podmínek se dokáží do optimálních vlhkostních podmínek přesunout (McQueen a Carnio 1974; McQueen 1976b). Obecně tedy, příliš mnoho srážek a vysoké teploty pravděpodobně nemají lineární vliv ani na velikost ani na fekunditu *L. hypnorum* a *T. rathkii*, stejně tak jako příliš málo srážek škodí.

## 5.2. Lesní a městské populace *T. rathkii*

### 5.2.1. Velikosti

*T. rathkii* patří mezi druhy s širokou ekologickou valencí. Vyskytuje se jak v lesním tak v městském prostředí (Vilisics a Hornung 2009). Jakožto nejpočetnější druh vyskytující se v obou typech prostředí byl vybrán ke zjištění rozdílů mezi populacemi žijící v lese a ve městě.

Méně variabilní jedinci *T. rathkii* dosahovali v lese prokazatelně větších velikostí než jedinci odchycení ve městě. Průměrná velikost všech jedinců odchycených v lese dosahovala 1,73 mm, zatímco u všech jedinců odchycených ve městě 1,39 mm. Snider a Shaddy (1980) klasifikoval jedince *T. rathkii*, žijící v přírodním prostředí podle váhy do 5 tříd. Tyto skupiny doplnil Farkas (1998) o velikosti hlavy: I. prejuvenilní jedinci (do 5 mg; 0,5-1,1 mm), II. juvenilní jedinci (5-12 mg; 1,1-1,45 mm), III. mladí dospělci (12-30 mg; 1,45-1,85 mm), IV. dospělci (30-50 mg; 1,85-2,15 mm) a V. starší, přezimující dospělci (50 – 80 mg; 2,15-2,5 mm). Podle této klasifikace spadá většina jedinců odchycených ve městě mezi juvenilny, zatímco jedinci vyskytující se v lese mezi mladé dospělce. Klasifikace však rozděluje pouze populace v přírodním prostředí. Nicméně podobné výsledky Farkase (1998) ukazují, že 85 - 90% odchycených jedinců *T. rathkii* v lesním porostu také náleželo do druhé a třetí velikostní třídy. Zatímco průměrné velikosti samců ve městě dosahovaly o něco větších velikostí než samice, v lese byly velikosti mezi pohlavími téměř vyrovnané. Farkas (1998) v lesním prostředí uvádí větší velikosti samic.

Rychlosti růstu a přežití jedinců ovlivňuje teplota. Samci *T. rathkii* nejrychleji rostou při teplotě 25°C a samice při 30 °C (McQueen 1976a). Rychlejší růst při vyšších teplotách zaznamenal také Sunderland a kol. (1976) nebo Rushton a Hassall (1987). Ačkoliv je ve městě teplota sice vyšší než v lesním prostředí, samci i samice *T. rathkii* v Olomouci dosahovali výrazně menších velikostí.

Pro růst a vývoj je nezbytný dostatek kvalitní potravy (Rushton a Hassall 1987; Merriam 1971; Hassall a Dangerfield 1990). Přítomnost listového opadu má významný vliv na růst a přežívání stejnonožců a jeho dostatek či nedostatek tak může významně regulovat množství stejnonožců (Rushton a Hassall 1987; Heinzemann a kol. 1995). Při dostatku čerstvého listového opadu z dvouděložných rostlin se rychlost růstu *A. vulgare* zvyšuje. Nejvyšší požadavek na kvalitní potravu bývá zjara

a časného léta, kdy je rychlost růstu juvenilů nejvyšší. Paradoxně však není v tomto období dostatek listového opadu z dvouděložných rostlin (Rushton a Hassall 1987).

Zatímco v Olomouci bylo odchyceno 485 jedinců *T. rathkii* do 87 pastí, v lesním prostředí 18 pastí odchytilo 309 jedinců *T. rathkii*. Můžeme tedy usoudit, že lesní populace *T. rathkii* je početnější.

Se zvyšující hustotou jedinců klesá rychlost růstu v důsledku konkurence o potravu mezi jedinci. Při zvyšování hustoty jedinců roste vnitrodruhová konkurence o potravu, což má pak za následek, že jedinci dosahují menších velikostí (Hassall a Dangerfield 1990). Nicméně početnější se ukazuje lesní populace *T. rathkii*, kde jedinci dosahují větších velikostí. Nutno dodat, že lesní prostředí poskytuje dostatek kvalitní potravy, zato městské prostředí, kde navíc je hodně jednoděložných rostlin, rychleji vysychá a tudíž i potrava pro stejnonožce tak může být špatně konzumovatelná.

Kromě toho, změny v růstu a reprodukci stejnonožců ovlivňuje kontaminace těžkými kovy ve znečištěném prostředí. Adaptace stejnonožců spočívá v rychlejším růstu, menší konečné velikosti a v produkci na těžké kovy odolných potomků. Přestože kontaminované území je nejen pro stejnonožce stresující, takto adaptovaní mohou profitovat i při změně životních podmínek (Alikhan 2003).

### 5.2.2. Období rozmnožování

Téměř 20 % ze všech samic *T. rathkii* odchycených ve městě bylo gravidních. Je to mnohem vyšší počet než počet samic odchycených v lese, kde gravidních samic bylo pouhých 8,4 %. Gravidní samice v lese dosahovaly prokazatelně větších velikostí než samice ve městě (šířka hlavy v lese 2 mm a v Olomouci 1,6 mm). Podobné velikosti u gravidních samic popisuje také Farkas (1998), kde převážná většina gravidních samic v lesním porostu dosahuje velikostí v rozmezí od 1,45 do 2,15 mm.

Vyšší procento gravidních samic *P. spinicornis* uvádí z kontaminovaných oblastí Alikhan (2003). Stres způsobený kontaminací těžkými kovy (měď a nikl) umožnil adaptaci stejnonožců změnou v růstu a v reprodukční strategii. Rychlejší růst a dřívější začátek reprodukce má za následek dosažení menších konečných velikostí a s tím související menší počet vajíček. Samice vydávají energii na detoxikaci organismu a tím pádem nezbyvá tolik energie na růst a reprodukci. Samice

z kontaminovaných stanovišť jsou menší, méně plodné, ale vychovávají více životaschopných potomků. Pravděpodobným vysvětlením tohoto jevu jsou evoluční změny stejnonožců, možná vzniklá genetická rezistence vůči toxicitě těžkých kovů v nevýhodném prostředí (Alikhan 2003; Donker a kol. 1993). Nicméně vliv těžkých kovů na populace stejnonožců v Olomouci nebyl prokázán (Stofferová 2009).

Zatímco u samic v lese byla zaznamenána vajíčka od května do září, samice v Olomouci měly vajíčka od května do července. Toto kratší období fekundy u městských druhů by mohlo opět naznačovat již zmíněné zkracování období gravidity. Zkracování gravidity a rychlejší růst je typická adaptace na stresující podmínky (Glazier a kol. 2003). Vyšší teploty ve městě, jak již bylo řečeno, mohou zvyšovat pravděpodobnost další snůšky. Tuto hypotézu naznačuje druhý, menší pík gravidních samic v září ve městském prostředí. Ačkoliv po první snůšce nedochází k dalšímu páření, mohou následovat další snůšky díky schopnosti stejnonožců skladovat spermie. Plodit vícekrát v roce mají tendence samice větší a těžší (od 50 mg, šíře hlavy 2,15 mm) (Snider a Shaddy 1980).

### 5.2.3. Fekundita

Reprodukce stejnonožců je velmi variabilní a kolísá s typem prostředí (Warburg 1991). Podle McQueena (1976a) dosahují jedinci *T. rathkii* sexuální dospělosti již při váze 20 mg.

Gravidních samic v Olomouci bylo odchyceno sice více, ale průměrný počet vajíček na samici byl prokazatelně menší než u samic odchycených v lese. Zatímco samice *T. rathkii* ve městě měly při průměrné šíři hlavy 1,6 mm průměrně 15 vajíček, samice v lese při průměrné šíři 2 mm pak 45 vajíček. V lese samice dosahují větších velikostí, snůška tedy musí být logicky větší. Větší počet gravidních samic ve městě je tedy vykompenzován jejich menší velikostí a méně potomky. Tento trade - off popisuje také Stofferová (1999). Menší druh *P. collicola* je v Olomouci hojnější než *P. scaber*, který je sice plodnější, ale zase není tolik početný. Stejně tak samci jsou většinou větší než samice, ale je jich méně (Dangerfield a Telford 1994).

Největší počet vajíček byl zaznamenán u gravidní samice odchycené v lese. Při šířce hlavy 2,4 mm měla ve svém marsupiu 96 vajíček. Největší snůšku 43 vajíček v městském prostředí měla samice o šíři pouhých 1,25 mm. Snider a Shaddy (1980) popisuje rozmezí počtu vajíček u *T. rathkii* mezi 10 – 60. Uvádí, že samice

menší jak 20 mg (šířka hlavy asi 1,6 mm) měly průměrně 10 potomků. Samice nad 50 mg (2,15 mm) měly přes 30 potomků. Největší samice o váze 70 až 90 mg (kolem 2,5 mm) pak měly až 60 potomků.

Stejně tak jako růst i fekunditu výrazně ovlivňuje délka dne a teplota. Čím delší je světelný den, tím dříve se vytvoří marsupium s vajíčky. Vyšší teplota navíc urychluje zrání a vývoj vajíček v marsupiu. Kombinace obou faktorů následně snižuje počet vajíček a samice pak produkuje jen pár potomků (Hornung a Warburg 1993). Vyšší teploty ve městě by tedy teoreticky mohly způsobit snížení fekundity nejen u *T. rathkii*.

Kvalita potravy kromě velikosti a růstu stejnonožců ovlivňuje také velikost snůšky. Samice vystavené dlouhodobému potravnímu stresu mají menší snůšku než samice živící se kvalitní potravou, tj. opadem z dvouděložných rostlin, obsahující dostatek živin (bílkovin, tuků, vlákniny, popelovin, minerálních a stopových prvků) (Merriam 1971; Heinzelmann a kol. 1995). Ačkoliv přítomnost dvouděložných rostlin a množství listového opadu nebylo v této práci zaznamenáváno, je pravděpodobné, že v lesním prostředí je těchto zdrojů potravy více. Domnívám se, že dostatek kvalitní potravy by mohl být jedním z hlavních důvodů, proč v lese jsou jedinci *T. rathkii* plodnější.

Stofferová (2009) dodává, že plodnost i početnost je také ovlivněna běžnými faktory prostředí, jako je pH, struktura půdy, pokryvnost bylin, stromů a množství opadu. Bylo zjištěno, že větší počet stromů (pokryvnost 25 % a více) snižuje počet potomků u samic *P. collicola*. U *P. scaber* obdobně snižuje fekunditu s největší pravděpodobností vyšší množství opadu. Stromy a opad zastíňují zemský povrch, a tak snižují teplotu. Na to jedinci mohou odpovědět vyhledáním teplejšího stanoviště, např. pod vyhřátým kamenem, kde opět s vyšší teplotou může dojít ke snížení fekundity (Dangerfield a Hassall 1994; Hornung a Warburg 1993). Nutno dodat, že *P. collicola* a *P. scaber* jsou druhy, které v lesním prostředí nebyly téměř vůbec zjištěny, zato se hojně vyskytují v urbánním prostředí. Vzhledem k možnosti jednotlivých druhů preferovat určitý biotop, nelze toto zjištění zcela jistě zobecňovat na další druhy.

Vyšší míra disturbance v urbánním prostředí může způsobovat zvýšenou pohyblivost stejnonožců. Samice nucené k pohybu pak mají menší počet mláďat. Takto stresované samice zkracují dobu gravidity a snižují fekunditu, ačkoliv velikostně se nemění (Kight a Nevo 2004). Kratší dobu gravidity měly také samice

*A. vulgare* v přítomnosti predátora mravence *Tetramorium caespitum*. Velikost marsupia jim zřejmě v pozdních fázích gravidity omezuje schopnost volvace (Castillo a Kight 2005).

## 6. Závěr

Tato práce se zabývá srovnáním populační struktury a fekundy lesních a městských populací stejnonožců. V městském prostředí se vyskytují euryvalentní druhy schopné se přizpůsobit daným podmínkám, kdežto lesní prostředí obývají stenovalentnější druhy. Ačkoliv městské prostředí hostí více druhů stejnonožců než přírodní prostředí, nestálými podmínkami a disturbancí představuje pro stejnonožce stresující prostředí. Tento stres by se měl projevit ve velikosti a plodnosti druhu. Pro porovnání těchto charakteristik jsme použili materiál stínky *Trachelipus rathkii*, která je hojná v obou typech prostředí.

V CHKO Litovelské Pomoraví byli stejnonožci odchyťováni v letech 1998–2006 osmnácti zemními pastmi. V Olomouci sloužilo k odchytu 90 zemních pastí a výzkum byl prováděn od dubna 2006 do dubna 2007.

Městské populace stejnonožců vykazovaly větší variabilitu ve velikostech a fekunditě než lesní populace. Tato variabilita je pravděpodobně způsobena stresujícím různorodým prostředím města. Menší variabilitu ve velikostech i fekunditě měli endogeické druhy *Hyloniscus riparius* a *Trichoniscus pusillus*, a to díky výskytu v hlubších vrstvách půdy se stabilnějšími vlhkostními a teplotními podmínkami. V Olomouci dosahovali větších velikostí převážně samci, v CHKO Litovelské Pomoraví většinou samice. Nižší velikost reprodukcí se samic v Olomouci je pravděpodobně také způsobena stresem.

Poměr samic městských i lesních populací stejnonožců vstupujících do reprodukce je téměř ekvivalentní. Nejvíce gravidních samic v lesním prostředí patřilo druhům *H. riparius* a *Protracheoniscus politus*, v Olomouci se nejvíce rozmnožovali *T. rathkii*, *H. riparius* a *Porcellium collicola*. Byla prokázána pozitivní závislost fekundy na velikosti gravidních samic jednotlivých druhů *Ligidium hypnorum* a *T. rathkii*, stejně tak jako u všech lesních i městských populací. Nejplodnějším druhem v lese byl *T. rathkii* a největší snůšku v Olomouci měly samice *Armadillidium vulgare*.

U nejpočetnějších druhů v lese (*L. hypnorum* a *T. rathkii*) byl testován vliv klimatických faktorů na velikost a fekunditu gravidních samic. Vliv teploty a srážek na velikost a fekunditu byl prokázán pouze měsíc před odchycem gravidních samic. Teplota negativně ovlivňovala velikosti a fekunditu *L. hypnorum*, srážky negativně působily na velikost *L. hypnorum* a na fekunditu *T. rathkii*.



Průměrná doba výskytu gravidních samic v lese byla o měsíc kratší než v Olomouci, což naznačuje, že vyšší teploty ve městě mohou prodlužovat reprodukční období. Tuto skutečnost navíc podporuje druhý menší vrchol fekundity a nárůst gravidních samic u některých městských druhů stejnonožců v září.

Porovnáním městských a lesních populací *T. rathkii* byla zhodnocena "životní úroveň" stejnonožců v obou prostředích. Populace *T. rathkii* v lesním prostředí je zřejmě početnější a výrazně plodnější než v urbánním prostředí. Jedinci vyskytující se v lese dosahovali prokazatelně větších velikostí než jedinci odchycení v Olomouci. Gravidních samic v lese bylo odchyceno sice méně, ale byly větší a plodnější než samice v Olomouci. Kratší výskyt samic s vajíčky *T. rathkii* v Olomouci naznačuje zkracování období gravidity, opět pravděpodobně vlivem stresujícího prostředí. Menší velikost a nižší fekundita populace *T. rathkii* v městském prostředí potvrzují určitou nevýhodnost života v disturbovaném prostředí a jsou zřejmě odpovědí na stresující nestabilní podmínky města. Nicméně tím, že gravidních samic v Olomouci bylo více, ale byly méně plodné, než méně početné lesní, zato výrazně plodnější, nehrozí, že by došlo ke snižování abundance *T. rathkii*.

Kromě nestálých podmínek, jako jsou změny teploty, vlhkosti a celkové disturbance, mezi stresující faktory patří také nedostatek kvalitní potravy, znečištění, predace, abundance a konkurence stejnonožců, množství opadu, pH či pokryvnost bylin a stromů. Stresujících faktorů ovlivňujících strukturu a fekunditu populací je více a každý druh na ně reaguje jinak. Pravděpodobně jejich kombinací zesiluje efekt, který se pak projevuje ve variabilitě velikostí a nižší fekunditě v nestabilním prostředí. Záleží na specifické schopnosti přizpůsobit se. Nicméně možné příčiny zde uváděné rozdílné variability velikostí a fekundity jsou pouze hypotetické a na místě jsou další výzkumy, které by vliv těchto stresorů potvrdily.

## 7. Citovaná literatura

- Achouri, M.S., Charfi-Cheikhrouha, F., Marques, J.C. (2002):** Biology, population structure, and field-growth rates of *Porcellionides pruinosus* (Brandt, 1833) (Isopoda, Oniscidea) at Garat Nâam (Kasserine, Tunisia). *Crustaceana*, 75: 1241-1262.
- Achouri, M.S., Charfi-Cheikhrouha, F., Zimmer, M. (2008):** Reproductive patterns in syntopic terrestrial isopod species (Crustacea, Isopoda, Oniscidea) from Morocco. *Pedobiologia*, 52: 127—137.
- Alikhan M.A. (2003):** Effect of copper and nickel contamination on growth and fecundity in *Porcellio spinicornis* (Isopoda). *Crustaceana Monographs*, 2: 285-297.
- Bilton, D.T. (1994):** Intraspecific variation in the terrestrial isopod *Oniscus asellus* Linnaeus, 1758 (Crustacea: Isopoda: Oniscidea). *Zoological Journal of the Linnean Society*, 110: 325-354.
- Castillo, M.E., Kight, S.L. (2005):** Response of terrestrial isopods, *Armadillidium vulgare* and *Porcellio laevis* (Isopoda: Oniscidea) to the ant *Tetramorium caespitum*: Morphology, behavior and reproductive success. *Invertebrate Reproduction and Development*, 47:183-190.
- Culek, M. ed. (1996):** Biogeografické členění České republiky. Enigma, Praha. 347 pp.
- Český hydrometeorologický ústav:** Odbor klimatologie. Klimatické údaje za rok 2006. [Internet]. Český hydrometeorologický ústav. [cit. 2010-03-01]. Dostupný z: <http://www.chmi.cz/meteo/ok/okdat61.html>
- Dangerfield, J.M., Hassall, M. (1992):** Phenotypic variation in the breeding phenology of the woodlouse *Armadillidium vulgare*. *Oecologia*, 89: 140-146.
- Dangerfield, J.M., Telford, S.R. (1994):** Population size structure and sex ratios in some woodlice (Crustacea: Oniscidea) from southern Africa. *J. Trop. Ecology*, 10: 261-271.
- Dangerfield, J.M., Telford, S.R. (1995):** Tactics of reproduction and reproductive allocation in four species of woodlice from southern Africa. *J. Trop. Ecology*, 11: 641-649.

- Donker, M.H., Zonneveld, C., van Straalen, N.M. (1993):** Early reproduction and increased reproductive allocation in metal-adapted populations of the terrestrial isopod *Porcellio scaber*. *Oecologia*, 96: 316-323.
- Dvořák, L. (2002):** Někteří bezobratlí živočichové sklepů na území západních Čech a Šumavy. *Erica*, Plzeň, 10: 97–106.
- Farkas, S. (1998):** Population dynamics, spatial distribution, and sex ratio of *Trachelipus rathkei* Brandt (Isopoda: Oniscidea) in a wetland forest by the Drava river. *Isr. J. Zool.*, 44: 323-331.
- Farkas, S. (2007):** The terrestrial isopod fauna of South Transdanubia (Hungary). *Somogyi Múzeumok Közleményei*, 17: 159-168.
- Farkas, S., Hornung, E., Morschhause, T. (1999):** Composition of isopod assemblages in different habitat types. In: Tajovský K., Pižl, V. (eds.): *Soil Zoology in Central Europe*. ISB ASCR, České Budějovice: 37-44.
- Flasar, I., Flasarová, M. (1989):** Ergänzungen zur Monographie „The Soil Fauna of the Little Carpathians“ (Mollusca et Isopoda). *Faunistische Abhandlungen* (Dresden), 17: 1-18.
- Flasarová, M. (1980):** *Hyloniscus transsilvanicus* (Verhoeff, 1901) im Gebirge Malé Karpaty in der Westslowakei. *Faunistische Abhandlungen*, Staatliches Museum für Tierkunde Dresden, 7: 273-278.
- Flasarová, M. (1986):** Isopoda (Asellota, Oniscidea) of the Little Carpathians. In: Nosek, J. (ed.): *The Soil Fauna of the Little Carpathians*. Slovak Academy of Science, Bratislava: 183-216.
- Flasarová, M. (1998):** *Ligidium germanicum* Verhoeff, 1901 (Crustacea: Isopoda: Oniscidea) im Wald Doubrava im Naturschutzgebiet Litovelské Pomoraví (Nordmähren, Tschechische Republik). *Čas. Slez. Muz. Opava (A)*, 47: 271-272.
- Flasarová, M. (1997):** Suchozemští stejnonožci v lidských obydlích v České republice. *Zpravodaj sdružení DDD*, 6: 118-124.
- Flasarová, M. (2000):** Übersicht über die faunistische Erforschung der Landasseln (Isopoda, Oniscidea) in der Tschechische Republik. *Crustaceana*, 73: 585-608.
- Frankenberger, Z. (1940):** Několik poznámek o českých Isopodech. I. *Věda přírodní*, 20: 28.

- Frankenberger, Z. (1959):** Stejnonožci suchozemští – Oniscoidea. Fauna ČSR, svazek 14. NČSAV, Praha.
- Frouz, J. (1991):** Bezobratlí tábořských podzemních chodeb. Sbor. Jihočes. Muz. v Čes. Budějovicích, 31: 47-50.
- Gaston, K.J., Smith, R.M., Thompson, K., Warren, P.H. (2005):** Urban domestic gardens (II): experimental tests of methods for increasing biodiversity. *Biodiversity and Conservation*, 14: 395–413.
- Giurginca, A. (2006):** On some Oniscoidea a Diplopoda from Bucharest, Romania. *Arch. Biol. Sci., Belgrade*, 58: 31-35.
- Glazier D., Wolf J., Kelly C. (2003):** Reproductive investment of aquatic and terrestrial isopods in central Pennsylvania (U.S.A.). *Crustaceana Monographs*, 2: 151-179.
- Grassberger, M., Frank, C. (2004):** Initial study of arthropod succession on pig carrion in a Central European urban habitat. *J. Med. Entomol.*, 41: 511-523.
- Graveland J., Vangijzen T., (1994):** Arthropods and seeds are not sufficient as calcium sources for shell formation and skeletal growth in passerines. *Ardea*, 82, p. 299-314 in Tuf, I. H., Tufová, J. (2005): Communities of terrestrial isopods (Crustacea: Isopoda: Oniscoidea) in epigon of oak-hornbeam forests of SW Slovakia. *Ekológia (Bratislava)*, 24:113–123.
- Hassall, M., Dangerfield, J.M. (1989):** Inter-specific competition and the relative abundance of grassland isopods. *Monitore zool. ital. (N.S.)*, Monogr. 4: 379-397. (in Proceedings of the second symposium)
- Hassall, M., Dangerfield, J.M. (1990):** Density-dependent processes in the population dynamics of *Armadillidium vulgare* (Isopoda: Oniscidae). *Journal of Animal Ecology*, 59: 941-958.
- Hatchett, S.P. (1947):** Biology of the isopoda of Michigan. *Ecological Monographs*, 17: 47-80.
- Heinzelmann, F., Crawford, C.S., Molles, M.C., Warburg, M.R. (1995):** Microhabitat selection by *Armadillidium vulgare* in riparian forest: Lack of apparent influence by leaf litter food quality. In: Alikhan, A.M. (ed.): *Terrestrial Isopod Biology. Crustacean Issues 9*. A.A. Balkema, Rotterdam, Netherlands: 133-143. (ve sborníku)

- Hornung, E., Tóthmérész, B., Magura, T., Vilisics, F. (2007):** Changes of isopod assemblages along an urban-suburban-rural gradient in Hungary. *European Journal of Soil Biology*, 43: 158-165.
- Hornung, E., Warburg, M.R. (1993):** Breeding patterns in oniscid isopod, *Porcellio ficulneus* Verh., at high temperature and under different photophases. *Inv. Repr. and Dev.*, 23: 151-158.
- Hornung, E., Warburg, M.R. (1994):** Oosorption and oocyte loss in a terrestrial isopod under stressful conditions. *Tissue and Cell*, 26: 277-284.
- Hornung, E., Warburg, M.R. (1996):** Intra-habitat distribution of terrestrial isopods. *Eur. J. Soil Biol.*, 32: 179-185.
- Jones, D.T., Hopkin, S.P. (1998):** Reduced survival and body size in the terrestrial isopod *Porcellio scaber* from a metal-polluted environment. *Environmental Pollution*, 99: 215-223.
- Juchault, P., Mocquard, J.P., Kouigan S. (1985):** Etude experimentale de l'influence des facteurs externes (temperature et photoperiode) sur le cycle de reproduction du crustace oniscoide *Porcellionides pruinosus* (Brandt) provenant de populations africane (Togo) et europeenne (France). *Crustaceana*, 48: 307-315 in Warburg, M.R., Weinstein, D. (1995): Effects of temperature a photoperiod on the breeding patterns of two isopd species. In: Alikhan, A.M. (ed.): *Terrestrial Isopod Biology. Crustacean Issues 9*. A.A. Balkema, Rotterdam, Netherlands: 107-119.
- Juchalt, P., Rigaud, T. and Mocquard, J. P. (1993):** Evolution of sex determination and sex ratio variability in wild populations of *Armadillidium vulgare* (Latr.) (Crustacea, Isopoda): a case study in conflict resolution. - *Acta Oecologica* 14: 547-562.
- Kight, S.L., Nevo, M. (2004):** Female terrestrial isopods, *Porcellio laevis* Latreille (Isopoda: Oniscidea) reduce brooding duration and fecundity in response to physical stress. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 77:285-287.
- Korsós, Z., Hornung, E., Szlávecz, K., Kontschán, J. (2002):** Isopoda a Diplopoda of urban habitats: new data to the fauna of Budapest. *Annlis hist.-nat. Mus. natn. Hung.*, 94: 193-208.

- Lampard, E.E. (1965):** Historical Aspects of Urbanization. In Hauser, P. M., Schnore, L. F.: The Study of Urbanization, John Wiley & Sons, Inc., New York, 519-554.
- Magura, T., Hornung, E., Tóthmérész, B. (2008):** Abundance patterns of terrestrial isopods along an urbanization gradient. *Community Ecology* 9(1):115 – 120.
- Machar, I. (1996):** Program revitalizace říčních systémů v CHKO Litovelské Pomoraví, pro správu CHKO ČR vydala Invence, Litomyšl, nestránkováno.
- Machar, I. (2003):** Chráněná území CHKO Litovelské Pomoraví In Šafář J. a kol. (2003): Chráněná území ČR - Olomoucko, svazek VI. AOPK a EkoCentrum Brno, Praha, 60 pp.
- Martin, J.W., Davis, G.E. (2001):** An updated classification of the recent Crustacea. Science Series, 39. Natural History Museum of Los Angeles County, Los Angeles, California.
- McQueen D.J. (1975):** *Porcellio spinicornis* Say (Isopoda) demography. II. comparison between field and laboratory data. *Can. J. Zool.* 54: 825-842.
- McQueen, D.J. (1976a):** The influence of climatic factors on the demography of the terrestrial isopod *Tracheoniscus rathkei* Brandt. *Can. J. Zool.* 54: 2185-2199.
- McQueen, D.J. (1976b):** *Porcellio spinicornis* Say (Isopoda) demography. III. A comparison between field data and the results of a simulation model. *Can. J. Zool.* 54: 2174–2184.
- McQueen, D.J., Carnio, J.S. (1974):** A laboratory study of the effects of some climatic factors on the demography of the terrestrial isopod *Porcellio spinicornis* (Say). *Can J Zool*, 52: 599–611.
- McQueen, D.J., Steel C. G. H. (1980):** The role of photoperiod and temperature in the initiation of reproduction in the terrestrial isopod *Oniscus asellus* Linnaeus. *Can. J. Zool.* 58: 235-240.
- Merriam, H. G. (1971):** Sensitivity of terrestrial isopod populations (*Armadillidium*) to food quality differences. *Can. J. Zool.* 49: 667-674.
- Mikula, J. (2004):** Faunisticko-ekologická studie suchozemských stejnonožců (Crustacea: Isopoda: Oniscidea) CHKO Bílé Karpaty. Bakalářská práce, Katedra ekologie a životního prostředí PřF UP, Olomouc, 22 pp.

- Miller, R.H., Cameron, G.N. (1987):** Effects of temperature and rainfall on populations of *Armadillidium vulgare* (Crustacea: Isopoda) in Texas. *American Midland Naturalist*, 117: 192-198.
- Mocquard, J.P., Juchault, P., Souty-Grosset, C. (1989):** The role of environmental factors (temperature and photoperiod) in the reproduction of the terrestrial isopod *Armadillidium vulgare* (Latreille, 1804). *Monitore zool. ital. (N.S.)*, Monogr. 4: 455-475. (in Proceedings of the second symposium).
- Moreau, J., Bertin, A., Caubet, Y., Rigaud, T. (2001):** Sexual selection in an isopod with *Woolbachia*-induced sex reversal: males prefer real females. *J. Evol. Biol.*, 14: 388-394.
- Moreau, J., Rigaud T. (2000):** Operation sex ratio in terrestrial isopods: interaction between potential rate of reproduction and *Wolbachia*-induced sex ratio distortion. *Oikos*, 91: 477-484.
- Navrátil, M. (2007):** Stonožky, mnohonožky a suchozemští stejnonožci ve městě (Olomouc, Hodonín). Diplomová práce, Katedra ekologie a životního prostředí PřF UP, Olomouc, 78 pp + 9 př.
- Niemelä, J. (1999):** Is there a need for a theory of urban ecology? *Urban Ecosystems*, 3: 57–65.
- Oliver, P.G., Meehan, C.J. (1993):** Woodlice. Synopses of the British Fauna No. 49. London, The Linnean Society of London and The Estuarine and Coastal Sciences Association.
- Paoletti, M.G., Hassall, M. (1999):** Woodlice (Isopoda: Oniscidea): their potential for assessing sustainability and use as bioindicators. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 74: 157-165.
- Paris, O.H. (1963):** The ecology of *Armadillidium vulgare* (Isopoda: Oniscoidea) in California grassland: food, enemies, and wheather. *Ecol. Mono.*, 33: 1-22.
- Rebele, F. (1994):** Urban ecology a special features of urban ecosystems. *Global Ecology a Biogeography Letters*, 4: 173-187.
- Riedel, P. (2008):** Chilopoda, Diplopoda, and Oniscidea in the City. Master thesis, Faculty of Science, Department of Ecology and Environmental Science, Palacky University Olomouc, 53 pp.

- Riedel, P., Navrátil, M., Tuf, I.H., Tufová, J. (2009):** Terrestrial isopods (Isopoda: Oniscidea) and millipedes (Diplopoda) of the City of Olomouc. In: Tajovský, K., Schlaghamerský, J. & Pižl, V. (eds.): Contributions to Soil Zoology in Central Europe III. Institute of Soil Biology, Biology Centre, ASCR, v.v.i., České Budějovice: 125-132.
- Rigaud, T., Antoine, D., Marcadeâ, I., Juchault, P. (1997):** The effect of temperature on sex ratio in the isopod *Porcellionides pruinosus*: Environmental sex determination or a by-product of cytoplasmic sex determination? *Evolutionary Ecology*, 11: 205-215.
- Rushton, S.P., Hassall, M. (1987):** Effects of food quality on isopod population dynamics. *Functional Ecology*, 1: 359-367.
- Rybka, V. (1996):** Mokřady střední Moravy. Sagittaria - Sdružení pro ochranu přírody střední Moravy. Olomouc, s. 26.
- Samšišák, K. (1981):** Some species of troublesome arthropoda in buildings. *Anzeiger für Schädlingskunde, Pflanzenschutz, Umweltschutz*, 54 (8): 120-122.
- Saska, P. (2007):** *Philoscia muscorum* (Crustacea: Oniscidea: Philosciidae), new species of terrestrial isopod for the Czech Republic. *Bohemia centralis*, Praha, 28: 437-440.
- Schaefer, M. (1991):** Fauna of the European temperate deciduous forests. In: Röhrig, E., Ulrich, B.(eds): Temperate deciduous forests (Ecosystems of the World 7). Elsevier, Amsterdam: 503-525.
- Schmalfuss, H. (1984):** Eco-morphological strategies in terrestrial isopods. *Symp. Zool. Soc. Lond*, No 53: 49-63 (ve sborníku *The Biology of Terrestrial Isopods*).
- Schmalfuss, H. (2003):** World catalog of terrestrial isopods (Isopoda: Oniscidea). *Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde, Serie A*, 654: 341 pp.
- Smith, J., Chapman, A., Eggleton, P. (2006):** Baseline biodiversity surveys of the soil macrofauna of London's green spaces. *Urban Ecosyst.*, 9: 337-349.
- Snider, R., Shaddy, J.H. (1980):** The ecobiology of *Trachelipus rathkei* (Isopoda). *Pedobiologia*, 20: 394-410.
- Statutární město Olomouc 2010:** Informační server statutárního města Olomouc. Geografie: [Internet]. Winternet s. r.o.: [cit. 2010-04-22]. Dostupný z: <http://www.olomouc-tourism.cz/index.php?lang=1&kategorie=145&clanek=85>



- Stofferová E. (2009):** Jsou těžké kovy pro suchozemské stejnonožce zátěží? Demekologická studie z prostředí města Olomouce. Diplomová práce, Katedra ekologie a životního prostředí, PřF UP, Olomouc, 78 pp + 4 př.
- Sunderland, K.D., Hassall, M., Sutton, S.L. (1976):** The population dynamics of *Philoscia muscorum* (Crustacea, Oniscoidea) in a dune grassland ecosystem. *Journal of Animal Ecology*, 45: 487-506.
- Sutton, S.L., Hassall, M., Willows, R., Davis, R.C., Grundy, A., Sunderland, K.D. (1984):** Life histories of terrestrial isopods: a study of intra- and interspecific variation. *Symp. Zool. Soc. Lond*, No 53: 269-294 (ve sborníku *The Biology of Terrestrial Isopods*).
- Štrichelová, J. (2008):** Spoločenstvá suchozemských rovnakonožiek na vybraných lokalitách Bílých Karpát. Bakalářská práce, Katedra ekologie a životního prostředí PřF UP, Olomouc, 42 pp + 1 př.
- Tajovský, K. (1992):** Terrestrial isopods (Oniscidea) in a secondary succesional row on abandoned fields. *Proceedings of the 4<sup>th</sup> ECE/XIII. SIEEC, Gödöllö*: 808-813.
- Tajovský, K. (1996):** Mnohonožky (Diplopoda) a suchozemští stejnonožci (Isopoda) CHKO a BR Křivoklátsko. *Zoologické dny Brno 1996, Abstrakta referátů z konference 7. a 8. listopadu 1996*: 1 p.
- Tajovský, K. (1998a):** Mnohonožky (Diplopoda) a suchozemští stejnonožci (Oniscidea) Národního parku Podyjí. *Thayensia (Znojmo)*, 1: 137-152.
- Tajovský, K. (1998b):** Terrestrial arthropods (Oniscidea, Diplopoda, Chilopoda) of Labské pískovce Protected Landscape Area (North Bohemia, Czech Republic). In: Pižl, V. Tajovský, K. (eds.): *Soil Zoological Problems in Central Europe. Proc. 4<sup>th</sup> CEWSZ, České Budějovice*: 235-242.
- Tajovský, K. (2000):** Mnohonožky (Diplopoda), stonožky (Chilopoda) a suchozemští stejnonožci (Oniscidea) vybraných aluviálních ekosystémů střední a severní Moravy (Litovelské Pomoraví a Poodří). In: Kovařík, P., Machar, I. (eds.): *Mokřady 2000. Sborník z konference při příležitosti 10. výročí vzniku CHKO Litovelské Pomoraví. Správa CHKO ČR a Český Ramsarský výbor, Praha*: 230-232.
- Tajovský, K. (2001):** Colonization of colliery spoil heaps by millipedes (Diplopoda) and terrestrial isopods (Oniscidea) in the Sokolov region, Czech Republic. *Restoration Ecology*, 9: 365-369.

- Tajovský, K. (2002):** Mnohonožky (Diplopoda), stonožky (Chilopoda) a suchozemští stejnonožci (Oniscidea) Národní přírodní rezervace Žofínský prales v Novohradských horách. In: Papáček, M. (ed.): Biodiverzita a přírodní podmínky Novohradských hor. JČU a EntÚ AV ČR, 10.-11.1. 2002: 157-161.
- Tajovský, K. (2006):** Suchozemští stejnonožci (Isopoda: Oniscidea) CHKO Kokořínsko. Bohemia centralis, Praha, 27: 189–197.
- Tajovský, K. (2008):** Suchozemští stejnonožci (Oniscidea). In: Jongepierová, I. (ed.): Louky Bílých Karpat. ZO ČSOP Bílé Karpaty, Veselí nad Moravou: 217-218.
- Tischler, W. (1980):** Asseln (Isopoda) und Tausenfüßer (Myriopoda) eines Stadtparks im Vergleich mit der Umgebung der Stadt: zum Problem der Urbanbiologie. Drosera, 1: 41-52.
- Tischler, W. (1984): Einführung in die Ökologie. Fischer, Stuttgart, 3rd ed., 436 pp.** in Schaefer, M. (1991): The animal community: Diversity and resources In: Röhrig, E., Ulrich, B.(eds): Temperate deciduous forests (Ecosystems of the World 7). Elsevier, Amsterdam: 51-120.
- Tuf, I. H. (1997):** Ekologická studie některých edafických skupin (Chilopoda, Diplopoda, Isopoda) v CHKO Litovelské Pomoraví. Diplomová práce, Katedra zoologie a antropologie PřF UP, Olomouc, 157 pp + 43 př.
- Tuf, I. H. (2003):** Development of the community structure of terrestrial isopods (Crustacea, Isopoda, Oniscidea) after a summer flood. Biology of terrestrial isopods, V: 231 – 242.
- Tuf, I. H., Tufová, J. (2005):** Communities of terrestrial isopods (Crustacea: Isopoda: Oniscidea) in epigon of oak-hornbeam forests of SW Slovakia. Ekológia (Bratislava), 24:113–123.
- Vilisics, F. (2008):** The terrestrial isopods (Crustacea, Isopoda: Oniscidea) of Maramures (Romania). Studia Universitatis “Vasile Goldis”, Seria Stiintele Vietii (Life Sciences Series), 18, suppl.: 177-179.
- Vilisics, F., Elek, Z., Lövei, G.L., Hornung, E. (2007):** Composition of terrestrial isopod assemblages along an urbanisation gradient in Denmark. Pedobiologia, 51: 45-53.
- Vilisics, F., Hornung, E. (2009):** Urban areas as hot-spots for introduced a shelters for native isopod species. Urban Ecosyst, DOI 10.1007/s11252-009-0097-8

- Vilisics, F., Lapanje, A. (2005):** Terrestrial isopods (Isopoda: Oniscidea) from the Slovenian Karst. *Natura Sloveniae*, 7: 13-21.
- Vilisics, F., Nagy, A., Sólymos, P., Farkas, R., Kemencei, Z., Páll-Gergely, B., Kisfali, M., Hornung, E. (2008):** Data on the terrestrial isopoda fauna of the Alsó-hegy, Aggtelek National Park, Hungary. *Folia faunistica Slovaca*, 13: 19–22.
- Vilisics, F., Sólymos, P., Hornung, E. (2005):** Measuring fluctuating asymmetry of the terrestrial isopod *Trachelipus rathkii* (Crustacea: Isopoda, Oniscidea). *Eur. J. Soil Biol.*, 41: 85-90 (szborník).
- Warburg, M.R. (1990):** Reproductive patterns in oniscid isopods. In: Juchault, P., Mocquard, J.P. (eds.): *Biology of Terrestrial Isopods, Third International Symposium*. Poitiers, France: 131-137.
- Warburg, M. R. (1993):** *Evolutionary Biology of Land Isopods*. Springer-Verlag, Berlin.
- Warburg, M.R. (1994):** Review of recent studies on reproduction in terrestrial isopods. *Invert. Repr. Develop.*, 26: 45-62.
- Warburg, M.R. (1995):** Growth and reproduction in a rare desert isopod: *Porcellio barroisi* (Oniscidea; Porcellionidae) from the Central Negev Mountains. *J. Arid. Environ.*, 31: 199-204.
- Warburg, M.R., Calahorra, Y., Amar, K.-O. (2001):** Non-seasonal breeding in a porcellionid isopod. *Journal of Crustacean Biology*, 21: 375–383.
- Warburg, M.R., Cohen, N. (1991):** Reproductive pattern, allocation, and potential in a semelparous isopod from the Mediterranean region of Israel. *J. Crust. Biol.*, 11: 368-374.
- Warburg, M.R., Cohen, N. (1992a):** Population dynamics, growth and longevity of *Armadillo officinalis* (Isopoda; Oniscidea), inhabiting the Mediterranean region of northern Israel. *Pedobiologia*, 36: 262-273.
- Warburg, M.R., Cohen, N. (1992b):** Population structure, growth and longevity in two oniscid isopods. *Proceedings of the 4<sup>th</sup> ECE/XIII. SIEEC, Gödöllő*. Hung. Nat. Hist. Mus., Budapest: 824-826.
- Warburg, M.R., Linsenmair, K.E., Berkowitz, K. (1984):** The effect of climate on the distribution and abundance of isopods. *Symp. Zool. Soc. Lond*, No 53: 339-367. (ve szborníku *The Biology of Terrestrial Isopods*)

- Warburg, M.R., Weinstein, D. (1995):** Effects of temperature and photoperiod on the breeding patterns of two isopod species. In: Alikhan, A.M. (ed.): Terrestrial Isopod Biology. Crustacean Issues 9. A.A. Balkema, Rotterdam, Netherlands: 107-119.
- Záleský, M. (1940):** Isopoda Čech a Moravy č. 1. Příroda, 33: 133-136.
- Zimmer, M. (2004):** Effects of temperature and precipitation on a flood plain isopod community: a field study. European Journal of Soil Biology, 40: 139-146.
- Zimmer, M., Brauckmann, H.J., Broll, G., Topp, W. (1999):** Doppelfüßer und Asseln auf Grünlandbrachen: Auswirkungen von Standorteigenschaften und Pflegemaßnahmen. Naturschutz und Landschaftsplanung 31, 211-216 in Zimmer, M., Brauckmann, H.J., Broll, G., Topp, W. (2000): Correspondence analytical evaluation of factors that influence soil macro-arthropod distribution in abandoned grassland. Pedobiologia, 44: 695-704.
- Zimmer, M., Brauckmann, H.J., Broll, G., Topp, W. (2000):** Correspondence analytical evaluation of factors that influence soil macro-arthropod distribution in abandoned grassland. Pedobiologia, 44: 695-704.
- Zimmer, M., Kautz, G. (1997):** Breeding phenological strategies of the common woodlouse, *Porcellio scaber* (Isopoda: Oniscidea). Eur. J. Soil Biol., 33: 67-73.

## **Přílohy:**

**Příloha I: Charakteristika odchylených druhů**

**Příloha II: Stejnonožci Olomouce**

**Příloha III: Stejnonožci CHKO Litovelského Pomoraví**

**Příloha IV: CD - ROM**

**Vokálová\_2010. pdf text práce**

**podkladová data. xls**

## Příloha I

### Charakteristika odchycených druhů

#### Druhy odchycené v lesním i městském prostředí

*Trachelipus rathkii* (Brandt, 1833) je s výjimkou mediteránní oblasti v celé Evropě široce rozšířen (Schmalfuss 2003), zavlečen byl i do USA. Vyhledává mírně vlhká stanoviště v blízkosti toků, pobřežní lesy, údolí, louky a pastviny (Snider a Shaddy 1980) a starší vlhké lesy, které mu poskytují dostatek úkrytů (Farkas 1998). Stejně tak jako z přírodního prostředí je dobře znám i z urbánních stanovišť, kde rovněž patří mezi hojné druhy (Hornung a kol. 2007).

*Hyloniscus riparius* (C. Koch, 1838) se vyskytuje ve střední a východní Evropě, introdukovan byl do severní Ameriky (Schmalfuss 2003). Je to hygrofilní druh vázaný na mokřadní ekosystémy (Tajovský 2006), ale vyskytuje se rovněž na okrajích listnatých a smíšených lesů (Záleský 1940).

*Trichoniscus pusillus* Brandt, 1833 je rozšířen v Evropě, a stejně jako předchozí druh je to hygrofilní druh vázaný na mokřadní ekosystémy (Tajovský 2006).

Všechny tři výše uvedené druhy jsou typickými obyvateli středoevropských alluviálních lesů (Tajovský 2006).

*Ligidium hypnorum* (Cuvier, 1792) se vyskytuje v Evropě a západní Asii. Je to také hygrofilní druh vázaný na mokřadní ekosystémy (Tajovský 2006). V Litovelském Pomoraví je hojný, avšak není typickým zástupcem smíšeného zaplavovaného lesa. Početný je též v nelesních biotopech, např. na loukách (Tuf 1997; Tajovský 2008).

#### Druhy odchycené pouze v lesním prostředí

*Porcellium conspersum* (C. Koch, 1841) se vyskytuje v kontinentální Evropě, a to zejména ve střední. Vyhledává přirozené prostředí, smíšené a listnaté lesní porosty, vlhké trávníky a pastviny (Tajovský 2001; Vilisics 2008).

*Protracheoniscus politus* (C. Koch, 1841) je rozšířený ve střední a jihovýchodní Evropě (Schmalfuss 2003). Je charakteristický druh lesních biotopů (Tajovský 2008), ale vyskytuje se též na polopřirozených stanovištích s menší disturbancí (Korsós a kol. 2002)

## Druhy odchycené pouze v městském prostředí

*Armadillidium versicolor* Stein, 1859 je rozšířený ve východní a střední Evropě (Schmalfuss 2003). Vyskytuje se spíše na okrajích měst a ve venkovském prostředí (Vilisics a Hornung 2009).

*Armadillidium vulgare* (Latreille, 1804) je původní v mediteránní oblasti, odkud se rozšířil do celého světa (Schmalfuss 2003). Je hojným druhem s širokou ekologickou valencí. Vyskytuje se na ruderálních i silně disturbovaných stanovištích (Tajovský 2008).

*Cylisticus convexus* (De Geer, 1778) je rozšířen v Evropě a v Asii a byl introdukován do severní Afriky a severní a jižní Ameriky. Vyskytuje se i na stanovištích silně ovlivněných člověkem (Korsós a kol. 2002).

*Oniscus asellus* Linnaeus, 1758 je rozšířen v severní, východní a západní Evropě. Nevyskytuje se v mediteránní oblasti. Introdukován byl též do Ameriky (Schmalfuss 2003). Vyskytuje se spíše na sušších stanovištích (např. vápnité oblasti), ale hojný je rovněž ve městech a v blízkosti lidských sídel (Bilton 1994).

*Porcellio scaber* Latreille, 1804 se vyskytuje v celé Evropě s výjimkou jižní Evropy. Je roztroušeně rozšířen po celém světě (Schmalfuss 2003). Preferuje urbánní stanoviště charakterizované vyšší teplotou, lidská sídla a jejich okolí (Hornung a kol. 2007).

*Porcellio spinicornis* Say, 1818 se vyskytuje v severní a střední Evropě a byl introdukován do severní Ameriky (Schmalfuss 2003). Je úspěšným kolonizátorem okrajů měst a vesnic (Vilisics a Hornung 2009).

*Porcellium collicola* (Verhoeff, 1907) je rozšířen ve střední a jihovýchodní Evropě (Schmalfuss 2003). Je to druh široce tolerantní k vlhkostním podmínkám. Vyskytuje se jak ve vlhkých biotopech (Farkas 2007), tak v sušších lesích a v urbánních stanovištích (Hornung a kol. 2007).

*Porcellionides pruinosus* (Brandt, 1833) je původně mediteránním druhem, ale nyní je rozšířen po celém světě, a to zejména zejména na stanovištích silně ovlivněných člověkem (Korsós a kol. 2002; Schmalfuss 2003).

## **Příloha II**

### **Stejnonožci Olomouce (Riedel a kol. 2009)**

- Androniscus roseus* (C.L. Koch, 1838)  
*Armadillidium nasatum* (Budde-Lund, 1885)  
*Armadillidium versicolor* Stein, 1859  
*Armadillidium vulgare* (Latreille, 1804)  
*Cylisticus convexus* (De Geer, 1778)  
*Haplophthalmus danicus* Budde-Lund, 1880  
*Haplophthalmus mengii* (Zaddach, 1844)  
*Hyloniscus riparius* (C. Koch, 1838)  
*Ligidium hypnorum* (Cuvier, 1792)  
*Oniscus asellus* Linnaeus, 1758  
*Platyarhrus hoffmannseggii* Brandt, 1833  
*Porcellio scaber* Latreille, 1804  
*Porcellio spinicornis* Say, 1818  
*Porcellionides pruinosus* (Brandt, 1833)  
*Porcellium collicola* (Verhoeff, 1907)  
*Trachelipus rathkii* (Brandt, 1833)  
*Trichoniscus pusillus* Brandt, 1833



### **Příloha III**

#### **Stejnonožci CHKO Litovelského Pomoraví (Tajovský 2000)**

*Armadillidium vulgare* (Latreille, 1804)

*Cylisticus convexus* (De Geer, 1778)

*Haplophthalmus mengei* (Zaddach, 1844)

*Hyloniscus riparius* (C. Koch, 1838)

*Lepidoniscus minutus* (C.Koch, 1838)

*Ligidium hypnorum* (Cuvier, 1792)

*Porcellio scaber* Latreille, 1804

*Porcellium collicola* (Verhoeff, 1907)

*Porcellium conspersum* (C. Koch, 1841)

*Protracheoniscus politus* (C. Koch, 1841)

*Trachelipus rathkii* (Brandt, 1833)

*Trachelipus ratzeburgii* (Brandt, 1833)

*Trichoniscus pusillus* Brandt, 1833