ČZU
ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

# Proměnlivost tělesné velikosti hmyzu v prostoru a čase

**autoreferát doktorské disertační práce**

**PRAHA 2017**

**AUTOR: Eliška Baranovská**
**Katedra Ekologie**

**FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ**

ČZU
ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
www.czu.cz

Doktorská disertační práce „**Proměnlivost tělesné velikosti hmyzu v prostoru a čase**“ byla vypracována v rámci doktorského studia na Katedře ekologie, Fakulty životního prostředí, České zemědělské univerzity v Praze.

**Uchazeč:** Ing. Eliška Baranovská, DiS.

**Obor:** Ekologie

**Školitel:** Ing. Michal Knapp, Ph.D.

**Oponenti:**

Doc. RNDr. Alois Honěk, CSc

Prof. Mgr. Lukáš Kratochvíl, Ph.D.

Doc. Mgr. Petr Bogusch, Ph.D.

Obhajoba disertační práce se koná 15. 9. 2017 od 11:00 v zasedací místnosti Z234 Fakulty životního prostředí, České zemědělské univerzity v Praze, Kamýcká 129, Praha 6 – Suchdol.

S disertační prací je možné se seznámit na Oddělení pro vědu a výzkum FŽP ČZU v Praze, Kamýcká 129, Praha 6 – Suchdol.

# Obsah

Obsah ..... 2

1. Úvod ..... 3
2. Cíle disertační práce ..... 8
3. Výstupy ..... 10

A Small-scale spatiotemporal variability in body size of two common carabid beetles .... 10

B The effects of overwintering, sex, year, field identity and vegetation at the boundary of fields on the body condition of *Anchomenus dorsalis* (Coleoptera: Carabidae) ..... 11

C Effects of bait presence and type of preservative fluid on ground and carrion beetle Samples collected by pitfall trapping ..... 12

D Steep converse Bergmann's cline in a carrion beetle: between and within population variation in body size along an elevational gradient ..... 13

4. Závěry ..... 14
5. Summary (souhrn v angličtině) ..... 17
6. Reference ..... 19
7. *Curriculum vitae* ..... 25

# 1. Úvod

Velikost těla patří mezi nejpozoruhodnější vlastnosti všech organismů, protože ovlivňuje mnoho znaků, které formují život daného organismu. Velikost těla má například zásadní vliv na chování a fyziologii všech živých tvorů (Chown & Gaston, 2010; Yom-Tov & Geffen, 2011). Jednou z nedůležitějších vlastností velikosti těla je přímá souvislost se zdatností daného jedince. Větší samice mají obvykle vyšší plodnost (Sota, 1985; Honěk, 1993; Mccabe & Partridge, 1997; Moya-Laraño, 2002; Teuschl, Reim & Blanckenhorn, 2007; Marshall *et al.*, 2013) a větší samci se úspěšněji páří (Juliano, 1985; Savalli & Fox, 1998). Schopnost vyrovnat se se stresovými podmínkami (například nedostatkem potravy nebo vody nebo vyrovnání se s teplotním stresem během přezimování) je také vyšší u jedinců s větší velikostí těla (Zhou *et al.*, 1995; Blanckenhorn, Fanti & Reim, 2007; Kingsolver & Huey, 2008; Kovacs & Goodisman, 2010). Proč tedy hmyz běžně nedorůstá do maximální možné velikosti? Možným vysvětlením jsou proti sobě jdoucí selekční tlaky během larválního stádia a stádia dospělce. Aby jedinec dorostl do větší velikosti těla, potřebuje více potravy během larválního vývoje a typicky i delší čas (Blanckenhorn, 2000). Z tohoto důvodu je vystaven vyššímu riziku predace a neočekávaného zhoršení podmínek prostředí během dlouhého larválního vývoje (Nylin & Gotthard, 1998; Blanckenhorn, 2000; Teuschl *et al.*, 2007). Při zhoršených podmínkách prostředí navíc nemusí platit obecné pravidlo o vyšší produkci potomstva většími samičkami. Konkrétní příklad najdeme u motýla *Pararge aegeria* (Linnaeus, 1758). Samice motýla všeobecně kladly méně vajíček při nižších teplotách, ale větší samice měly výrazněji sníženou plodnost ve srovnání se samicemi menšími a tudíž velikost těla při nízké teplotě nevedla k reprodukční výhodě (Gotthard, Berger & Walters, 2007).

Již v 19. století si všiml významný biolog Carl Bergmann prostorových vzorů v biologických znacích u příbuzných teplokrevných organismů. Na základě tohoto pozorování vzniklo nejslavnější biogeografické pravidlo tzv. Bergmannovo pravidlo (Bergmann, 1847). Bergmannovo pravidlo říká, že zvířata z chladnějších oblastí jsou větší než jejich příbuzní z teplejších lokalit. Vysvětlení je nasnadě, jelikož větší zvířata, díky relativně menšímu povrchu k objemu těla, mají nižší tepelné ztráty při nízkých teplotách prostředí. Později začaly vznikat studie, které se zaměřovaly na platnost pravidla uvnitř jednoho druhu (Blackburn, Gaston & Loder, 1999) a u studenokrevných organismů včetně hmyzu (např. Park, 1949; Ray, 1960; Blanckenhorn & Demont, 2004; Stillwell, Morse & Fox, 2007; Cvetković *et al.*, 2009; Shelomi, 2012; Boaratti & Da Silva,

2015). U hmyzu bývá jako možný mechanismus generující větší tělesnou velikost jedinců z chladnějšího prostředí označováno ekofyziologické pravidlo „Temperature-size rule“, ukazující, že larvální růstová křivka pro nižší teploty prostředí vede k větší finální velikosti dospělců (Atkinson & Sibly, 1997; Kingsolver & Huey, 2008). Jedná se tedy o důsledek fenotypové plasticity. Avšak v přírodě můžeme pro jedince v rámci daného druhu hmyzu často pozorovat opak Bergmannova pravidla, tzv. konverzní Bergmannovo pravidlo. Známy jsou i případy, kdy daný druh hmyzu neprojevuje žádnou systematickou změnu velikosti těla podél geografických gradientů (Blanckenhorn & Demont, 2004). Tedy proximátní mechanismy, které působí na studenokrevné organismy, jsou odlišné, než procesy ovlivňující teplokrevné živočichy. Přímý vliv teploty během juvenilního vývoje, délka sezóny nebo dostupnost potravy jsou označovány za hlavní předpokládané příčiny, které způsobují vnitrodruhové geografické gradienty ve velikosti těla (Chown & Klok, 2003; Stillwell *et al.*, 2007; Kingsolver & Huey, 2008; Okuzaki & Sota, 2017). Nicméně délka larválního vývoje ve spojení s délkou sezóny se v současnosti jeví jako nejpravděpodobnější faktor geografických gradientů ve velikosti těla u ektotermních terestrických organismů (Horne, Hirst & Atkinson, 2015; Zeuss, Brunzel & Brandl, 2017).

Vnitrodruhová proměnlivost ve velikosti těla se může značně lišit jak v prostoru, tak i čase. Změny ve velikosti těla v průběhu času lze snadno pozorovat u invazních druhů, jelikož často můžeme zachytit jejich vývoj v novém prostředí od začátku invaze (Huey *et al.*, 2000; Laparie *et al.*, 2010). Ve střednědobém horizontu lze také variabilitu ve velikosti těla pozorovat i jako důsledek probíhajících klimatických změn (Bowden *et al.*, 2015; Fenberg *et al.*, 2016). Například velikost motýlů, žijící v arktických podmínkách, se snížila během 18 let s rostoucí teplotou (Bowden *et al.*, 2015). Ale i v relativně krátkém časovém úseku se dají zaznamenat změny ve velikosti těla. V dynamických prostředích, například v agroekosystémech, kde se z roku na rok i během sezóny mohou měnit přírodní podmínky stanoviště, organismy mohou odpovídat skrze změny ve velikost těla (Östman, 2005). V rámci prostoru se nejvíce proměnlivost ve velikosti těla u jednotlivých druhů projevuje na velkém prostorovém měřítku, jelikož zde může působit více faktorů i jejich interakce (Chown & Klok, 2003; Stillwell *et al.*, 2007; Teuschl *et al.*, 2007; Kingsolver & Huey, 2008; Ikeda *et al.*, 2012; Okuzaki & Sota, 2017). Ovšem změny ve velikosti těla mohou být patrné i na menší prostorové škále, kvůli působení biotických faktorů či náhodných změn prostředí (Östman *et al.*, 2001; Haschek *et al.*, 2012; Warzecha *et al.*, 2016). Samozřejmě neexistuje jasná hranice mezi časovými a prostorovými změnami ve velikosti těla a často mohou tyto faktory působit současně (Yom-Tov & Geffen, 2011).

Vnitrodruhová proměnlivost velikosti těla podél zeměpisných gradientů se zdá být výsledkem odezvy k abiotickému prostředí nebo vzájemnému působení organismů na dané lokalitě (Angilletta & Dunham, 2003; Yom-Tov & Geffen, 2011). V mnoha případech je často problematické odhalit, jaké mechanismy určují geografické rozdíly ve velikosti těla v rámci druhu. Hlavními mechanismy zodpovědnými za vnitrodruhovou geografickou proměnlivost ve velikosti těla u hmyzu jsou lokální adaptace populací na podmínky lokality a fenotypová plasticita. Důkaz, že proměnlivost ve velikosti těla s měnící se zeměpisnou šířkou a nadmořskou výškou má genetický základ, poskytují tzv. „standardizované zahradní experimenty“ (Common garden experiments; (Karl, Janowitz & Fischer, 2008; Stillwell & Fox, 2009; Stillwell, 2010; Tsuchiya *et al.*, 2012; Purcell *et al.*, 2016; Sniegula, Golab & Johansson, 2016). Také existují studie, které se snaží odhalit geny zodpovědné za prostorovou variabilitu ve velikosti těla (Weeks, McKechnie & Hoffmann, 2002; Levy *et al.*, 2015).

Velikost těla u hmyzu se často liší mezi pohlavím (tzv. pohlavní dimorfismus ve velikosti těla). U většiny druhů hmyzu bývají samice větším pohlavím než samci (Teder & Tammaru, 2005; Blanckenhorn *et al.*, 2007; Chown & Gaston, 2010; Stillwell *et al.*, 2010). Pohlavní dimorfismus ve velikosti těla je pravděpodobně způsoben selekčním tlakem rozdílně působícím na samce a samice. Avšak směr a rozsah pohlavního dimorfismu ve velikosti těla se značně liší jak mezi druhy, tak i mezi populacemi stejného druhu (Teder & Tammaru, 2005; Stillwell *et al.*, 2010). Fenotypová plasticita, která je způsobena rozdílnými podmínkami prostředí, je patrně viníkem rozdílného pohlavního dimorfismus ve velikosti těla mezi populacemi stejného druhu (Stillwell *et al.*, 2010). Proto mohou být zaznamenány i změny v pohlavním dimorfismu ve velikosti těla podél zeměpisných gradientů (Stillwell & Fox, 2009; Tsuchiya *et al.*, 2012; Laiolo, Illera & Obeso, 2013). Zdá se, že velikost těla samců je geograficky variabilnější než velikost těla samic, protože více reaguje na změny prostředí (Stillwell *et al.*, 2010). Možným vysvětlením je vyšší selekční tlak na samičí tělesnou velikost než samčí, a proto velikost těla samic může být vystavena tzv. „kanalizaci znaků“, tedy evolučnímu zakonzervování hodnoty daného znaku (Fairbairn, 2005).

Renchovo pravidlo je další významný biogeografický zákon, které vysvětluje vztah velikosti těla živočichů spojený s pohlavním dimorfismem. Pravidlo bylo odvozeno v mezidruhovém kontextu u teplokrevných organismů, ale aplikuje se i na variabilitu ve velikosti těla jedinců v rámci druhu i u studenokrevných organismů (Frynta *et al.*, 2012; Matějů & Kratochvíl, 2013; Eweleit & Reinhold, 2014; Liao, Liu & Merilä, 2015). Pravidlo konkrétně říká, zvýšením velikosti těla se zvýší i pohlavní dimorfismus ve velikosti těla pokud samci jsou větším pohlavím a pohlavní dimorfismus ve velikosti těla se sníží,

pokud samice jsou větším pohlavím. Jinými slovy velikost těla samců je variabilnější (Blanckenhorn *et al.*, 2006). Nicméně použití tohoto pravidla uvnitř druhu může být sporné, jelikož mechanismy, které generují rozdíly v pohlavním dimorfismu, se zřejmě liší uvnitř druhu a mezi druhy (Teder & Tammaru, 2005). Blanckenhorn *et al.* (2006) a Hirst, Horne & Atkinson (2015) říkají, že rozdíly v pohlavním dimorfismu mezi populacemi nepotvrzují Renchovo pravidlo a environmentální podmínky ovlivňují spíše míru než směr pohlavního dimorfismu ve velikosti těla. Pokus o aplikaci Renchova pravidla v geografickém měřítku učinili Blanckenhorn *et al.* (2006). Zdá se, že velikost těla samců se mění podél geografických gradientů strměji než velikost těla samic. Na druhou stranu Teder & Tammaru (2005) naopak ve své meta-analýze prokázali, že samice jsou variabilnějším pohlavním, co se týče fenotypové plasticity, tedy přímé odpovědi jedinců na zažívané podmínky prostředí. Z toho vyplývá, že je potřeba dalších výzkumů, které by integrovaly tyto kusé znalosti do jednotné teorie.

Velikost těla hmyzu může být v různých studiích vyjádřena pomocí různých veličin. Strukturální velikost těla (např. délka krovky) je určena během juvenilního vývoje a je ovlivněna jak genetickými predispozicemi, tak i vlastnostmi prostředí – například teplotou či kvalitou a kvantitou potravy (Ernsting & Isaaks, 1997; Nylin & Gotthard, 1998). Velikost těla lze také vyjádřit pomocí tělesné hmotnosti (z tělesné hmotnosti a strukturální velikosti těla pak lze zjistit tělesnou kondici jedinců (Knapp & Knappová, 2013). Na rozdíl od strukturální velikosti těla je tělesná hmotnost dospělého hmyzu často ovlivňována podmínkami prostředí, které zažívají během života dospělců (platí pro druhy, které přijímají potravu jako dospělci, tzv. „income breeders“; (Bommarco, 1998b; Östman, 2005).

Tělesná kondice představuje tukové zásoby jednotlivých organismů a je dalším znakem odrážejícím zdatnost jedinců (Knapp & Knappová, 2013). Pokud, jsou samice v dobré kondici, mají vyšší plodnost, úspěšněji se páří a lépe přežívají nepříznivé podmínky (Juliano, 1986; Zhou *et al.*, 1995; Barone & Frank, 2003). Tělesná kondice jedinců je především ovlivněna kvalitou a kvantitou potravy, kterou přijme dospělý jedinec. Z toho vyplývá, že se může zásadně lišit v průběhu života jedince. Faktory, které způsobují změny v tělesné kondici hmyzu lze shrnout do dvou základních kategorií. Jsou to strategické faktory (Elkin & Reid, 2005) a faktory prostředí (van Dijk, 1994). Strategické faktory jsou začleněny do životního cyklu jedinců a druhů a ty jsou schopni na ně adaptivně reagovat. Je to vlastně odpověď (adaptivní reakce) organismů na předpověditelné změny podmínek prostředí. Strategický faktor může být například zvýšení příjmu potravy před přezimováním (Lövei & Sunderland, 1996) nebo rozdíly v tělesné kondici mezi samci a samicemi stejného druhu (Zangger, Lys & Nentwig,

1994). Na rozdíl od strategických faktorů jsou faktory prostředí nepředvídatelné a vyskytují se náhodně v prostoru a čase. Mohou to být například náhlé změny teplot (van Dijk, 1994) nebo disturbance v prostředí, jako je zemědělský management nebo používání pesticidů (Bommarco, 1998a; Östman *et al.*, 2001). Organismy sami o sobě se na vliv faktorů prostředím nemohou dopředu připravit.

## 2. Cíle disertační práce

Hlavním cílem mé disertační práce je studium proměnlivosti strukturální velikosti těla a tělesné kondice hmyzu a faktorů, které tyto změny způsobují. Tento cíl byl sledován prostřednictvím několika dílčích úkolů:

*1. Jak se mění tělesná kondice a strukturální velikost těla hmyzu na malém prostorovém měřítku a jaké faktory ovlivňují tyto změny?*

Existuje mnoho faktorů, které mohou ovlivňovat strukturální velikost těla a tělesnou kondici jedinců. Snažím se určit, které z nich působí na strukturální velikost těla a tělesnou kondici a také se snažím zodpovědět, které faktory na ně mají větší vliv.

*2. Mění se proměnlivost strukturální velikosti těla a tělesné kondice hmyzu v čase?*

Faktory, které působí na strukturální velikost těla a na tělesnou kondici jedince, mohou působit rozdílně v průběhu času. Například Östman (2005) uvádí, že při přemnožení škůdců na polích se může zvýšit tělesná kondice i strukturální velikost těla z roku na rok, jelikož je aktuálně dostatek potravy pro střevlíky. Avšak následující rok, pokud bude potravy méně, se tělesná kondice a i strukturální velikost těla mohou opět snížit. Studie zkoumající strukturální velikost těla nebo tělesnou kondici jsou zpravidla prováděny pouze jeden rok a nemusí tak odhalit synchronní či asynchronní proměnlivost strukturální velikosti těla a tělesné kondice v průběhu času. Z tohoto důvodu jsem se rozhodla zjistit, zda rozdíly ve strukturální velikosti těla a tělesné kondice se na jednotlivých lokalitách opravdu liší v průběhu let.

Pro zjištění těchto dvou cílů jsem si jako modelový druh vybrala brouky z čeledi střevlíkovitých, konkrétně druhy *Poecilus cupreus* (Linnaeus, 1758) a *Anchomenus dorsalis* (Pontoppidan, 1763). Tyto druhy jsou významnými predátory škůdců v zemědělské krajině, která je vhodná pro studium těchto změn, jelikož se vyznačuje vyšší dynamikou biotických i abiotických činitelů.

*3. Existuje proměnlivost strukturální velikosti těla hmyzu podél gradientu nadmořské výšky?*

Například u některých teplokrevných organismů se mění velikost těla s měnícím se gradientem nadmořské výšky nebo zeměpisné šířky. Toto pravidlo bylo popsáno již na konci 19. století Carlem Bergmannem. Tzv. Bergmannovo pravidlo nám říká, že

s rostoucí nadmořskou výškou eventuálně zeměpisnou šířkou se velikost těla zvětšuje. Avšak hmyz a jiní studenokrevní živočichové vykazují i jiné vzorce v proměnlivosti velikosti těla vlivem geografických gradientů. *Silpha carinata* (Herbst, 1783) je vhodný druh pro studium proměnlivosti ve velikosti těla, jelikož je schopna vyprodukovat pouze jednu generaci za rok, má značně proměnlivou velikost těla a omezené disperzní schopnosti, což jsou dobré předpoklady pro tvorbu gradientu ve velikosti těla podél gradientu nadmořské výšky.

*4. Jaké mechanismy generují geografickou proměnlivost ve strukturální velikosti těla hmyzu?*

Uvádí se, že proměnlivost ve velikosti těla může být způsobena fenotypovou plasticitou či lokálními adaptacemi. Ale do jaké míry za proměnlivost ve velikosti těla mohou adaptace a do jaké míry fenotypová plasticita není zcela jasné, a proto je to předmětem mého bádání. Mým modelovým druhem pro zjištění mechanismů generující geografickou proměnlivost ve velikosti těla je opět *S. carinata*.

Samozřejmě nezůstala jsem pouze u těchto otázek, ale další dílčí cíle jsou popsány v mých článcích a manuskriptu, které jsou obsažné v disertační práci.

## 3. Výstupy

A Small-scale spatiotemporal variability in body size of two common carabid beetles

**Abstract.** Adult body size is one of the most ecologically relevant quantitative traits that underlies many other life-history traits of particular organism. In insects, there is positive intraspecific relationship between body size and female fecundity. In this study small scale temporal and spatial and space variability in structural body size of *Poecilus cupreus* and *Anchomenus dorsalis* was investigated. The beetles were collected in four fields near Prague-Suchdol in autumn 2009 and 2010, and in spring 2010, 2011 and 2012. In both species structural body size was significantly affected by sex (females were the larger sex). In *A. dorsalis* structural body size was also significantly affected by arable field identity, overwintering (post-overwintering individuals collected in spring were larger in comparison to pre-overwintering individuals collected in autumn), sampling year, overwintering by year and arable field by year interactions. Our results suggest that spatiotemporal variation in environmental conditions experienced by *A. dorsalis* during larval growth resulted in differences in adult structural body size among particular fields and particular sampling years. In addition, mean structural body size in *A. dorsalis* was affected by overwintering, which was probably caused by size-specific winter mortality. Moreover, effect of overwintering varied among years, probably according to the specific weather conditions during a particular winter.

*Citation:* Baranovská E & Knapp M (2014) Small-scale spatiotemporal variability in body size of two common carabid beetles. Central European Journal of Biology 9:476–494.

*Authorship:* Eliška Baranovská & Michal Knapp

*Keywords:* agricultural landscape, *Anchomenus dorsalis*, arable field, overwintering, *Poecilus cupreus*, seasonal variation, structural body size

B The effects of overwintering, sex, year, field identity and vegetation at the boundary of fields on the body condition of *Anchomenus dorsalis* (Coleoptera: Carabidae)

**Abstract.** Body condition, in terms of body mass corrected for structural body size, represents an animal's energetic reserves and is an indicator of the health and fitness of an organism. This study investigates the variability in the body condition of the carabid beetle, *Anchomenus dorsalis*, in time and space at a small scale. The beetles were collected in four fields with two types of boundary (grassy and forest) near Prague-Suchdol in autumn 2009 and 2010 and in spring 2010 and 2011. Body condition was significantly affected by overwintering (the body condition of post-overwintering individuals collected in spring was worse than that of pre-overwintering individuals collected in autumn), sex (females were in better condition than males) and to a lesser extent by sampling year, field identity and several interactions, e.g., overwintering : sex (greater decrease in body condition during overwintering in males than in females), overwintering : year (difference in body condition between pre-overwintering and post-overwintering individuals was greater in 2009/2010 than 2010/2011). Type of boundary had no substantial effect on the body condition of A. dorsalis. This study shows the importance of sampling body condition several times a year for more than one season, which has rarely been performed to date.

*Citation:* Baranovská E, Knapp M & Saska, P (2014) The effects of overwintering, sex, year, field identity and vegetation at the boundary of fields on the body condition of *Anchomenus dorsalis* (Coleoptera: Carabidae). European Journal of Entomology 115:608 - 514.

*Authorship:* Eliška Baranovská, Michal Knapp & Pavel Saska

*Keywords:* Coleoptera, Carabidae, *Anchomenus dorsalis*, agroecosystem, body condition, energy reserves, ground beetles, spatiotemporal variability

C Effects of bait presence and type of preservative fluid on ground and carrion beetle Samples collected by pitfall trapping

**Abstract.** Pitfall trapping is a sampling technique frequently used by entomologists around the world. However, there exist sampling biases linked to particular trapping designs, which require investigation. In this study, we compared the effects of the type of preservative fluid (propylene glycol or formaldehyde) and the presence of fish bait in pitfall traps on the number of specimens (individuals) collected, the species richness, and the species composition of carabid (Coleoptera: Carabidae) and silphid (Coleoptera: Silphidae) beetle assemblages. Traps containing propylene glycol collected a substantially higher number of individuals of both taxa and a higher number of silphid species compared with traps containing formaldehyde. The use of fish bait in the traps increased the number of individuals collected and the number of species collected for silphid beetles but had no effect on the collection parameters for carabids. The species composition of the carabid assemblages was minimally affected by the presence of fish bait or the type of preservative fluid, whereas the fish bait had a substantial effect on the species composition of silphids. The silphid species that feed directly on vertebrate carcasses were almost completely absent in the nonbaited traps. The results suggest that pitfall traps baited with fish and containing propylene glycol as a preservative fluid are optimal for the simultaneous sampling of carabid and silphid beetles, which both provide important ecosystem services (e.g., predation of pests and decomposition of vertebrate carcasses) and are therefore interesting for ecological research.

*Citation:* Baranovská E, Knapp M & Jakubec P (2016) Effects of bait presence and type of preservative fluid on ground and carrion beetle Samples collected by pitfall trapping. Environmental Entomology 45:1022 - 1028.

*Authorship:* Eliška Baranovská, Michal Knapp & Pavel Jakubec

*Keywords:* activity-density, baited trap, catch size, sampling bias, sampling technique

D Steep converse Bergmann's cline in a carrion beetle: between and within population variation in body size along an elevational gradient

**Abstract.** Body size is an integrative trait with substantial fitness consequences in animals. Geographical clines in body size have fascinated biologists because of their potential to provide insight into the mechanisms governing local adaptation and phenotypic plasticity. In this study, we investigated between- and within-population variation in body size of Silpha carinata (Coleoptera: Silphidae) along elevation gradients in Central Europe. To distinguish between local adaptation and phenotypic plasticity as potential sources of altitudinal clines in body size, a common garden experiment was performed. Body size of S. carinata sharply decreased with increasing altitude in both genders, whereas sexual size dimorphism did not change with altitude. Higher altitude females produced smaller eggs than those from lower altitude. This size difference persisted to the very end of the larval period. Unfortunately, only few offspring survived till adulthood and thus precise analysis of offspring adult sizes was unfeasible, but between population differences in body size seems to persist to adulthood. By contrast, the degree of intrapopulation variation in body size did not change with altitude. The observed converse Bergmann's cline in S. carinata fits well with what has been predicted for large, carnivorous, univoltine species. Until now, investigation of intrapopulation variation in body size is rare in insects, and future complementary studies focused on this issue are highly needed.

*Citation:* Baranovská E & Knapp M: Steep converse Bergmann's cline in a carrion beetle: between and within population variation in body size along an elevational gradient. Manuskript v recenzním řízení v Journal of Zoology.

*Authorship:* Eliška Baranovská & Michal Knapp

*Keywords:* Bergmann's rule, body size variation, Coleoptera, common garden experiment, local adaptation, phenotypic plasticity, sexual size dimorphism, Silphidae

# 4. Závěry

I když je proměnlivost ve velikosti těla hmyzu poměrně často studována, výzkumy jsou zaměřeny téměř výlučně na velké prostorové měřítko. Výzkumy změn ve velikosti těla v kratším časovém horizontu nebo na malé prostorové škále jsou poměrně zanedbávány a článků zabývající se proměnlivostí velikosti těla u střevlíků a především mrchožroutů je nedostatek. Přitom střevlíci jsou vhodnými modelovými organismy ke studiu proměnlivosti ve velikosti těla na malé i velké prostorové škále i v průběhu roku, jelikož odpovídají na změny prostředí. Obzvláště v agroekosystémech mohou sloužit jako bioindikátory (Kromp, 1999). Na druhou stranu, velikost těla některých druhů mrchožroutů je často vázána na jiné faktory prostředí. Například velikost mršiny, na které se juvenilní jedinci vyvíjí, může odrážet velikost těla dospělých brouků (Smith *et al.*, 2000). Avšak *Silpha carinata* (Herbst, 1783) je poměrně velký druh, který má pouze jednu generaci do roka a v dospělosti se živí zbytky hmyzu (larva je predátor) a proto je vhodným organismem pro studium změn ve velikosti těla.

Z mého výzkumu vyplývá, že velikost těla *S. carinata* se s rostoucí nadmořskou výškou zmenšuje. Tedy brouk následuje konverzní Bergmannovo pravidlo. Výsledek je i v souladu s výsledky meta-analýzy, kterou prováděli Horne *et al.*, (2015) a zjistili, že zpravidla větší druhy suchozemského hmyzu, které mají pouze jednu generaci potomků za rok, následují toto pravidlo. Ultimátní mechanismy generující geografickou variabilitu ve velikosti těla u *S. carinata* jsou pravděpodobně lokální adaptace (Stillwell, 2010). Ačkoliv se mi provedení zahradního experimentu nevydařilo zcela dle představ, jelikož jsem nedochovala dostatek dospělých jedinců druhé generace, tak přesto lze s určitou mírou opatrnosti konstatovat, že rozdíly mezi populacemi z vyšší a nižší nadmořské výšky byly zachovány a lze je tedy alespoň částečně připsat adaptaci dané populace k lokálním podmínkám prostředí. Samice z nižší nadmořské výšky kladly větší vajíčka a i z nich vylíhlé larvy si zachovaly větší velikost těla než larvy pocházející od matek z vyšší nadmořské výšky. Je zajímavé, že vztah mezi nadmořskou výškou a variabilitou ve velikosti těla uvnitř populace nevyšel průkazně (viz 4. manuskript článku). Obecně samci bývají více variabilní ve velikosti těla než samice (Stillwell *et al.*, 2010). I když v mé studii rozdíly ve variabilitě mezi pohlavími nebyly signifikantní, tak z grafu (viz obr. č. 3, 4. Manuskript článku) je patrný alespoň trend, že i u *S. carinata* je vnitropopulační variabilita nepatrně vyšší u samců. Je možné, že samičí tělo je vystaveno tzv. kanalizaci znaků, protože samice více trpí nevýhodou menší velikosti těla, jelikož menší samice mají významně sníženou plodnost (Honěk, 1993; Stearns & Kawecki, 1994). Je ale nutné podotknout, že míra pohlavního dimorfismu ve velikosti těla *S. carinata* je podél gradientu nadmořské výšky neměnná. Pokud by velikost těla samců, měla více reagovat

na měnící se přírodní podmínky, tak by měli mít samci strmější sklon podél gradientu nadmořské výšky ve srovnání se samicemi (Blanckenhorn *et al.*, 2006). Jelikož s rostoucí nadmořskou výškou klesá teplota a zkracuje se délka sezóny, lze předpokládat snižující se kvalitu prostředí. Ve výsledku by se měl s rostoucí nadmořskou výškou zvětšovat rozdíl ve velikosti těla mezi samci a samicemi. Na druhou stranu Tsuchiya *et al.* (2012) zjistil interakci mezi nadmořskou výškou a pohlavím u střevlíka *C. tosanus*, kde samice jsou větším pohlavím. V tomto případě se naopak pohlavní dimorfismus s rostoucí nadmořskou výškou snižoval. Proto jsem se rozhodla zaměřit své další zkoumání na zjištění vnitropopulačních a mezipopulačních rozdílů ve variabilitě velikosti těla u několika druhů střevlíků a podívat se, jestli tyto rozdíly jsou konzistentní podél gradientu nadmořské výšky a mezi pohlavími.

Velikost těla i tělesná kondice se nemění pouze v prostoru, ale i v čase. Existuje málo studií, které by vyšetřovaly vztah mezi časovou i prostorovou variabilitou v tělesné velikosti i v tělesné kondici (Östman, 2005; Baranovská & Knapp, 2014). Östman (2005) zjistil, že jedinci nemusí být v trvale lepší tělesné kondici nebo tělesné velikosti na jednom poli než na jiném. Proto je důležité provádět studie tělesné kondice a tělesné velikosti déle než jeden rok. Tělesná kondice a tělesná velikost se může měnit v průběhu let vlivem abiotických i biotických faktorů a může se tedy významně lišit mezi jednotlivými roky (Östman, 2005).

Pravděpodobně největší vliv na změny tělesné kondice střevlíků v průběhu sezóny mají strategické faktory, které jsou začleněny do životního cyklu jedinců. Jedinci *Anchomenus dorsalis* (Pontoppidan, 1763) byli v lepší tělesné kondici před přezimováním, jelikož před hibernací zvyšují příjem potravy, aby měli větší šanci přežít zimu. Také pohlavně specifické rozdíly v tělesné kondici byly zaznamenány. Samice byly v lepší tělesné kondici ve srovnání se samci. Zjištění není zcela překvapující, jelikož samice vydávají mnohem více energie do rozmnožování a tedy na samice působí větší selekční tlak. Na druhou stranu vliv faktorů prostředí zaznamenala malou část celkové variability v tělesné kondici *A. dorsalis*. Faktory prostředí v tomto případě mají pouze omezený význam na tvarování variability v tělesné kondici u *A. dorsalis*.

Existuje několik faktorů (např. potravní nabídka, teplota, disturbance prostředí), které mohou mít významný vliv na variabilitu ve strukturální velikosti těla. Tyto faktory jsou poměrně málo prozkoumané, ale již existuje několik studií, které se tímto problémem zabývají (Smith *et al.*, 2000; Laparie *et al.*, 2010; Giglio *et al.*, 2011). Z klimatických faktorů nejen teplota ale i vlhkost (Stillwell *et al.*, 2007) je důležitým činitelem, který může generovat proměnlivost ve velikosti těla. V současné době, kdy můžeme na vlastní kůži pocítit působení klimatických změn a zvyšující se období such, je důležité zjišťovat, jak

je hmyz připraven na tyto výzvy. Zejména zemědělská krajina a její organismy mohou být citlivé na sucho. Například populace střevlíků, kteří jsou významnou součástí agroekosystémů jako predátoři škůdců, mohou být významně narušeny působením různého abiotického stresu. Proto jsem svůj výzkum v posledním roce zaměřila na působení nedostatku vody na vybrané druhy střevlíků pocházejících z různých biotopů.

Závěrem bych chtěla říci, že i když je variabilita ve velikosti těla značně zkoumána, vystává zde mnoho dalších otázek, na které by se měly dále hledat odpovědi. Například: Jaké proximátní mechanismy generují geografické gradienty ve velikosti těla hmyzu? Jaké faktory ovlivňují pohlavní dimorfismus ve velikosti těla u hmyzu? Jsou teplota a potravní nabídka jedinými činiteli, kteří způsobují variabilitu ve velikosti těla na malém prostorovém měřítku a proměnlivost ve velikosti těla v krátkém časovém horizontu u hmyzu? Liší se vnitropopulační proměnlivost ve velikosti těla u hmyzu mezi populacemi stejného druhu podél geografických gradientů?

## 5. Summary (souhrn v angličtině)

Body size is the most prominent trait of all organisms, and influences other characters of a given organism, including its behaviour and physiology. The body size enjoys a close attention of scientists due to tight relationship between body size and fitness of a particular individual. Carl Bergmann noticed in the second half of the 19th century that endotherm organisms are bigger in colder climate conditions than their relatives from a warmer conditions. However, scientists began to focus on research of intraspecific variation in body size in ectotherm organisms and insects a little bit later, during 20th century. I formulated two main questions in my Ph.D. thesis: Do the body size and condition vary on a small spatial scale and over time in insects? Does the body size differ in different altitudes and is this difference due to phenotypic plasticity or local adaptation? My model organisms were beetles from the families Carabidae and Silphidae that stand in an important position in most terrestrial food chains. Carabids are among important predators of various pests and silphids are significantly involved in decomposition of animal organic matter. Small-scale spatial and temporal variation was investigated in *Anchomenus dorsalis* (Pontoppidan, 1763) and *Poecilus cupreus* (Linnaeus, 1758) in four arable fields over three consecutive years. The body size of *P. cupreus* differed only between sexes. On the contrary, I found significant variation in the body size and the body condition in *A. dorsalis* among sites during season and among years. I also investigated the body size variation along a geographic gradient in a carrion beetle *Silpha carinata* (Herbst, 1783). The carrion beetle *S. carinata* followed the converse Bergmann's rule, i.e. individuals grew bigger at a lower altitude. Common garden experiment, where individuals of *S. carinata* were held in climatic chamber under standardized condition, inferred that the differences in body size among altitudes were given mainly by an adaptation to a particular environmental conditions. The reason why *S. carinata* is smaller at higher altitudes is not completely understood. Nevertheless, it is obvious that in general, effects acting on insect are different than factors acting on endotherm animals. The main factors generating geographic cline of body size in insect are considered to be a temperature and a voltinism. However, there is need for further studies that should be focused on research of other possible proximate mechanisms. Intraspecific body size variations could be recorded even on a small spatial scale. Small-scale body size variation could reflect the quality of local environment conditions. Therefore, it is important to examine small-scale body size variation for a longer time horizon because of record of sudden environmental change. The methodological article, comparing the effect of presence of bait and type of preservative fluid on efficiency of pitfall traps for carabid and carrion beetle, is a by-product of my unfinished experiment

investigating the effect of altitude on several other species of carabid and silphid beetles. This methodological article is also included as a part of my Ph.D. thesis.

## 6. Reference

Angilletta, M.J. & Dunham, A.E. (2003). The Temperature-Size Rule in Ectotherms: Simple Evolutionary Explanations May Not Be General. *Am. Nat.* **162**, 332–42.

Atkinson, D. & Sibly, R.M. (1997). Why are organisms usually bigger in colder environments? Making sense of a life history puzzle. *Trends Ecol. Evol.* **12**, 235–239.

Baranovská, E. & Knapp, M. (2014). Small-scale spatiotemporal variability in body size of two common carabid beetles. *Cent. Eur. J. Biol.* **9**, 476–494.

Barone, M. & Frank, T. (2003). Habitat age increases reproduction and nutritional condition in a generalist arthropod predator. *Oecologia* **135**, 78–83.

Bergmann, C. (1847). *Über die Verhältnisse der Wärmeökonomie der Thiere zu ihrer Grösse*. *Göttinger Stud.* Göttingen: Vandenhoeck und Ruprecht.

Blackburn, T.M., Gaston, K.J. & Loder, N. (1999). Geographic gradients in body size: A clarification of Bergmann's rule. *Divers. Distrib.* **5**, 165–174.

Blanckenhorn, W. (2000). The evolution of body size: What keeps organisms small? *Q. Rev. Biol.* **75**, 385–407.

Blanckenhorn, W., Fanti, J. & Reim, C. (2007a). Size-dependent energy reserves, energy utilization and longevity in the yellow dung fly. *Physiol. Entomol.* **32**, 372–381.

Blanckenhorn, W.U. & Demont, M. (2004). Bergmann and converse bergmann latitudinal clines in arthropods: two ends of a continuum? *Integr. Comp. Biol.* **44**, 413–424.

Blanckenhorn, W.U., Dixon, A.F.G., Fairbairn, D.J., Foellmer, M.W., Gibert, P., van der Linde, K., Meier, R., Nylin, S., Pitnick, S., Schoff, C., Signorelli, M., Teder, T. & Wiklund, C. (2007b). Proximate causes of Rensch's rule: does sexual size dimorphism in arthropods result from sex differences in development time? *Am. Nat.* **169**, 245–257.

Blanckenhorn, W.U., Stillwell, R.C., Young, K. a, Fox, C.W. & Ashton, K.G. (2006). When Rensch meets Bergmann: does sexual size dimorphism change systematically with latitude? *Evolution* **60**, 2004–11.

Boaratti, A.Z. & Da Silva, F.R. (2015). Relationships between environmental gradients and geographic variation in the intraspecific body size of three species of frogs (Anura). *Austral Ecol.* **40**, 869–876.

Bommarco, R. (1998). Reproduction and energy reserves of a predatory carabid beetle relative to agroecosystem complexity. *Ecol. Appl.* **8**, 846–853.

Bowden, J.J., Eskildsen, A., Hansen, R.R., Olsen, K., Kurle, C.M. & Høye, T.T. (2015). High-Arctic butterflies become smaller with rising temperatures. *Biol. Lett.* **11**, 20150574.

Cvetković, D., Tomašević, N., Ficetola, G.F., Crnobrnja-Isailović, J. & Miaud, C. (2009). Bergmann's rule in amphibians: Combining demographic and ecological parameters to explain body size variation among populations in the common toad bufo bufo. *J. Zool. Syst. Evol. Res.* **47**, 171–180.

van Dijk, T.S. (1994). On the Relationship between food, reproduction and Survival of two carabid beetles: Calathus melanocephalus and Pterostichus versicolor. *Ecol. Entomol.* **19**, 263–270.

Elkin, C.M. & Reid, M.L. (2005). Low energy reserves and energy allocation decisions affect reproduction by Mountain Pine Beetles, Dendroctonus ponderosae. *Funct. Ecol.* **19**, 102–109.

Ernsting, G. & Isaaks, J. (1997). Effects of temperature and season on egg size, hatchling size and adult size in Notiophilus biguttatus. *Ecol. Entomol.* **22**, 32–40.

Eweleit, L. & Reinhold, K. (2014). Body size and elevation: do Bergmann's and Rensch's rule apply in the polytypic bushcricket Poecilimon veluchianus? *Ecol. Entomol.* **39**, 133–136.

Fairbairn, D.J. (2005). Allometry for sexual size dimorphism: testing two hypotheses for Rensch's rule in the water strider Aquarius remigis. *Am. Nat.* **166**, 69–84.

Fenberg, P.B., Self, A., Stewart, J.R., Wilson, R.J. & Brooks, S.J. (2016). Exploring the universal ecological responses to climate change in a univoltine butterfly. *J. Anim. Ecol.* **85**, 739–748.

Frynta, D., Baudyšová, J., Hradcová, P., Faltusová, K. & Kratochvíl, L. (2012). Allometry of Sexual Size Dimorphism in Domestic Dog. *PLoS One* **7**, 5–10.

Giglio, A., Giulianini, P.G., Zetto, T. & Talarico, F. (2011). Effects of the pesticide dimethoate on a non-target generalist carabid, *Pterostichus melas italicus* (Dejean, 1828) (Coleoptera: Carabidae). *Ital. J. Zool.* **78**, 471–477.

Gotthard, K., Berger, D. & Walters, R. (2007). What keeps insects small? Time limitation during oviposition reduces the fecundity benefit of female size in a butterfly. *Am. Nat.* **169**, 768–779.

Haschek, C., Drapela, T., Schuller, N., Fiedler, K. & Frank, T. (2012). Carabid beetle condition, reproduction and density in winter oilseed rape affected by field and landscape parameters. *J. Appl. Entomol.* **136**, 665–674.

Hirst, A.G., Horne, C.R. & Atkinson, D. (2015). Equal temperature– size responses of the sexes are widespread within arthropod species. *Proc. R. Soc. B Biol. Sci.* **282**, 1–9.

Honěk, A. (1993). Intraspecific variation in body size and fecundity in insects: a general relationship. *Oikos* **66**, 483–492.

Horne, C.R., Hirst, A.G. & Atkinson, D. (2015). Temperature-size responses match latitudinal-size clines in arthropods, revealing critical differences between aquatic and terrestrial species. *Ecol. Lett.* **18**, 327–335.

Huey, R.B., Gilchrist, G.W., Carlson, M.L., Berrigan, D. & Serra, L. (2000). Rapid evolution of a geographic cline in size in an introduced fly. *Science* **287**, 308–309.

Chown, S.L. & Gaston, K.J. (2010). Body size variation in insects: a macroecological perspective. *Biol. Rev. Camb. Philos. Soc.* **85**, 139–169.

Chown, S.L. & Klok, C.J. (2003). Altitudinal body size clines: latitudinal effects associated with changing seasonality. *Ecography (Cop.).* **26**, 445–455.

Ikeda, H., Tsuchiya, Y., Nagata, N., Ito, M.T. & Sota, T. (2012). Altitudinal life-cycle and body-size variation in ground beetles of the genus Carabus (subgenus Ohomopterus) in relation to the temperature conditions and prey earthworms. *Pedobiologia (Jena).* **55**, 67–73.

Jensen, K. & Mayntz, D. (2012). Optimal foraging for specific nutrients in predatory beetles. *… R. …* **279**, 2212–2218.

Juliano, S.A. (1985). The effects of body size on mating and reproduction in Brachinus lateralis (Coleoptera: Carabidae). *Ecol. Entomol.* **10**, 271–280.

Juliano, S.A. (1986). Food Limitation of Reproduction and Survival For Populations of Brachinus (Coleoptera : Carabidae). *Ecology* **67**, 1036–1045.

Karl, I., Janowitz, S.A. & Fischer, K. (2008). Altitudinal life-history variation and thermal adaptation in the copper butterfly Lycaena tityrus. *Oikos* **117**, 778–788.

Kingsolver, J.G. & Huey, R.B. (2008). Size, temperature, and fitness: Three rules. *Evol. Ecol. Res.* **10**, 251–268.

Knapp, M. & Knappová, J. (2013). Measurement of body condition in a common carabid beetle, Poecilus cupreus: a comparison of fresh weight, dry weight, and

fat content. *J. Insect Sci.* **13**, 1–10.

Kovacs, J.L. & Goodisman, M.A.D. (2010). Environmental and genetic influences on queen and worker body size in the social wasp Vespula maculifrons. *Insectes Soc.* **57**, 53–65.

Kromp, B. (1999). Carabid beetles in sustainable agriculture: a review on pest control efficacy, cultivation impacts and enhancement. *Agric. Ecosyst. Environ.* **74**, 187–228.

Laiolo, P., Illera, J.C. & Obeso, J.R. (2013). Local climate determines intra- and interspecific variation in sexual size dimorphism in mountain grasshopper communities. *J. Evol. Biol.* **26**, 2171–2183.

Laparie, M., Lebouvier, M., Lalouette, L. & Renault, D. (2010). Variation of morphometric traits in populations of an invasive carabid predator (Merizodus soledadinus) within a sub-Antarctic island. *Biol. Invasions* **12**, 3405–3417.

Levy, R.C., Kozak, G.M., Wadsworth, C.B., Coates, B.S. & Dopman, E.B. (2015). Explaining the sawtooth: Latitudinal periodicity in a circadian gene correlates with shifts in generation number. *J. Evol. Biol.* **28**, 40–53.

Liao, W.B., Liu, W.C. & Merilä, J. (2015). Andrew meets Rensch: sexual size dimorphism and the inverse of Rensch's rule in Andrew's toad (Bufo andrewsi). *Oecologia* **177**, 389–399.

Lövei, G.L. & Sunderland, K.D. (1996). Ecology and behavior of ground beetles (Coleoptera: Carabidae). *Annu. Rev. Entomol.* **41**, 231–256.

Marshall, J.M., Miller, M.A., Lelito, J.P. & Storer, A.J. (2013). Latitudinal variation in body size of Agrilus planipennis and relationship with fecundity. *Agric. For. Entomol.* **15**, 294–300.

Matějů, J. & Kratochvíl, L. (2013). Sexual size dimorphism in ground squirrels (Rodentia: Sciuridae: Marmotini) does not correlate with body size and sociality. *Front. Zool.* **10**, 27.

Mccabe, J. & Partridge, L. (1997). An Interaction Between Environmental Temperature and Genetic Variation for Body Size for the Fitness of Adult Female Drosophila melanogaster. *Evolution (N. Y).* **51**, 1164–1174.

Moya-Laraño, J. (2002). Senescence and food limitation in a slowly ageing spider. *Funct. Ecol.* **16**, 734–741.

Nylin, S. & Gotthard, K. (1998). Plasticity in life-history traits. *Annu. Rev. Entomol.* **43**,

63–83.

Okuzaki, Y. & Sota, T. (2017). Factors Related to Altitudinal Body Size Variation in the Earthworm-Eating Ground Beetle *Carabus japonicus*. *Zoolog. Sci.* **34**, 229–234.

Östman, Ö. (2005). Asynchronous temporal variation among sites in condition of two carabid species. *Ecol. Entomol.* **30**, 63–69.

Östman, Ö., Ekbom, B., Bengtsson, J. & Weibull, A.C. (2001). Landscape complexity and farming practice influence the condition of polyphagous carabid beetles. *Ecol. Appl.* **11**, 480–488.

Park, O. (1949). Application of the converse Bergmann principle to the carabid beetle, Dicaelus purpuratus. *Physiol. Zool.* **22**, 359–372.

Purcell, J., Pirogan, D., Avril, A., Bouyarden, F. & Chapuisat, M. (2016). Environmental influence on the phenotype of ant workers revealed by common garden experiment. *Behav. Ecol. Sociobiol.* **70**, 357–367.

Ray, C. (1960). The application of Bergmann's and Allen's rules to the poikilotherms. *J. Morphol.* **106**, 85–108.

Savalli, U. & Fox, C. (1998). Sexual selection and the fitness consequences of male body size in the seed beetle Stator limbatus. *Anim. Behav.* **55**, 473–83.

Shelomi, M. (2012). Where are we now? Bergmann's rule sensu lato in insects. *Am. Nat.* **180**, 511–9.

Smith, R.J., Hines, A., Richmond, S., Merrick, M., Drew, A. & Fargo, R. (2000). Altitudinal Variation in Body Size and Population Density of Nicrophorus investigator (Coleoptera: Silphidae). *Environ. Entomol.* **29**, 290–298.

Sniegula, S., Golab, M.J. & Johansson, F. (2016). A large-scale latitudinal pattern of life-history traits in a strictly univoltine damselfly. *Ecol. Entomol.* **41**, 459–472.

Sota, T. (1985). Limitation of reproduction by feeding condition in a carabid beetle,Carabus yaconinus. *Res. Popul. Ecol. (Kyoto).* **27**, 171–184.

Stearns, S.C. & Kawecki, T.J. (1994). Fitness Sensitivity and the Canalization of Life-History Traits. *Source Evol. Evol.* **48**, 1438–1450.

Stillwell, R.C. (2010). Are latitudinal clines in body size adaptive? *Oikos* **119**, 1387–1390.

Stillwell, R.C., Blanckenhorn, W.U., Teder, T., Davidowitz, G. & Fox, C.W. (2010). Sex differences in phenotypic plasticity affect variation in sexual size dimorphism in

insects: from physiology to evolution. *Annu. Rev. Entomol.* **55**, 227–245.

Stillwell, R.C. & Fox, C.W. (2009). Geographic variation in body size, sexual size dimorphism and fitness components of a seed beetle: Local adaptation versus phenotypic plasticity. *Oikos* **118**, 703–712.

Stillwell, R.C., Morse, G.E. & Fox, C.W. (2007). Geographic variation in body size and sexual size dimorphism of a seed-feeding beetle. *Am. Nat.* **170**, 358–369.

Teder, T. & Tammaru, T. (2005). Sexual size dimorphism within species increases with body size in insects. *Oikos* **108**, 321–334.

Teuschl, Y., Reim, C. & Blanckenhorn, W.U. (2007). Correlated responses to artificial body size selection in growth, development, phenotypic plasticity and juvenile viability in yellow dung flies. *J. Evol. Biol.* **20**, 87–103.

Tsuchiya, Y., Takami, Y., Okuzaki, Y. & Sota, T. (2012). Genetic differences and phenotypic plasticity in body size between high- and low-altitude populations of the ground beetle Carabus tosanus. *J. Evol. Biol.* **25**, 1835–1842.

Warzecha, D., Diekotter, T., Wolters, V. & Jauker, F. (2016). Intraspecific body size increases with habitat fragmentation in wild bee pollinators. *Landsc. Ecol.* **31**, 1449–1455.

Weeks, A.R., McKechnie, S.W. & Hoffmann, A.A. (2002). Dissecting adaptive clinal variation: Markers, inversions and size/stress associations in drosophila melanogaster from a central field population. *Ecol. Lett.* **5**, 756–763.

Yom-Tov, Y. & Geffen, E. (2011). Recent spatial and temporal changes in body size of terrestrial vertebrates: probable causes and pitfalls. *Biol. Rev. Camb. Philos. Soc.* **86**, 531–41.

Zangger, A., Lys, J. & Nentwig, W. (1994). Increasing the availability of food and the reproduction of Poecilus cupreus in a cereal field by strip-management. *Entomol. Exp. Appl.* **71**, 111–120.

Zeuss, D., Brunzel, S. & Brandl, R. (2017). Environmental drivers of voltinism and body size in insect assemblages across Europe. *Glob. Ecol. Biogeogr.* **26**, 154–165.

Zhou, X., Honěk, A., Powell, W. & Carter, N. (1995). Variations in body length, weight, fat content and survival in Coccinella septempunctata at different hibernation sites. *Entomol. Exp. Appl.* **75**, 99–107.

7. ***Curriculum vitae***

# Ing. Eliška Baranovská, DiS.


| | |
|---|---|
| Email | eliska.baranovska@gmail.com |
| Tel. | +420 775 251 986 |
| Bydliště | Roztoky u Prahy |


## Vzdělání

2013 – nyní **Ph.D. - Česká zemědělská univerzita v Praze**

Fakulta životního prostředí, student doktorského programu Ekologie. Téma mé disertační práce je *"Časová a prostorová proměnlivost velikosti těla u hmyzu"* pod vedením doc. RNDr. Pavel Saska, Ph.D. a Ing. Michal Knapp, Ph.D. Oba školitelé se zaměřují na ekologii a biologii hmyzu, předmětem jejich studia jsou hlavně brouci z čeledi Carabidae a Coccinellidae.

2011 – 2013 **Ing. - Česká zemědělská univerzita v Praze**

Fakulta životního prostředí, student magisterského programu Ochrana přírody. Téma mé diplomové práce bylo *"Časoprostorová variabilita ve velikosti těla hmyzu"* pod vedením **Ing. Michal Knapp, Ph.D**. Za tuto diplomovou práci jsem obdržela cenu děkana.

Z práce byl publikován článek ve vědeckém časopise s impakt faktorem Central European Journal of Biology. Název článku *"Small-scale spatiotemporal variability in body size of two common carabid beetles".*

2009 – 2011 **Bc. - Česká zemědělská univerzita v Praze**

Fakulta životního prostředí, student bakalářského programu Aplikovaná ekologie. Bakalářská práce byla na téma *"Faktory, které ovlivňují tělesnou kondici u Arthropoda v agroekosystémech"*. Z práce byl napsán článek "*The effects of overwintering, sex, year, field identity and vegetation at the*

*boundary of fields on the body condition of Anchomenus dorsalis (Coleoptera: Carabidae)"*, který byl publikován v časopise European Journal of Entomology.

2005 – 2008 **DiS. - Vyšší odborná škola a Střední zemědělská škola Tábor**

Péče o krajinu: Pozemkové úpravy a ekologie krajiny

2001 – 2005 **Střední lesnická škola Šluknov**

Obor Ekologie

## Výzkum

Publikace

Knapp, M., Baranovská E. & Jakubec P. 2016: **Effects of bait presence and type of preservative fluid on ground and carrion beetle samples collected by pitfall trapping**. Environmental Entomology 45 (4): 1022 - 1028.

Na tomto článku jsem spolupracovala s kolegy. Spolupodílela jsem se na sběru dat a psaní článku. Hlavním výsledkem článku bylo, že propylenglykol je vice lákán hmyzem, než formaldehyd. Dalším výsledkem, bylo zjištění, že přítomnost rybí návnady zvýšilo množství mrchožroutovitých brouků.

Baranovská E., Knapp M. & Saska P. 2014: **The effects of overwintering, sex, year, field identity and vegetation at the boundary of fields on the body condition of *Anchomenus dorsalis* (Coleoptera: Carabidae)**. European Journal of Biology 111 (5): 608 – 614.

Baranovská E. & Knapp M. 2014: **Small-scale spatiotemporal variability in body size of two common carabid beetles**. Central European Journal of Biology 9 (5): 476 – 494.

Během mého bakalářského a magisterského studia jsem byla hlavním řešitelem těchto projektů. Výsledky ukázaly, že strategické faktory (přezimování a pohlaví) mají zásadní vliv na tělesnou kondici *Anchomenus dorsalis* (jedinci před přezimování byli v lepší kondici než po něm). Strukturální velikost těla u

*A. dorsalis* byla také hlavně ovlivněna pohlavím (samice byly větší), přezimováním, (jedinci po přezimování byly větší) a polem na kterém jedinci žili.

## Pracovní zkušenosti

2014 – nyní **Česká zemědělská univerzita v Praze**

Vedla a napsala jsem dva granty v rámci Interní grantové agentury IGA ČZU. Jsem cvičící v oblasti entomologie na týdenní exkurzi pro bakalářské studenty. Také jsem cvičící na zahajovací hodině předmětu zoologie, téma cvičení je sběr, preparace a klasifikace hmyzu.

Duben 2017 Měsíční stáž na univerzitě Roma Tre v Římě

Spolupracovala jsem s Prof. Andrea Di Giulio v oblasti metodologie měření velikosti hmyzu. Porovnávali jsme různé způsoby měření tělesné velikosti a biomasy hmyzu.

2016 Podílení se na organizaci konference Kostelecké inspirování 2016

### Další krátké zkušenosti

2012 Magistrát hlavního města Prahy, oddělení Životního prostředí, činnost – práce v terénu

2011 Chráněná krajinná oblast Labské Pískovce, činnost – práce v terénu

2007 Nezisková organizace Natura Rumburk, činnost – lektor

2004 Městský úřad Šluknov, odbor Životního prostředí, aktivita – seznámení se s agendou v rámci odboru, práce v terénu

### Nevědecké zkušenosti (brigáda)

2013 – nyní V.I.P externista v agentuře pro výzkum trhu NMS Market Research s.r.o. Jsem supervizor a hlavní aktivitou je kontrola a řízení CATI studia s 10 - 15 telefonními operátory. Součástí práce je také školení a hodnocení operátorů. Pět operátorů bylo za mého vedení povýšeno. Částečně pomáhám s řízení dalších projektů v oblasti mystery shopping a osobního dotazování.

## Konference

| | |
|---|---|
| 2013, 2015 | **European Carabidologists Meeting** |
| | Aktivní účast - poster |
| 2014, 2016 | **Zoologické dny** |
| | Aktivní účast - poster |
| 2013/14/15 | **Kostelecké inspirování** |
| | Aktivní účast - prezentace |
| 2016 | **Konference české společnosti pro ekologii** |
| | Aktivní účast - poster |

## Jazyk

Angličtina – B2 (pasivně), B1 (aktivně).

## Další dovednosti

Řidičský průkaz skupiny B, základní znalosti práce s GIS a Photoshop, pokročilá práce v programu R, pokročilá práce v programu Microsoft Excel a PowerPoint