

MORFOMETRICKÁ VARIABILITA MEDZI POPULÁCIAMI *CARABUS HORTENSIS* LINNAEUS, 1758 (COLEOPTERA, CARABIDAE) V SMERE GRADIENTU MESTO – VIDIEK

MORPHOMETRIC VARIABILITY BETWEEN *CARABUS HORTENSIS* LINNAEUS, 1758 (COLEOPTERA, CARABIDAE) POPULATIONS IN THE URBAN-NATURAL GRADIENT

Vladimír LANGRAF¹, Kornélia PETROVIČOVÁ², Zuzana KRUMPÁLOVÁ³, Jana IVANIČ PORHAJAŠOVÁ², Mária BABOŠOVÁ², Jaroslav NOSKOVIČ²

¹Ludovita Okánika 14, 949 01, Nitra, e-mail: langرافvladimir@gmail.com

²Katedra environmentalistiky a biológie, Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov, SPU v Nitre, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, e-mail: kornelia.petrovicova@uniag.sk, jana.porhajasova@uniag.sk, maria.babosova@uniag.sk, jaroslav.noskovic@uniag.sk

³Katedra ekológie a environmentalistiky, Fakulta prírodných vied, Univerzita Konštantína Filozofa v Nitre, Trieda A. Hlinku 1, 949 74 Nitra, e-mail: zkrumpalova@ukf.sk

Abstract: *We evaluated asymmetry of morphometric features and Ellipsoid biovolume (EV) for 912 (426 ♂, 486 ♀) individuals of the species *Carabus hortensis* during the years 2015 – 2017 on 3 forest habitats. Descriptive statistics confirmed the asymmetry and shortening of the morphometric feature thickness at locality 2 in both sexes. Friedman's test showed shortening of morphometric features (for length ($p = 0.048$), thickness ($p = 0.015$), width ($p = 0.072$)) in the direction of the urban – suburban – rural gradient. Ellipsoid biovolume (EV) of the sites examined, represents 707,667.30 mm³ (0.7 liters). Friedman test significantly confirmed ($p = 0.040$) decreasing body size (EV) in anthropically intensively disturbed areas, due to urbanization towards the city. The lower average values of EV, sites 1,2 compared to site 3 may be influenced by former glass production at sites 1 and 2 (Kruskal-Wallis test – $p = 0.00$).*

Key words: *Carabidae, Stolické vrchy, Juhoslovenská kotlina, morphometrics, population variability*

Úvod

Na rozšírenie poznatkov o dynamike a štruktúre populácií druhov sú nevyhnutné štúdie zmien morfológických znakov organizmov vplyvom environmentálnych faktorov. Špecifické reakcie spoločenských a druhov súvisia s charakteristikami urbanizovanej krajiny, pričom sa často prejavuje vplyv pôsobenia rušivých prvkov gradientu mestských a vidieckych oblastí (Niemela, Kotze, 2009). Zmena veľkosti tela bystruškovitých pozdĺž mestských a vidieckych gradientov je ovplyvnená dvomi faktormi. Prvým je rozširovanie mestských oblastí a vplyv urbanizácie na voľne žijúce zvieratá. Druhým je integrita telesnej veľkosti ako znaku, ktorý ovplyvňuje mnoho životných situácií, napr. ontogenéza,

sexuálny výber, plodnosť, veľkosť predátorského typu, kvalita a dostupnosť zdrojov, preplnenosť, konkurencia (Angilletta, Dunham, 2003; Dial et al., 2008).

Z radu Coleoptera sa na poukázanie zmien v prostredí využíva modelová čeľaď Carabidae. Výhodou je jednoduchý odber vzoriek pomocou zemných pascí, a dobré znalosti o ich ekologických nárokoch. Druhy sú charakteristické širokou ekologickou valenciou, obývajú lúčne, lesné, ale aj poľné ekosystémy a niektoré sú stenovalentné. Citlivo reagujú na rôzne toxické látky (herbicidy, insekticidy), na zmenu pH pôdy a pôdnej vlhkosti (Porhajášová et al., 2008; Bezděk, 2001; Heydeman, 1955).

Zmenami priemernej veľkosti tela vplyvom environmentálnych faktorov alebo geografickej polohy u bystruškovitých sa zaoberali Alibert et al., 2001. Vo svojich štúdiách poukázali na zvyšovanie telesnej veľkosti vplyvom znižovania teploty. Vplyv urbárneho, suburbárneho a vidieckeho prostredia na veľkosť tela analyzovala vo svojich prácach Sukhodolskaya (2013); Sukhodolskaya, Saveliev (2014); Sukhodolskaya, Saveliev (2016). Z jej výsledkov vyplýva predlžovanie dĺžky tela u druhov *Caraus cancellatus* a *Poecilus cupreus* vo vydieckom prostredí. V urbárnom prostredí došlo ku skracovaniu dĺžky tela u druhov *Carabus cancellatus* a *Pterostichus melanarius*. Suburbárne prostredie signifikantne neovplyvilo na zmeny dĺžky tela u vyššie uvedených druhov. Štúdie poukázali na morfometrické variácie v mestskom – prímestskom – vidieckom gradiente. Autori Sukhodolskaya (2011); Gordienko, Sukhodolskaya (2011); Sukhodolskaya, Saveliev (2012) zaznamenali skrátenie dĺžky elytrónu, šírky pronóta a šírky hlavy u druhu *Caraus cancellatus* v urbárnom prostredí, avšak pri tomto druhu došlo k predĺženiu šírky elytrónu, čo je ovplyvnené zintenzívnením vyhľadávania potravy v mestských a prímestských podmienkach. Autori Naidenko, Grechkanov (2002); Weller, Ganzhorn (2003) a Timofeeva, Savosin (2009) vo svojich výskumoch potvrdili znižovanie dĺžky tela v smere gradientu urbanizácie u druhov *Carabus nemoralis*, *C. aeruginosus* a *Pterostichus oblongopunctatus*. Prítomnosť asymetrie morfometrických znakov je jedným z indikátorov selekcie v populácii, na čo poukázal Rueffler et al., (2006). Brygadyrenko, Reshetniak (2014) sa zaoberali asymetriou morfometrických znakov u druhu *Harpalus affinis* v podmienkach lesných, poľných a stepných ekosystémov. U samíc zaznamenali výraznú negatívnu asymetriu dĺžky tela, dĺžky hlavy, dĺžky elytra, vzdialenosti medzi očami, šírky hlavy, šírky prothoraxu medzi prednými a zadnými uhlami, šírky elytra medzi humerálnymi uhlami a maximálnej šírky elytra, čo poukazuje na skracovanie uvedených morfometrických znakov.

Braun et al. (2004) použil ako prvý na stanovenie veľkosti (objemu) tela bystruškovitých pojem Ellipsoid biovolume (EV), vypočítaný pomocou morfometrických znakov jedinca (dĺžka, hrúbka a šírka). Čeľaď Carabidae je pre výpočet biovolumenu (EV) vhodná z dôvodu ich morfometrických parametrov a relatívne veľkej veľkosti tela v tvare elipsoidu (Barndt et al., 1991; Turín, 2000). Szyszko (1983) pri štúdiu bystruškovitých počas obnovy borovicového lesa formuloval a potvrdil hypotézu, že "zníženie narušenosti prostredia umožňuje väčšiu priemernú veľkosť tela". Na klesajúcu veľkosť tela bystruškovitých v antropicky intenzívne narušených oblastiach poukázal Šustek (1987). Podľa Niemelä et al. (2002) urbanizácia vo väčšine prípadov spôsobuje pokles druhej bohatosti (aj diverzity) bystruškovitých a zvýšenie počtu menších druhov smerom do

centra mesta. Weller, Ganzhorn (2006) zistili pokles veľkosti tela druhu *Carabus nemoralis* vplyvom urbanizácie smerom do centra mesta. Magura et al. (2006) taktiež sledoval rozdiely vo veľkosti tela bystruškovitých na vidieku, v mestských a prímestských oblastiach. Na vidieku zaznamenal prítomnosť viacerých jedincov rôznych druhov s väčšou veľkosťou tela ako v mestských a prímestských oblastiach. Lövei, Magura (2006) zistili, že v blízkosti priemyselného areálu sa veľkosť tela karnivorných druhov Carabidae zmenšila. V menej znečistenom prostredí zmena veľkosti tela zaznamenaná nebola. Braun et al. (2004) poukázali na zvyšovanie priemernej veľkosti druhov s poklesom znečistenia krajiny spôsobené ukončením prevádzky priemyselného areálu.

Cieľom príspevku je analýza asymetrie morfometrických znakov (dĺžka, výška a šírka) počas rokov 2015 – 2017 spôsobená faktormi prostredia. Taktiež vyhodnotenie Ellipsoid biovolume (EV) na skúmaných 3 lesných lokalitách južnej časti stredného Slovenska.

Materiál a metodika

Výskum bystruškovitých sme uskutočnili od začiatku apríla do konca októbra v rokoch 2015 – 2017 na 3 lokalitách podľa Ružičkovej et al. (1996) predstavujúcich 3 typy biotopov. Na odchyt sme použili zemné pasce (750 ml) a Mörickeho misky (1 500 ml) (Novák et al., 1969). Na každom biotope bolo umiestnených v línii 5 pascí, vzdialených od seba 10 m. Pasce boli vyberané v pravidelných dvojtyždňových intervaloch. Ako fixačnú tekutinu sme použili 4 % soľný roztok. Získaný materiál sme determinovali a názvoslovie bystruškovitých upravili podľa Húrka (1996). Skúmané lokality sa nachádzajú v južnej časti stredného Slovenska, geomorfologických celkoch Veporské vrchy a Juhoslovenská kotlina. Lokalizačné údaje a biotopovú charakteristiku lokalít uvádzame v tabuľke 1.

Tab. 1: Lokalizačné údaje skúmaných lokalít a ich biotopová charakteristika

Geomorfologické jednotky	Lokalita		K. ú.	m n. m.	Biotop	Zem. súr.
Veporské vrchy	1	Lichovo	Utekáč	518	kultúra smreka obyčajného	48°36'27"S 19°48'23"V
Juhoslovenská kotlina	2	Kúpna hora	Poltár	300	dubovo-hrabový les karpatský	48°26'09"S 19°49'27"V
	3	Pri Ľadove	Lučenec	258	dubovo-cerový les	48°19'08"S 19°37'48"V

Vysvetlivky: Zem. súr. = zemepisné súradnice

Ellipsoid biovolume (EV)

Morfometrické znaky sa merali u každého jedinca pomocou digitálneho mikroskopu s presnosťou na 0,1 mm. Zmerané boli 3 morfometrické parametre: (i) dĺžka – dorzálna vzdialenosť medzi vrchnou perou (labrum) a koncom kroviiek, (ii) hrúbka – dorzálna vzdialenosť medzi maximálnou šírkou kroviiek a (iii) šírka – maximálna dorzoventrálna hrúbka ľavej strany tela chrobáka. Každý parameter bol meraný trikrát, aby sa minimalizovala chyba, a konečná hodnota je ich aritmetický priemer

Na základe telesných rozmerov sme vypočítali objem jedincov EV podľa Brauna et al. (2004):

$$EV = (\pi/6) \cdot D \cdot V \cdot \check{S}$$

kde: D – dĺžka jedinca;
V – hrúbka jedinca;
Š – šírka jedinca.

Štatistická analýza dát

Štatistickú analýzu Ellipsoid biovolume (EV) a morfometrických znakov sme vyhodnotili pomocou štatistického programu Statistica Cz. Ver. 7.0 (StatSoft, Inc., 2004). Analýza bola zameraná na:

- deskriptívnu štatistiku;
- testovanie normality rozloženia dát (Shapiro-Willksov W test);
- testovanie rozptylu od priemerných hodnôt (Kruskal-Wallisov test (ANOVA), Friedmanov test (ANOVA)).

Výsledky a diskusia

Na skúmaných 3 lokalitách (predstavujúcich 3 typy biotopov) sme počas rokov 2015 – 2017 zaznamenali 912 jedincov (426 ♂, 486 ♀) patriacich k druhu *Carabus hortensis* (tab. 2).

Tab. 2: Prehľad počtu jedincov druhu *Carabus hortensis* na skúmaných lokalitách

rok	pohlavie	lokality		
		1	2	3
2015	samec	68	99	44
	samica	69	101	108
2016	samec	61	79	10
	samica	56	64	29
2017	samec	45	11	9
	samica	33	14	12
Σ jedince		332	368	212

Morfometrické znaky samcov a samíc zo všetkých lokalít sme vyhodnotili deskriptívnou štatistikou (tab. 3). Pravostrannou šikmosťou (kladná) sme na lokalite 2 u samcov aj samíc pri morfometrickom znaku hrúbka poukázali na jeho asymetriu a prevahu menších čísel (medián je väčší ako priemer). Teda dochádza k skracovaniu tohto znaku. Rovnaké skracovanie morfometrických znakov zistil aj Brygadyrenko, Reshetniak (2014) u druhu *Harpalus affinis* v lesných, poľných a stepných biotopoch. Zvyšné lokality mali pri morfometrických znakoch oboch pohlaví ľavostrannú šikmosť (zápornú), čo naznačuje prevahu väčších čísel znakov v súbore dát. Taktiež poukazuje na asymetriu spojenú s predĺžovaním daných znakov (medián je menší ako priemer). Leptokurtické rozdelenie (+ hodnoty) špicatosti, všetkých morfometrických znakov, lokalít aj pohlaví hovorí o koncentrácii čísel pri mediáne, menšej variabilite hodnôt a prítomnosti extrémnych čísel v súbore dát. Výsledky sú v tabuľke 3.

Tab. 3: Deskriptívna štatistika morfometrických znakov oboch pohlaví skúmaných lokalít

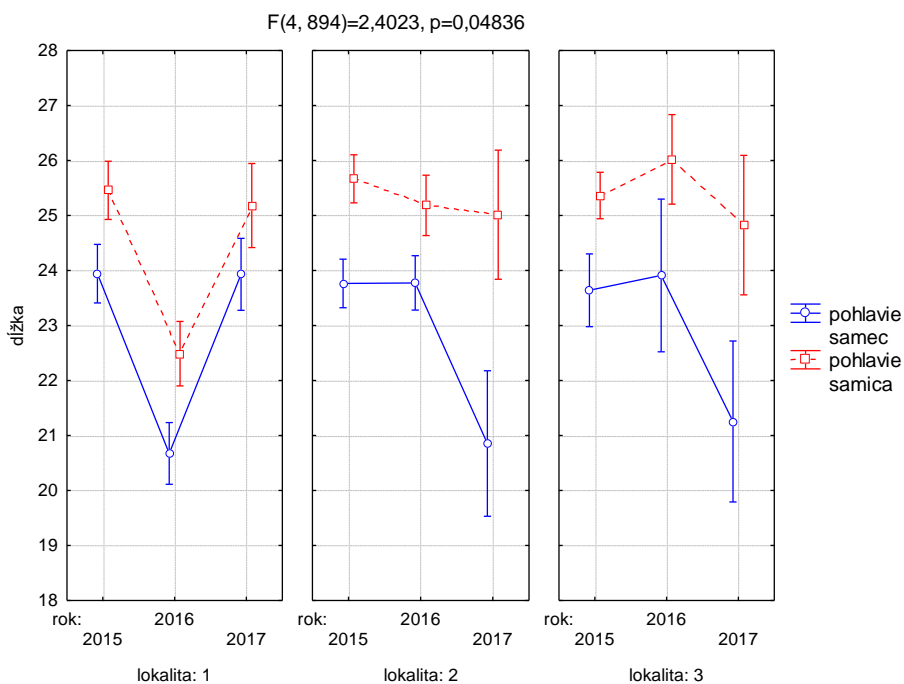
morfo. znak	p	lok.	N	priemer	medián	SD	šik.	špi.
dĺžka	♂	1	174	22,79	23,70	3,32	-1,66	2,13
hrúbka	♂	1	174	5,88	6,00	0,86	-1,47	2,05
šírka	♂	1	174	8,45	8,85	1,22	-1,81	2,46
dĺžka	♂	2	189	23,60	23,70	2,01	-1,63	7,14
hrúbka	♂	2	189	6,12	6,00	0,58	0,44	5,52
šírka	♂	2	189	8,91	9,00	0,69	-1,77	9,07
dĺžka	♂	3	63	23,34	23,60	2,47	-1,46	6,03
hrúbka	♂	3	63	6,01	6,02	0,65	-0,24	3,33
šírka	♂	3	63	8,77	9,00	0,87	-1,86	5,27
dĺžka	♀	1	158	24,35	24,85	2,92	-1,71	3,25
hrúbka	♀	1	158	6,65	6,70	1,01	-1,13	2,80
šírka	♀	1	158	9,38	9,70	1,21	-2,18	4,47
dĺžka	♀	2	179	25,44	25,50	1,68	-0,61	2,88
hrúbka	♀	2	179	7,01	7,00	1,72	11,75	150,56
šírka	♀	2	179	9,83	9,90	0,59	-0,74	1,15
dĺžka	♀	3	149	25,45	25,47	1,79	-0,10	0,55
hrúbka	♀	3	149	6,93	6,95	0,70	0,52	2,53
šírka	♀	3	149	9,71	9,90	0,61	-0,64	0,69

Vysvetlivky: morf. znak – morfometrický znak, p – pohlavie, lok. – lokalita, N – počet meraní, SD – smerodajná odchýlka, šik. – šikmosť, špi. – špicatosť

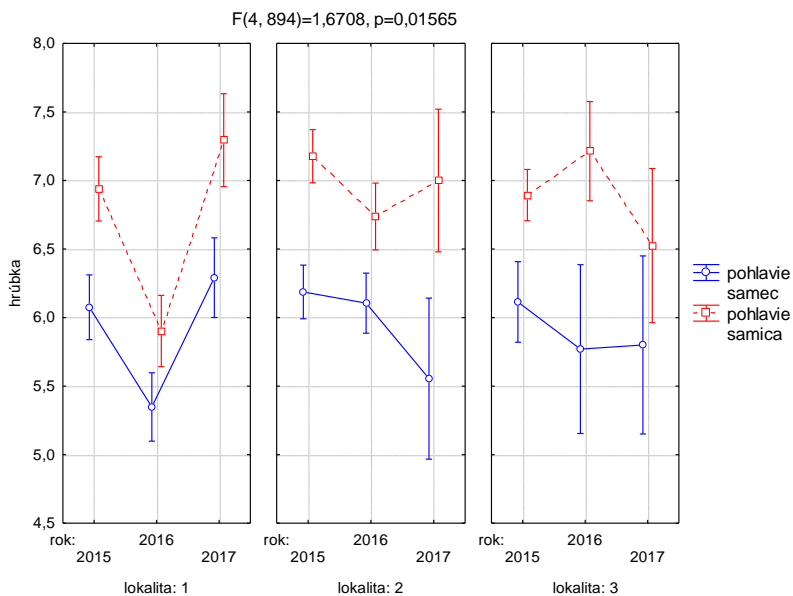
Pre ďalšie spracovanie údajov sme pomocou Shapiro-Wilksovho W testu testovali normalitu rozloženia dát morfometrických znakov (dĺžka, hrúbka, šírka) oboch pohlaví zaznamenaných na jednotlivých lokalitách počas rokov 2015 – 2017. Testovali sme hypotézu H_0 : náhodný výber pochádza zo súboru s normálnym rozdelením, platí, keď $p > p_\alpha \Rightarrow$ nezamietame H_0 na hladine zvolenej štatistickej významnosti $p_\alpha = 0,05$. Výsledkom bolo porušenie normálneho rozloženia dát všetkých morfometrických znakov (p -value = 0,00) na všetkých lokalitách u oboch pohlaví bystruškovitých počas rokov 2015 – 2017.

V dôsledku porušenia normality rozloženia dát sme použili na testovanie H_0 hypotézy neparametrický Friedmanov test (viacfaktorová ANOVA), ktorým sme overovali hypotézu H_0 : priemerná hodnota morfometrických znakov (dĺžka, hrúbka, šírka) oboch pohlaví sa nelíši na všetkých lokalitách počas rokov 2015 – 2017. Platí, keď $p > p_\alpha \Rightarrow$ nezamietame H_0 na nami zvolenej hladine štatistickej významnosti $p_\alpha = 0,05$. Výsledkom testovania je zamietnutie H_0 hypotézy pri všetkých morfometrických znakoch: dĺžka ($p = 0,048$) (obr. 1), hrúbka ($p = 0,015$) (obr. 2), šírka ($p = 0,072$) (obr. 3), čo znamená, že priemerné hodnoty morfometrických znakov oboch pohlaví sú na všetkých lokalitách počas rokov 2015 – 2017 štatisticky preukazne odlišné. Lokalita 1 (vidiek) mala pri všetkých morfometrických znakoch pokles (skracovanie) počas roku 2016 a v následnom roku 2017 nárast (predlžovanie). Na lokalitách 2 (suburbar) a 3 (urbar) sme zaznamenali skracovanie morfometrických znakov: dĺžky, hrúbky a šírky tela počas rokov 2015 – 2017 u oboch pohlaví. Z výsledkov vyplýva skracovanie morfometrických znakov v smere mestskom – prímestskom – vidieckom gradiente, ktoré zaznamenali aj Sukhodolskaya (2011); Gordienko, Sukhodolskaya (2011); Sukhodolskaya, Saveliev (2012); Sukhodolskaya (2013); Sukhodolskaya, Saveliev (2014); Sukhodolskaya, Saveliev (2016); Naidenko, Grechkanov (2002); Weller, Ganzhorn (2003) a Timofeeva, Savosin (2009) u druhov: *Caraus cancellatus*, *C. nemoralis*, *C. aeruginosus*, *Poecilus cupreus*, *Pterostichus melanarius*, *Pterostichus oblongopunctatus*.

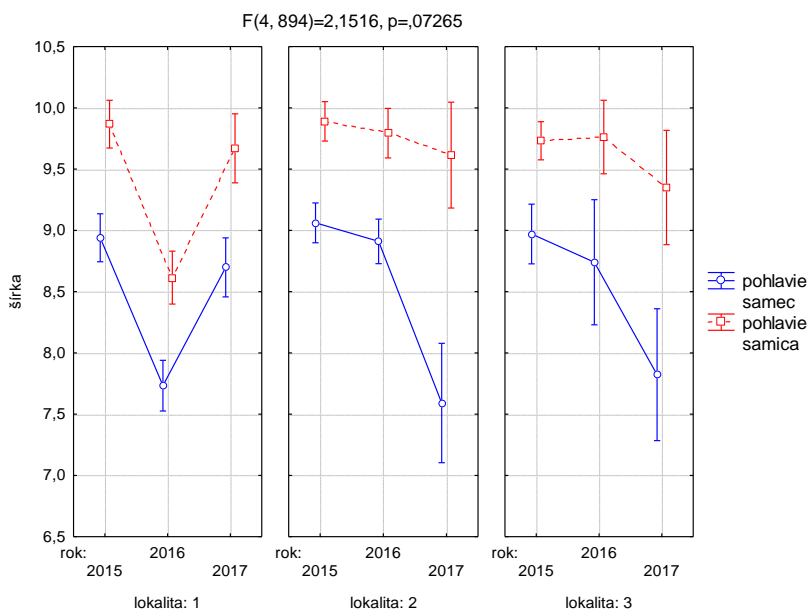
Obr. 1: Analýza rozptylu (Friedmanov test (ANOVA)) priemerných hodnôt morfometrického znaku dĺžka jednotlivých lokalít počas rokov 2015 – 2017



Obr. 2: Analýza rozptylu (Friedmanov test (ANOVA)) priemerných hodnôt morfometrického znaku hrúbka jednotlivých lokalít počas rokov 2015 – 2017



Obr. 3: Analýza rozptylu (Friedmanov test (ANOVA)) priemerných hodnôt morfometrického znaku šírka jednotlivých lokalít počas rokov 2015 – 2017



Na základe merania telesných rozmerov (dĺžka, hrúbka a šírka) jedincov druhu *Carabus hortensis* sme stanovili hodnotu Ellipsoid biovolume (EV). Sumárna hodnota EV v skúmaných lokalitách predstavuje 707 667,30 mm³ (0,7 litra) pri zistených 912 jedincoch. Najnižšiu hodnotu EV sme zaznamenali na lokalite 3 – 176 263,75 mm³ (0,1 litra), najvyššiu na lokalite 2 – 292 838,16 mm³ (0,3 litra) (tab. 4).

Tab. 4: Hodnoty EV podľa pohlavia, jednotlivých lokalitách v rokoch 2015 - 2017

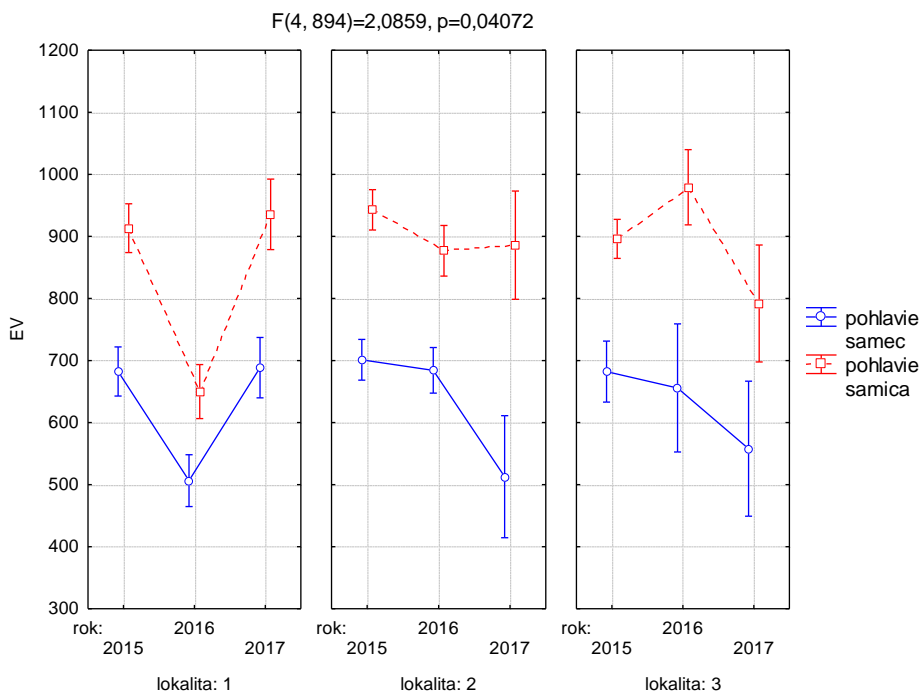
rok	pohlavie	lokality		
		1	2	3
2015	samec	46 400,54	69 417,54	30 013,96
	samica	63 018,83	95 219,49	96 771,05
2016	samec	30 894,83	54 046,63	6 557,40
	samica	36 396,94	56 113,51	28 397,51
2017	samec	30 983,54	5 640,53	5 021,33
	samica	30 870,69	12 400,46	9 502,50
Σ EV		238 565,38	292 838,16	176 263,75

Pre spracovanie EV sme si overovali normalitu rozloženia dát pomocou Shapiro-Wilksov W testu. Testovali sme hypotézu H₀: náhodný výber pochádza zo súboru s normálnym rozdelením, platí keď $p > p_{\alpha} \Rightarrow$ nemôžeme zamietnuť H₀ na hladine zvolenej štatistickej

významnosti $p\alpha = 0,05$. Výsledkom je porušenie normality rozloženia dát na všetkých lokalitách 1, 4 a 7 ($p\text{-value} = 0,00$).

V dôsledku porušenia normality rozloženia dát sme použili na testovanie H_0 hypotézy neparametrický Friedmanov test (viacfaktorová ANOVA), ktorým sme overovali hypotézu H_0 : priemerná hodnota EV oboch pohlaví sa nelíši na všetkých lokalitách počas rokov 2015 – 2017. Platí, keď $p > p\alpha \Rightarrow$ nezamietame H_0 na nami zvolenej hladine štatistickej významnosti $p\alpha = 0,05$. Výsledkom testovania je zamietnutie H_0 hypotézy ($p = 0,040$) (obr. 4), čím sme potvrdili signifikantný rozdiel v EV u oboch pohlaví skúmaných lokalít počas rokov 2015 – 2017. Pokles a nárast EV počas rokov 2016 – 2017 u oboch pohlaví všetkých lokalít bol rovnaký ako pri morfometrických znakoch. Na klesajúcu veľkosť tela (EV) v antropicky intenzívne narušených oblastiach vplyvom urbanizácie smerom k mestu poukázali Šustek, 1987; Niemelä et al. 2002; Weller, Ganzhorn 2006; Magura et al., 2006.

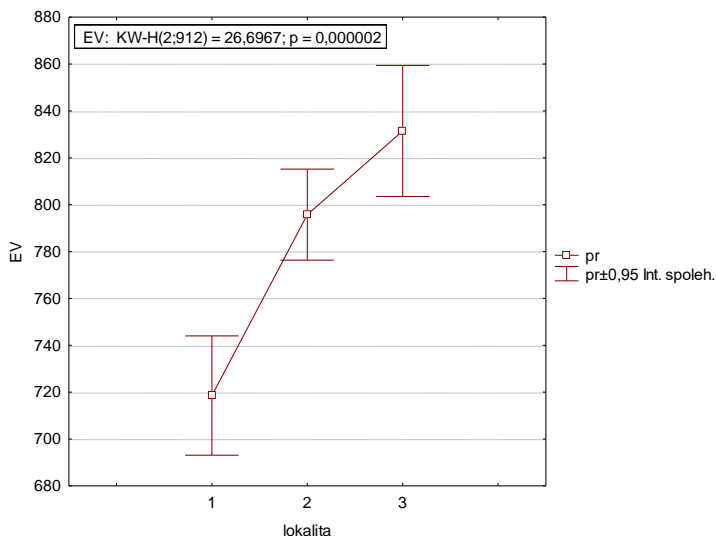
Obr. 4: Analýza rozptylu (Friedmanov test (ANOVA)) priemerných hodnôt EV jednotlivých lokalít počas rokov 2015 – 2017



Celkový rozdiel medzi lokalitami sme analyzovali Kruskal-Walisovým testom (ANOVA). Testom sme overovali hypotézu H_0 : priemerná hodnota EV u druhu *Carabus hortensis* sa nelíši na lesných lokalitách 1, 2 a 3. Platí, keď $p > p\alpha \Rightarrow$ nezamietame H_0 na nami zvolenej hladine štatistickej významnosti $p\alpha = 0,05$. Výsledkom testovania je zamietnutie H_0 hypotézy ($p = 0,00$), čo znamená, že priemerné hodnoty EV u druhu *Carabus hortensis* sú na lesných lokalitách štatisticky preukazne odlišné (obr. 5). Nižšie hodnoty

EV na lokalitách 1, 2 oproti lokalite 3 môžu byť ovplyvnené bývalou sklárskou výrobou v blízkosti týchto lokalít. Zmenšovanie telesnej veľkosti vplyvom priemyselnej výroby zaznamenali aj Lövei, Magura (2006), Braun et al. (2004).

Obr. 5: Analýza rozptylu (Kruskal-Waliov test (ANOVA)) priemerných hodnôt EV jednotlivých lokalít počas rokov 2015 – 2017



Záver

Na území Veporských vrchov a Juhoslovenskej kotliny sme počas rokov 2015 – 2017 zaznamenali 912 (426 ♂, 486 ♀) jedincov druhu *Carabus hortensis*. Výskum sme realizovali na 3 lokalitách predstavujúcich 3 typy biotopov.

Na lokalite 2 sme deskriptívnou štatistikou u oboch pohlaví potvrdili asymetriu a skracovanie znaku hrúbka. Na lokalitách 1 a 3 došlo pri všetkých morfometrických znakoch oboch pohlaví k ich predlžovaniu. Friedmanovým testom sme potvrdili signifikantný rozdiel v dĺžke medzi všetkými morfometrickými znakmi: dĺžka ($p = 0,048$), hrúbka ($p = 0,015$), šírka ($p = 0,072$) na skúmaných lokalitách pri oboch pohlaviach. Z výsledkov sme potvrdili skracovanie znakov v smere mestskom – prímestskom – vidieckom gradiente.

Sumárna hodnota Ellipsoid biovolume (EV) skúmaných lokalitách predstavuje 707 667,30 mm³ (0,7 litra). Lokalita 3 mala najnižšiu hodnotu 176 263,75 mm³ (0,1 litra), najvyššia bola na lokalite 2 – 292 838,16 mm³ (0,3 litra). Friedmanov test potvrdil signifikantný rozdiel medzi EV ($p = 0,040$) oboch pohlaví a skúmaných lokalít počas rokov 2015 – 2017. Z výsledkov sme poukázali na klesajúcu veľkosť tela (EV) v antropicky intenzívne narušených oblastiach vplyvom urbanizácie smerom k mestu. Kruskal-Waliov test potvrdil štatisticky významný rozdiel v hodnotách EV na lesných lokalitách ($p = 0,00$). Nižšie hodnoty EV na lokalitách 1, 2 oproti lokalite 3 môžu byť ovplyvnené bývalou sklárskou výrobou v blízkosti lokalít 1 a 2.

Pod'akovanie

Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci operačného programu Výskum a inovácie pre projekt: Zmierňovanie rizík vývoja vidieckej krajiny a zvyšovanie jej odolnosti voči zmene klímy posilňovaním ekosystémových funkcií a služieb.

Literatúra

ANGILLETTA, J., DUNHAM, A. E., 2003: The temperature-size rule in ectotherms: simple evolutionary explanations may not be general. *American Naturalist*, (162), p. 332 – 342.

BARNDT, S., BRASE, S., GLAUCHE, M., GRUTTKE, H., KEGEL, B., PLATEN, R., 1991: Die Laufkaferfauna von Berlin (West) – mit Kennzeichnung und Auswertung der verschollenen Arten (RoteListe, 3. Fassung). Rote Listen der Gefährdeten Pflanzen und Tier in Berlin, Landschaftsentwicklung und Umweltforschung. (6), p. 243 – 275.

BEZDĚK, A., 2001: Význam střevlíků (Carabidae) jako indikátorů ekologických změn. In: *Aktuality Šumavského výskumu*. s. 176 – 177.

BRAUN, S. D., JONES, T. H. PERNER, J. 2004: Shifting average body size during regeneration after pollution – a case study using ground beetle assemblages. *Ecological Entomology*, (29), p. 543 – 554.

BRYGADYRENKO, V. V., RESHETNIAK Y. D., 2014: Morphological variability among populations of *Harpalus rufipes* (Coleoptera, Carabidae): What is more important – the mean values or statistical peculiarities of distribution in the population?. *Folia Oecologica* (41), p. 109 – 133.

DIAL, K. P., GREENE, E., IRSCHICK D. J., 2008: Allometry of behavior. *Trends in Ecology and Evolution*, (23), p.394 – 401.

GORDIENKO, T. A., SUKHODOLSKAYA, R. A., 2011: Soil biota as the indicator of suburban forests state In: Gazizullin A. Kh., Martinyuk A. A. (eds.): *Forestry of Russia: state, problems, perspectives of innovations. Papers celebrating the 85th Anniversary of the East-European forest experimental station*. Kazan: p 44 – 50.

HEYDEMAN, B., 1995: Carabiden de Kulturfelder ökologische Indikatoren. Ber. 7. Wandervers. Dtsch. In: *Entomol. Berlin (1954)*, s. 172 – 182. In: ANDERSON, O., (eds.), 2005. *Die Carabiden-Fauna auf unterschiedlich intensiv bewirtschafteten Obstanbauflächen im Alten Land bei Hamburg*. Dissertationsschrift, Angefertigt am Fachbereich Umweltwissenschaften der Universität Lüneburg. s. 112.

HŮRKA, K., 1996: *Carabidae of the Czech and Slovak Republics*. Kabourek, Zlín, 566 s.

LOVEI, L. G., MAGURA, T., 2006: Body size changes in ground beetle assemblages – are analysis of Brauner et al. (2004)'s data. *Ecological Entomology*. (31), p. 411 – 414.

MAGURA, T., TÓTHEMÉRÉSZ, B. LÖVEI, L. G., 2006: Body size inequality of carabids along an urbanisation gradient. *Basic and Applied Ecology*. (7), p. 472 –482.

NAIDENKO, V. V., GRECHKANEV, O. M., 2002: Biota elements state as the indicator of natural systems disturbance in oil production Ecology, (1), p. 67 – 69.

NIEMELÄ, J., KOTZE, D. J., 2009: Carabid beetle assemblages along urban to rural gradients: a review. Landscape and Urban Planning, 2009, (92), p. 65 – 71.

NIEMELÄ, J., KOTZ, J. D., VENN, S., PENEV, L., STOYANOV, I., SPENCE, J., HARTLEY, D., OCA, M., E., 2002: Carabid beetle assemblages (Coleoptera, Carabidae) across urban-rural gradients: an international comparison. Landscape Ecology. (17), p. 387 – 401.

PORHAJÁŠOVÁ, J., PETŘVALSKÝ, V., MACÁK, M., URMINSKÁ, J., ONDRIŠÍK, P., 2008: Occurrence of species family Carabidae (Coleoptera) independence on the input of organic matter into soil. In: Journal Central European Agriculture. (9). p. 557 – 565.

RUEFFLER, C., VAN DOOREN, T. J. M., LEIMAR, O., ABRAMS, P. A., 2006: Disruptive selection and then what? Trends Ecol. Evol., 21 (5), p. 238 – 245.

RUŽIČKOVÁ, H., HALADA, L., JEDLIČKA, L., KALIVODOVÁ, E., 1996: Biotopy Slovenska. Príručka k mapovaniu a katalóg biotopov. 2. prepracované vydanie Ústav krajinej ekológie Slovenská akadémia vied, Bratislava, 192 s.

SUKHODOLSKAYA, R. A., 2011: Morphometric variation and sexual dimorphism in populations of Ground Beetle *Carabus cancellatus* (Coleoptera, Carabidae). In: Sabirov A. T. (ed): Current Aspects of Biodiversity Conservation and Natural Resource Use. Papers of Whole Russia Scientific Conference. Vol. 1. Kazan, Russia: s. 105 – 121.

SUKHODOLSKAYA, R. A., SAVELIEV, A. A. 2012: Environmental factors influence on morphometric variation and sexual dimorphism in *Carabus cancellatus* Ill. Journal of Applied Entomology, (3): p. 28 – 38.

SUKHODOLSKAYA, R., 2013: Intraspecific Body Size Variation In Ground Beetles (Coleoptera, Carabidae) In Urban – Suburban – Rural – Natural Gradient. Acta Biol. Univ. Daugavp. (13), p. 121–128.

SUKHODOLSKAYA, R. A., SAVELIEV, A. A., 2014: Effects of Ecological Factors on Size Related Traits in the Ground Beetle *Carabus granulatus* L. (Coleoptera, Carabidae). Russian Journal of Ecology. (45), p.369 – 375.

SUKHODOLSKAYA, R. A., SAVELIEV, A. A., 2016: Body Size Variation of Ground Beetles (Coleoptera: Carabidae) in Latitudinal Gradient. Periodicum Biologorum. (118), p. 273 – 280.

SZYSZKO, J., 1983: State of Carabidae (Col.) fauna in fresh pine forest and tentative valorisation of this environment. Agricultural University Press, Warsaw, Poland.

STATSOFT, INC., 2004: Statistica Cz [Softwarový systém na anlyžu dat], verze 7. Wwww.StatSoft.Cz.

ŠUSTEK, Z., 1987: Changes in body size structure of carabid community (Coleoptera, Carabidae) along an urbanisation gradient. Biológia (Bratislava), (42), p. 145 – 156.

TIMOFEEVA, G. A., SAVOSIN, N. I., 2009: Some aspects of fauna and population structure in Ground Beetles of Kemerovo and its suburbs. In: Mordovia University Articles, Saransk, Russia, p.69 – 70.

TURIN, H., 2000: De Nederlandse loopkevers: verspreiding enoecologie (Coleoptera: Carabidae). Nederlandse fauna. Vol. 3. KNNV Uitgeverij, Utrecht.

WHEELER, B., 1996: The role of nourishment in oogenesis. Annual Review of Entomology (41), p. 407 – 431.

WELLER, B., GANZHORN, U. J., 2006: Carabid beetle community composition, body size, and fluctuating asymmetry along an urban-rural gradient. Basic and Applied Ecology. (5), p. 193 – 201.