

**MORFOMETRICKÁ VARIABILITA POPULÁCIÍ *CARABUS VIOLACEUS*  
LINNAEUS, 1758 (COLEOPTERA, CARABIDAE) LÚČNYCH BIOTOPOV  
V SMERE GRADIENTU MESTO – VIDIEK**

**MORPHOMETRIC VARIABILITY OF *CARABUS VIOLACEUS* LINNAEUS, 1758  
(COLEOPTERA, CARABIDAE) POPULATIONS OF MEADOW BIOTOPES IN  
THE URBAN-RURAL GRADIENT**

Vladimír LANGRAF<sup>1</sup>, Kornélia PETROVIČOVÁ<sup>2</sup>, Janka SCHLARMANNOVÁ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Katedra zoológie a antropológie, Fakulta prírodných vied, Univerzita Konštantína Filozofa v Nitre, Trieda A. Hlinku 1, 949 74 Nitra, e-mail: langرافvladimir@gmail.com, jschlarmannova@ukf.sk

<sup>2</sup>Katedra environmentalistiky a biológie, Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov, SPU v Nitre, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, e-mail: kornelia.petrovicova@uniag.sk

**Abstract:** *The morphometric variability of characters (length, height, width of the body) and Ellipsoid biovolume (EV) in 179 individuals (97 ♂, 82 ♀) of the species Carabus violaceus, during the years 2015 - 2017 in open habitats (meadow, fallow field) were evaluated. Friedman's test showed a shortening of the morphometric features length ( $p = 0.030$ ), height ( $p = 0.016$ ), width ( $p = 0.011$ ) and EV ( $p = 0.037$ ) in the direction of the rural-city gradient. The reduction in body size is influenced by the industrial area in the city. Spatial modeling (CCA) confirmed the delay of EV for the rural area during 2016, probably due to a change in food supply.*

**Key words:** *Carabidae, morphometrics, population variability, Slovakia*

## Úvod

Skupiny pôvodných bezstavovcov sú ovplyvnené zmenami v podmienkach biotopu, napr. pavúky alebo chrobáky veľmi rýchlo reagujú na zmenené podmienky úpravou v štruktúre svojich zoskupení Krumpálová, (2002); Krumpálová et al., (2009). Priestorová distribúcia bystruškovitých je dôležitá z hľadiska posúdenia potencionálnych vplyvov zmien životného prostredia (Wang et al., 2009). Dynamiku a štruktúru populácií druhov ovplyvňujú aj morfometrické zmeny spôsobené environmentálnymi faktormi. Špecifické reakcie spoločenských druhov, prítomnosť asymetrie v populácii súvisia s charakteristikami urbanizovanej krajiny a zmenami prostredia Komlyk, Brygadyrenko (2020); Grumo, Löve, (2016)). Morfometrická variabilita v populácii poukazuje na vývoj druhu, miera adaptácie môže byť rozdielna (Kawano, 2016). Čelad' Carabidae sa z radu Coleoptera najčastejšie využíva na poukázanie zmien v prostredí. Výhodou sú dobré znalosti ekologických nárokov druhov obývajúcich rôzne typy biotopov. Citlivo reagujú na rôzne toxické látky (herbicídy, insekticídy), zmenu pH pôdy a pôdnej vlhkosti (Porhajášová et al., 2018).

Ako prvý použili na stanovenie veľkosti (objemu) tela bystruškovitých v roku 2004 pojem Ellipsoid biovolume (EV) Braun et al. (2004), vypočítaný pomocou morfometrických znakov jedinca (dĺžka, výška, šírka tela). Výsledky výskumu poukázali na zvyšovanie priemernej veľkosti druhov s poklesom znečistenia krajiny spôsobeným ukončením prevádzky priemyselného areálu. Bystruškovité sú pre výpočet EV vhodné z dôvodu ich morfometrických parametrov a relatívne veľkej veľkosti tela v tvare elipsoidu (Turin, 2000). Zmenami priemernej veľkosti tela vplyvom environmentálnych faktorov a geografickej polohy u bystruškovitých sa zaoberali Sukhodolskaya (2013); Sukhodolskaya, Saveliev (2014); Sukhodolskaya, Ananina (2015, 2017); Sukhodolskaya, Saveliev (2016). Z výsledkov vyplýva predĺžovanie dĺžky tela vo vidieckom prostredí. Urbárne prostredie pôsobí na skracovanie dĺžky tela, suburbárne prostredie nevyplývalo na zmeny dĺžky tela. Štúdie poukázali na morfometrické variácie v mestskom - prímestskom - vidieckom gradiente. Klesajúcu veľkosť tela bystruškovitých v antropicky intenzívne narušených oblastiach zistili Niemelä et al., (2002); Weller, Ganzhorn (2006). Poukázali, že urbanizácia vo väčšine prípadov spôsobuje pokles druhovej bohatosti (aj diverzity) bystruškovitých a zvýšenie počtu menších druhov smerom do centra mesta. Prítomnosť druhov s väčšou veľkosťou tela na vidieku oproti mestským a prímestským oblastiam potvrdili Magura, et al., (2006, 2018), keď sledovali rozdiely vo veľkosti tela bystruškovitých. Zmenšenie veľkosti tela druhov čeľadi Carabidae v blízkosti priemyselného areálu potvrdil Lövei, Magura (2006) V menej znečistenom prostredí zmena veľkosti tela zaznamenaná nebola. Variácia veľkosti tela objasňuje morfometrické adaptácie na životné prostredie (Gelashvili et al., 2011).

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

## **Materiál a metodika**

Výskum sme uskutočnili od apríla do októbra počas rokov 2015 – 2017 na 2 lokalitách predstavujúcich podľa Ružičkovej et al. (1996) 2 typy biotopov (lúka, poľný úhor). Na odchyt sme použili zemné pasce (750 ml, s priemerom 7,5 cm) (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 podľa Húrka (1996).

Lokalita 1 (biotop, lúka, s nadmorskou výškou 556 m n. m.) sa nachádza v geomorfologickom celku Stolické vrchy, katastrálneho územia Utekáč. Prevahu na biotope tvorili *Arrhenatherum elatius*, *Alopecurus pratensis*, *Trisetum flavescens*, *Festuca rubra*. Z klimatického hľadiska patrí do mierne teplej oblasti. Priemerná ročná teplota kolíše od 7,5 až 9 °C (priemerné teploty júla sú 16 až 18 °C a januára -2 až -4 °C), priemerné ročné zrážky sú 550 až 750 mm (Lapin et al., 2002). Lokalita 2 (biotop, poľný úhor, s nadmorskou výškou 208 m n. m.) sa nachádza v geomorfologickom celku Juhoslovenská kotlina, katastrálneho územia Poltár. Prevahu na biotope tvorili *Arrhenatherion elatioris*, *Festuca pratensis*. Z klimatického hľadiska patrí do teplej oblasti.

Priemerná ročná teplota kolíše od 9 až 10 °C (priemerné teploty júla sú 18 až 20,5 °C a januára -1 až -3 °C), priemerné ročné zrážky sú 500 – 600 mm (Lapin et al., 2002).

#### *Ellipsoid biovolume (EV)*

Morfometrické znaky sa merali u každého jedinca pomocou digitálneho mikroskopu s presnosťou na 0,1 mm. Odmerané 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.

#### *Dátové spracovanie*

Dátové spracovanie výskumu bola zabezpečená databázou v programe Microsoft SQL Server 2017 (Express Edition), pozostávajúcou z frekvenčných tabuliek pre zbery, merané premenné prostredie. Databáza bola tvorená aj kódovými tabuľkami pre lokality a ich premenné (názov lokality, katastrálne územie, nadmorská výška, biotop, súradnice), druhy a ich bioindikačné charakteristiky. Matice pre štatistické výpočty boli naprogramované v programe Microsoft SQL Server Management Studio (SSMS).

#### *Štatistická analýza dát*

Priestorové modelovanie sme urobili multivariačnou analýzou v programe Canoco 5 (Ter Braak, Šmilauer, 2012), ktorou sme hľadali závislosti medzi druhom *Carabus violaceus* a EV pre oblasti vidiek, mesto. Na základe lengths of gradient (pomocou Detrended Correspondence Analysis – DCA) sme použili na vyhodnotenie materiálu unimodálnu metódu Canonical Correspondence Analysis – CCA analýzu.

Štatistická analýza Ellipsoid biovolume (EV) a morfometrických znakov bola vyhodnotená pomocou štatistického programu Statistica Cz. Ver. 7.0 (StatSoft, Inc., 2004). Analýza bola zameraná na:

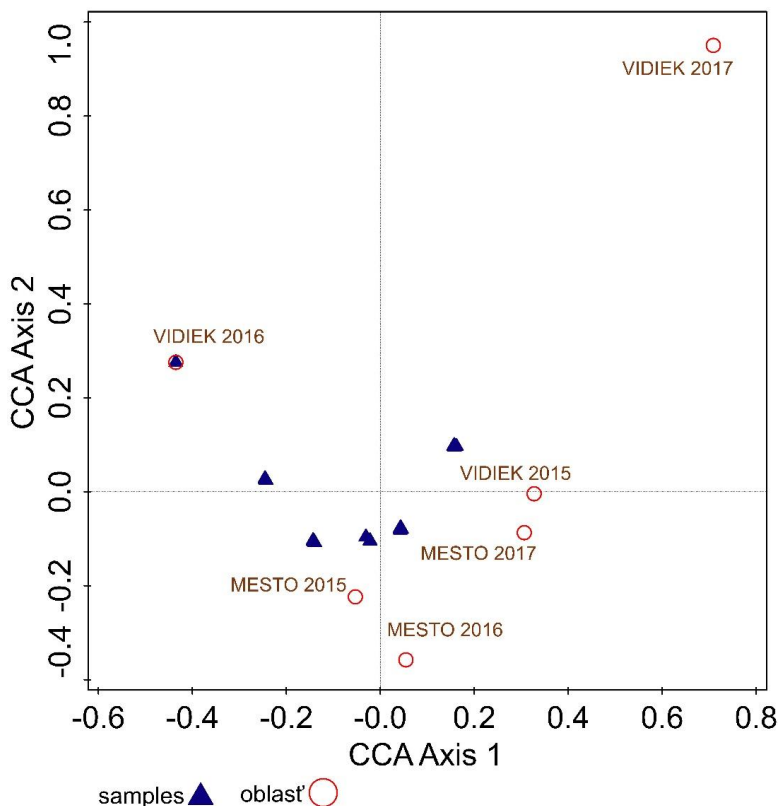
- testovanie normality rozloženia dát (Shapiro-Willksov W test);
- testovanie rozptylu od priemerných hodnôt Friedmanov test (ANOVA).

#### **Výsledky a diskusia**

V priebehu troch rokov výskumu (2015 – 2017) sme na výskumných lokalitách zaznamenali 179 jedincov (97 ♂, 82 ♀) patriacich k druhu *Carabus violaceus*. Celková hodnota EV je 173 632, 86 mm<sup>3</sup>, EV s priemernou hodnotou na jedinca je  $\bar{x} = 970,02$  mm<sup>3</sup>. Samice tvorili celký objem 92 686,64 mm<sup>3</sup> s priemernou hodnotou na jedinca  $x =$

1 130,32 mm<sup>3</sup>. Samce boli zastúpené objemom 80 946,22 mm<sup>3</sup> s priemernou hodnotou na jedinca  $\bar{x} = 834,5$  mm<sup>3</sup>. Priestorové modelovanie disperzie druhu *Carabus violaceus* počas rokov 2015 – 2017 na základe elipsoidného bioobjemu (EV) sme zisťovali prostredníctvom Canonical Correspondence Analysis (CCA, SD = 4,58 bola na 1. ordinačnej osi). Hodnoty vysvetlenej kumulatívnej variability druhových dát sú na 1. ordinačnej osi 51,7 % a na druhej ordinačnej osi 73,3 %. Kumulatívna variabilita druhového súboru vysvetlená premennými prostredia zachytáva 1. ordinačnou osou 89,4 %, druhou osou zachytáva 97,7 %. Ordinačný graf má materiál *Carabus violaceus* (obr. 1.), rozmiestnený zhlukovito. Z výsledkov vidíme vzdialenie (disperziu) EV pre vidiecku oblasť počas roku 2016, 2017 čo môže byť ovplyvnené zmenou potravnjej ponuky. Na variáciu veľkosti tela, ako prejav morfometrickej adaptácie na životné prostredie poukázali Gelashvili et al., 2011; Komlyk, Brygadyrenko (2020); Grumo, Löve, (2016). Ostatné zhluky EV boli oddialené len málo, na základe čoho vieme usúdiť malé zmeny EV počas rokov v skúmanej oblasti vidiek, mesto. Miera adaptácie morfometrickej variability môže byť rozdielna čo potvrdil aj (Kawano, 2016). Významnosť priestorového modelovania distribúcie z hľadiska posúdenia vplyvov zmien zaznamenal aj (Wang et al., 2009).

Obr. 1: CCA analýza disperzie druhu *Carabus violaceus*



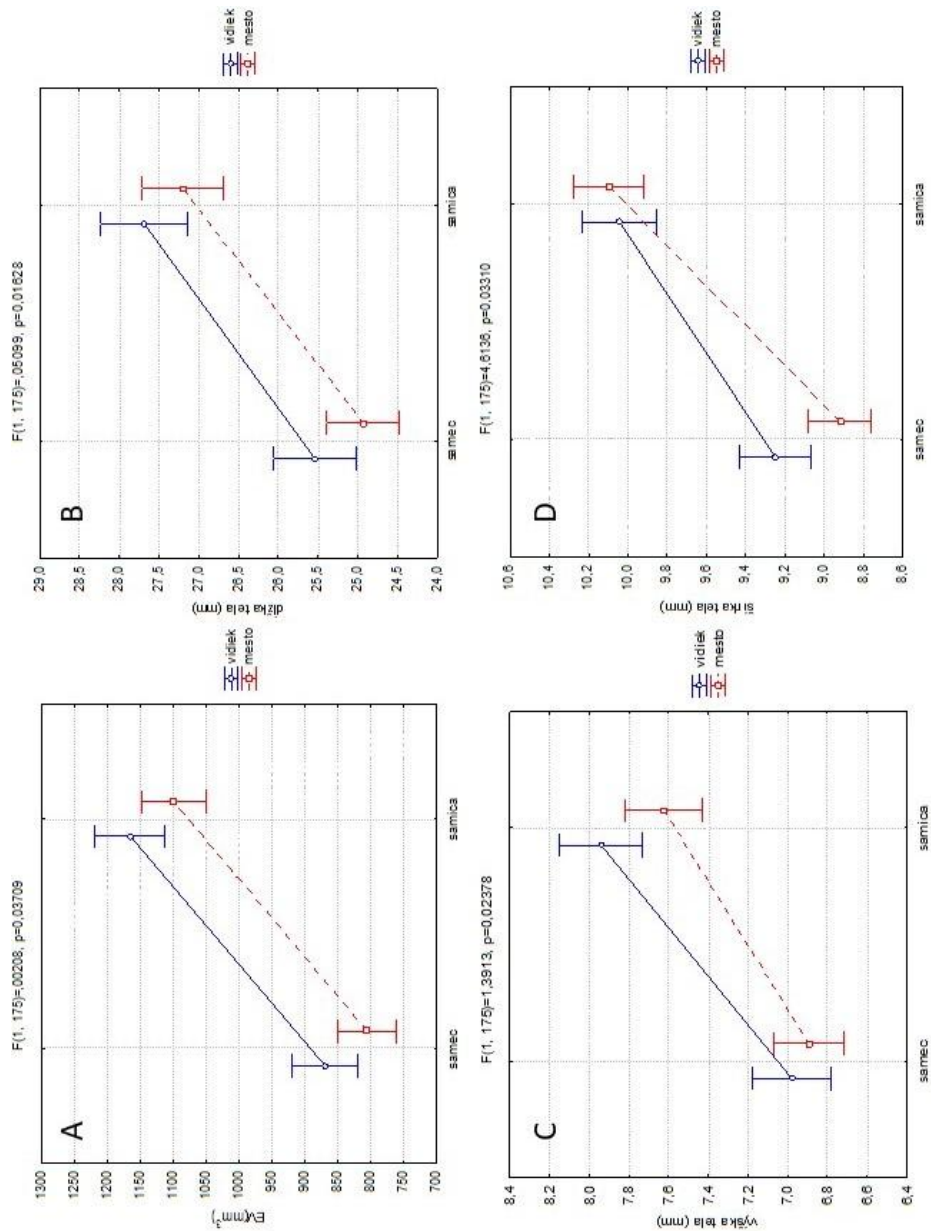
Pre ďalšie spracovanie údajov sme pomocou Shapiro-Wilksovho W testu testovali normalitu rozloženia dát morfometrických znakov (dĺžka, hrúbka, šírka) a Ellipsoid biovolume jednotlivých oblastí (mesto, vidiek) počas rokov 2015 – 2017. Výsledkom bolo porušenie normálneho rozloženia dát ( $p$ -value = 0,00). V dôsledku porušenia normality rozloženia dát sme použili na testovanie  $H_0$  hypotézy neparametrický Friedmanov test (viacfaktorová ANOVA). Testom sme overovali hypotézu  $H_0$ : priemerná hodnota EV druhu *Carabus violaceus* sa nelíši medzi mestom a vidiekom u pohlaví. Platí, keď  $p > \alpha \Rightarrow$  nezamietame  $H_0$  na nami zvolenej hladine štatistickej významnosti  $\alpha = 0,05$ . Výsledkom je zamietnutie  $H_0$  hypotézy ( $p = 0,037$ ), čím sme potvrdili štatisticky významný rozdiel priemerných hodnôt EV u druhu *Carabus violaceus* medzi mestom a vidiekom u pohlaví (obr. 2A.). Nižšia priemerná hodnota EV pre mesto u obidvoch pohlaví oproti vidieku môže byť ovplyvnená priemyselným parkom v tejto oblasti. Zmenšovanie telesnej veľkosti vplyvom priemyselnej výroby zaznamenali aj Lövei, Magura (2006, 2018), Braun et al. (2004). Na klesajúcu veľkosť tela (EV) v antropicky intenzívne narušených oblastiach vplyvom urbanizácie v smere gradientu vidiek - mesto poukázal Niemelä et al., 2002; Weller, Ganzhorn, 2006; Magura et al., 2006.

Friedmanovým testom (viacfaktorová ANOVA) sme overovali hypotézu  $H_0$ : priemerná hodnota morfometrických znakov (dĺžka, výška, šírka) sa nelíši medzi mestom a vidiekom u pohlaví. Platí, keď  $p > \alpha \Rightarrow$  nezamietame  $H_0$  na nami zvolenej hladine štatistickej významnosti  $\alpha = 0,05$ . Výsledkom testovania je zamietnutie  $H_0$  hypotézy u všetkých morfometrických znakov: dĺžka ( $p = 0,016$ ) (obr. 2B.), výška ( $p = 0,023$ ) (obr. 2C.), šírka ( $p = 0,033$ ) (obr. 2D5.), čím sme potvrdil štatisticky významný rozdiel. Z výsledkov vyplýva skracovanie morfometrických znakov v smere mestsko – vidieckeho gradientu u obidvoch pohlaví, ktoré zaznamenali aj Sukhodolskaya (2013); Sukhodolskaya, Saveliev (2014); Sukhodolskaya, Ananina (2015, 2017); Sukhodolskaya, Saveliev (2016).

## Záver

Na území Stolických vrchov a Juhoslovenskej kotliny sme počas rokov 2015 – 2017 zaznamenali 179 jedincov (97 ♂, 82 ♀) patriacich k druhu *Carabus violaceus*. Výskum sme realizovali na 2 lokalitách predstavujúcich 2 typy biotopov (lúka, poľný úhor). Friedmanovým testom (ANOVA) sme potvrdili ( $p = 0,037$ ), klesanie priemernej hodnoty EV na jedinca v smere gradientu vidiek – mesto. Mesto má nižšiu priemernú hodnotu EV oproti vidieku, čo je pravdepodobne ovplyvnená priemyselným parkom v tejto oblasti. Taktiež sme zistili vyššiu priemernú hodnotu EV u samíc oproti samcom, čo je spôsobené prítomnosťou vajčiek u samíc. Priestorovým modelovaním (CCA) disperzie druhu *Carabus violaceus* sme potvrdili oddialenie EV pre vidiecku oblasť počas roku 2016, spôsobenú pravdepodobne zmenou potravnnej ponuky. Signifikantný rozdiel morfometrických znakov dĺžka ( $p = 0,016$ ), výška ( $p = 0,023$ ), šírka ( $p = 0,033$ ), bol taktiež potvrdený Friedmanovým testom (ANOVA). Pri znakovoch dochádza k skracovaniu v smere mestsko – vidieckeho gradientu u obidvoch pohlaví.

Obr. 2: Analýza rozptylu (Friedmanov test (ANOVA)) priemerných hodnôt EV, dĺžky tela, výšky



## PodĎakovanie

*Tento príspevok vznikol vĎaka podpore projektu VEGA:1/0604/20 Environmentálne hodnotenie špecifických biotopov Podunajskej nížiny.*

## Literatúra

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.

GELASHVILI, D. B., SOLTZEV, L. A., YAKIMOV, V. N., SUKHODOLSKAYA, R. A., KHABIBULLINA, N. R., IUDIN, D. I., SNEGIRYOVA, M. S., 2011: Fractal analysis of the specific structure of Carabidae complexes in urbanized territories. *Povolzhskiy Journal of Ecology*, 4, p. 407 – 420.

GRUMO, D. D., LÖVE, L. G., 2016: Body size inequality in ground beetle (Coleoptera: Carabidae) assemblages as a potential method to monitor environmental impacts of transgenic crops. *Periodicum Biologorum*, 118, p. 223 – 230.

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

IVANIČ PORHAJÁŠOVÁ, J., BABOŠOVÁ, M., NOSKOVIČ, J., ONDRIŠÍK, P., 2018: Long-Term Developments and Biodiversity in Carabid and Staphylinid (Coleoptera: Carabidae and Staphylinidae) Fauna during the Application of Organic Fertilizers under Agroecosystem Conditions. *Polish Journal of Environmental Studies*, 27, p. 2 229 – 2 235.

KAWANO, K., 2016: Comparative quantification of intralocal, interlocal, and interspecific variability in stag beetles (Coleoptera: Lucanidae) and the questions of phenotypic plasticity and species selection. *Annals of the Entomological Society of America*, 109, p. 555 – 566.

KOMLYK, V., BRYGADYRENKO, V. V., 2020: Morphological variability of Bembidion varium (Coleoptera, Carabidae) in gradient of soil salinity. *Folia Oecologica*, 47, p. 23 – 33.

KRUMPÁLOVÁ, Z. 2002: Epigeic spiders (Araneae) of one Middle Danube floodplain forest. *Biologia*, 5), 161 – 169.

KRUMPÁLOVÁ, Z.; KRUMPÁL, M.; ŠTRBÍK, I. 2009: Classification of epigeic spiders (Araneae) at the western part of the Carpathians (Slovakia). *Biologia*, 64, 116 – 123.

LAPIN, M, FAŠKO, P, MELO, M, ŠŤASTNÝ, P, TOMLAIN, J. 2002. Klimatické oblasti. In Hrnčiarová, T. (ed.): Atlas krajiny Slovenskej republiky. VEDA, Bratislava. s. 95.

LÖVEI, L. G., MAGURA, T., 2006: Body size changes in ground beetle assemblages – are analysis of Braunet 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.

MAGURA, T., LÖVEI, G. L., TÓTHMÉRÉSZ, B., 2018: Conversion from environmental filtering to randomness as assembly rule of ground beetle assemblages along an urbanization gradient. *Sci. Rep.*, 8, p. 16 992.

MICROSOFT SQL SERVER, 2017: (RTM) - 14.0.1000.169 (X64) Aug 22 2017 17:04:49 Copyright (C) 2017 Microsoft Corporation Express Edition (64-bit) on Windows 10 Home 10.0 <X64> (Build 18362:).

NOVÁK, K., BALÁT, F., BARTOŠ, E., BOUČEK, Z., DANIEL, M., DLABOLA, J., DOSKOČIL, J., HOLMAN, J., JAGEMANN, E., KUNST, M., LANDA, V., LANG, J., MAŘAN, J., MILLER, F., NOSEK, J., OBENBERGER, J., OBR, S., PELIKÁN, J., RAUŠER, J., ROSICKÝ, B., RUSEK, J., SCHWARZ, J., SKUHRAVÝ, V., SLOUKOVÁ, M., ŠILHAVÝ, V., ŠTYS, P., TEYROVSKÝ, V., VONDRÁČEK, K., NIEMELÄ, J., KOTZE, D. J., 2009: Carabid beetle assemblages along urban to rural gradients: a review. *Landscape and Urban Planning*, 92, p. 65 – 71.

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.

STATSOFT, INC. 2004. *Statistica Cz* [Softwarový systém na analýzu dát], verze 7. [Www.StatSoft.Cz](http://www.StatSoft.Cz).

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., ANANINA, T. L., 2015: Altitudinal Variation in Population Density, Body Size And Morphometric Structure in *Carabus Odoratus* Shil, 1996 (Coleoptera: Carabidae). *Acta Biol. Univ. Daugavp*, 1, p. 1 407 – 8 953.

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

SUKHODOLSKAYA, R. A., ANANINA, T. L., 2017: Elevation Changes of Morphometric Traits Structure in *Pterostichus montanus* Motch. (Coleoptera, Carabidae). *Asian Journal of Biology*, 2, p. 1 – 9.

TER BRAAK C. J. F., ŠMILAUER, 2012: *Canoco reference manual and user's guide: software for ordination, version 5.0*. Ithaca USA: Microcomputer Power.



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

WANG, C., LIU, Y., AXMACHER, J. C., 2009: Habitat-GIS-based models for ground beetles (Coleoptera: Carabidae) distribution in agricultural landscape. 17th International Conference on Geoinformatics, p. 1 – 4.

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