

Egyetemi doktori (PhD) értekezés tézisei

**Millipedes (Myriapoda: Diplopoda) in human-modified
landscapes**

**Ikerszelvényesek (Myriapoda: Diplopoda) antropogén
élőhelyeken**

Bogyó Dávid

Témavezető
Tóthmérész Béla
egyetemi tanár



**DEBRECENI EGYETEM
Természettudományi Doktori Tanács
Juhász-Nagy Pál Doktori Iskola
Debrecen, 2014**

Introduction

Millipedes (Myriapoda: Diplopoda) are one of the most diverse groups of terrestrial arthropod decomposers in temperate and tropical areas. The number of known millipede species is over 12000. More than 1500 millipede species recorded from Europe and the estimated diversity ranks up to 50000-80000 species worldwide (Sierwald & Bond 2007; Enghoff 2013; Minelli & Golovatch 2013).

Millipedes are abundant organisms in habitats covered with trees and shrub by consuming leaf litter, providing important ecosystem services and affecting soil ecosystems (Hopkin & Read 1992; Lavelle et al. 2006). Urban areas are radically growing worldwide causing changes in biodiversity and natural habitats. Urbanization has a strong negative effect on species richness, mainly in urban core areas. However, the effects of moderate levels of urbanization in suburban areas have a significant variation among different taxonomic groups (McKinney 2008).

Human activities strongly affect the distribution of several millipede species, in some cases reshaping their natural dispersion to a considerable extent. Cosmopolitan and Holarctic species of millipedes and other soil animals are known to inhabit European urban habitats (Smith et al. 2006; Riedel et al. 2009; Vilisics et al. 2012). Human activities, such as gardening, transportation of soil, and cultivation of ornamental plants are likely the most important factors for species exchanges of less mobile organisms such as millipedes. Other studies (Bogyó & Korsós 2009; Riedel et al. 2009; Kocourek 2014; Bogyó et al. 2015) have shown that the

native species pool has an effect on urban soil fauna: native species typical in natural and semi-natural habitats do occur within and around cities. Particular urban habitats, such as botanical and private gardens and parks also harbour established populations of alien soil arthropods (Korsós et al. 2002; Mock 2006; Bogyó & Korsós 2010).

During the last decades several studies were reported about the effect of urbanization on animal taxa. Papers focused mainly on carabid beetles (Niemelä & Kotze 2009; Magura et al. 2010) and spiders (Alaruikka et al. 2002; Horváth et al. 2012). Chilopods were studied by Lesniewska et al. (2008) and Papat Stefanou et al (2014). For decomposers the number of published papers is rather limited. Isopods were studied by Hornung et al. (2007), Vilisics et al. (2007), and Magura et al. (2008). Usually faunistic records were reported about the millipedes of medium sized and large cities. The aim of my dissertation was to investigate the overall effect of urbanization on the millipede species, fauna and assemblages, summarizing the results of three studies (Bogyó & Korsós 2010; Vilisics et al. 2012; Bogyó et al. 2015).

Summary of the studies

(i) We investigated the urban millipede fauna and assemblage composition in three cities (Lugano, Lucerne, Zürich) of Switzerland in the framework of the BiodiverCity project (Vilisics et al. 2012). A wide range of urban habitat types (private gardens, semi-public spaces of apartment buildings, public parks and courtyards of industrial buildings) were included into the study which represents a high degree of urbanization. Millipedes were sampled by pitfall traps,

consisting of 3 plastic cups per trap site recessed into the soil and arranged in an isosceles triangle with a distance of one meter. Traps were emptied weekly during 7 weeks from June to August 2006.

Species level identifications resulted in a number of 8 millipede species, while two milliped species were identified to genus level. The total number of captured millipede individuals was 105. We found seven millipede species in Zürich, four in Lugano, and three in Lucerne. Only the species *Ophiulus pilosus* occurred in all three cities. *Ophiulus pilosus* was the most frequent species with 20 individuals in both Zürich (63%) and Lugano (43%), while *Polydesmus angustus* was frequent in Lucerne (23 ind., 85%). Incidences of millipede species per city were generally low, i.e. below 10% of the total number of traps. The only millipede species with an incidence over 25% was *Ophiulus pilosus* in Lugano, while the rest of millipede species occurred with incidences < 10%. The findings of *Oxidus gracilis* and *Cylindroiulus verhoeffi* are interesting from a biogeographical perspective: *Oxidus gracilis* is a species of tropical Eastern-Asian origin, introduced by human activities into European greenhouses and is only known at four locations in Switzerland so far (Stoer et al. 2010; Pedrolí-Christen 1993). On the other hand *Cylindroiulus verhoeffi* is considered as an endemic species (“Lombardo-Venetian endemism”) with a very restricted distribution (Pedrolí-Christen 1993). We found that the millipede assemblages of the cities in Switzerland are characterized by widely distributed species typical in temperate Europe. The high incidence values of common synanthropic (species living in habitats created by humans), as well as locally distributed species within cities, may point at

the special urban feature of high habitat heterogeneity in closer spatial distance than in (semi-) natural ecosystems. In this way, urban areas offer suitable habitats for species with wide ecological requirements. Our results overlap with former findings on animals and biotic homogenization (McKinney 2006).

We found, that the studied urban habitats of Switzerland are suitable for cosmopolitan, holarctic, and non-native millipedes, but they show low abundance and in some types of urban habitats some millipede species completely disappear.

(ii) We described a new anthropogenic millipede species from Hungary (Debrecen city), collected during the Hungarian GlobeNet Project (Bogyó & Korsós 2010). One of the habitats was a forested, but highly urbanized park of Debrecen (Nagyerdei Park) with asphalt covered paths and abundant non-native plants. Here we collected 4 specimens of *Cylindroiulus caeruleocinctus* using pitfall traps in 2004. Specimens were also collected in 2008 by hand in and around a high school building of Debrecen. 25 specimens of *Cylindroiulus caeruleocinctus* were collected in the basement of the Péchy Mihály High School, which is located in the city center. In our study we summarized the ecology, biology and European distribution of *Cylindroiulus caeruleocinctus*. The species is largely synanthropic, while the current European distribution of the species suggests an anthropogenic expansion towards East and Southeast Europe. The species has not yet been reported from Romania, Bulgaria, Greece, Albania, and from the territories of the former Yugoslavia (Bogyó & Korsós 2010; Enghoff 2013).

(iii) We studied the effects of urbanisation on millipede (Diplopoda) assemblages along a forested rural-suburban-urban gradient in Hungary using the GlobeNet protocol (Magura et al. 2004; Bogyó et al. 2015). Millipedes were studied in and around the city of Debrecen, which is the second largest city of Hungary. Three forested sampling areas were selected along the rural-suburban-urban gradient within the boundaries of the city and in the surrounding forest reserve area (Magura et al. 2004). The level of urbanization was expressed by the amount of built-up area. In the rural area there was no built-up area; in the suburban area it was approximately 30%, while in the urban area the built-up area exceeded 60%. The studied forest patches had an area of 6 ha at least each. They are located in an old (more than 100 years), closed oak forest (*Convallario-Quercetum* association). Following the GlobeNet protocol (Niemelä et al. 2000), four sampling sites, at least 50 m from each other, were selected within each sampling area (rural, suburban and urban areas). Millipedes were collected at each site using pitfall traps, randomly placing ten traps. This resulted a total of 120 traps along the gradient. The pitfall traps were unbaited, consisting of 500 ml plastic cups containing ethylene-glycol. Trapped millipedes were collected every two weeks in 2004 from the end of March to the end of November. We tested several hypotheses for millipedes:

- intermediate disturbance hypothesis (IDH) predicts that diversity should be the highest in habitat with moderate levels of disturbance (Connell 1978; Wootton 1998);
- habitat specialist hypothesis supposes that the abundance and the species richness of forest specialist species decline along the rural-suburban-urban gradient (Magura et al. 2004);

- synantrophic species hypothesis predicts that the abundance and the species richness of synantrophic species increase along the rural-suburban-urban gradient (Magura et al. 2004; Magura et al. 2008);
- mean body size hypothesis supposes that average millipede size is decreasing from the rural area toward the urban one (Magura et al. 2006).

We also investigated the changes of the millipede assemblages along the urbanization gradient, identified the characteristic and/or key species across this gradient. We studied the effects of the most relevant environmental factors on the abundance of millipedes, and we hypothesised that some environmental factors (temperature, humidity, pH, heavy metals and the amount of decaying wood) have major influence on the distribution of millipede species (Hopkin & Read 1992; Riedel et al. 2009; Smith et al. 2006).

Fourteen millipede species was identified along the rural-suburban-urban gradient belonging to three millipede orders. The number of collected millipede species (14 species) was 14% of the Hungarian millipede fauna. The highest number of millipede individuals was trapped in the suburban area (4660 individuals). We trapped lower number of individuals in the rural (1842 individuals) and in the urban area (940 individuals). The most abundant species was *Megaphyllum projectum*, presenting in all of the investigated areas, made up about 60% of the total millipede abundance. In the urban area *Ophiulus pilosus* and *Megaphyllum unilineatum* were the most frequent species, while in the suburban area *Megaphyllum projectum* was the most frequent. In the rural

area *Megaphyllum projectum* represented more than 80% of the total number of trapped millipedes.

The overall number of individuals and species number was significantly higher in the suburban area than in the rural and urban areas. The diversity (expressed by the expected number of species) was also significantly higher in the suburban area than in the other areas. These results support the IDH (Connell 1978) and the predictions of Wootton (1998): the IDH has generally been supported for basal species in a food web, in spite of top consumers. A few urbanization studies on invertebrates supported the IDH, as well as in case of other detritivorous arthropods (Isopoda: Vilisics et al. 2007) or centipedes (Papastefanou et al. 2014).

The ratio of forest specialist millipede individuals and the ratio of forest specialist species decreased significantly along the rural-suburban-urban gradient. The ratio of synanthropic millipede individuals and the ratio of synanthropic species increased significantly along the gradient. These results are consistent with the previous findings showing decline of forest specialist species (habitat specialist hypothesis) and increase of synanthropic species (synanthropic species hypothesis) along the urbanization gradient (Magura et al. 2008, 2010a, b; McKinney 2006, 2008; Tóthmérész et al. 2011).

The average body size of the millipedes was significantly lower in the urban area compared to the rural or suburban ones (supporting the mean body size hypothesis). The smaller average body size in the urban area may be a result of the lower food quality, which is also affecting the body size of the millipedes (Enghoff 1992). Magura et al. (2006) studying

ground beetles also reported that small individuals were more frequent in the urban areas than in suburban and rural ones.

The triplot of detrended canonical correspondence analysis (DCCA) showed that there was a separation among the sites along the rural-suburban-urban gradient based on the abundance of species. The urban sites differed from the suburban and rural sites, which were more similar to each other. The urban sites were characterised by higher ground and air temperature, higher pH values, lower amount of decaying wood and by higher concentration of calcium and zinc in the soil. The suburban sites disposed of higher relative humidity and cover of herbs. The rural sites had higher amount of decaying wood, lower pH values and lower ground and air temperature. Similarly to previous study of Pickett et al. (2011) in our study the urban area was also characterised by higher temperatures (both air and ground temperatures), lower relative humidity, higher pH values, lower amount of decaying wood and leaf litter and higher concentration of studied heavy metals and calcium concentration in soils. The aerial fallout of zinc, cadmium and lead may lead to the decrease of millipede abundance (Hopkin & Read 1992). The results also demonstrated that *Kriphyoius occultus*, *Megaphyllum unilineatum* and *Ophiulus pilosus* were associated with the urban sites of higher ground and air temperature, higher pH values and lower amount of decaying wood. The results showed that *Polydesmus complanatus* and *Megaphyllum projectum* were characteristic to the suburban and rural sites. However *Mastigona bosniensis* favored the rural sites with lower percentage of canopy cover.

We identified five groups of quantitative character species by the IndVal method for the compared areas: (1) species preferring the urban area, either recorded exclusively or being most abundant in the urban area (*Cylindroiulus caeruleocinctus*, *Cylindroiulus latestriatus*, *Kryphioidulus occultus*); (2) species characteristic of urban and suburban area (*Ophioidulus pilosus*, *Megaphyllum unilineatum*); (3) species preferring the suburban area (*Cylindroiulus boleti*, *Leptoiulus proximus*, *Polydesmus schaessburgensis*); (4) species characteristic of the suburban and rural areas (*Megaphyllum projectum*, *Polydesmus complanatus*); and (5) species preferring the rural area (*Mastigona bosniensis*).

Our findings confirmed that the environmental factors and the composition of the millipede assemblages changed remarkably along the rural-suburban-urban gradient. Due to the mixture of the urban habitat types and natural habitat types, as well as higher openness of canopy the millipede diversity was higher in suburban area than in rural and urban areas. Urban sites were suitable habitats for xerothermic, tolerant and invasive millipede species. However, alteration of food quality, habitat loss and fragmentation had significant negative effect on forest specialist species. To protect forest specialist soil invertebrates it is essential to prevent habitat loss and fragmentation of natural habitats.

New scientific results

- 1.** We found 10 species of millipedes altogether in three cities (Lugano, Lucerne, Zürich) of Switzerland in the framework of the BiodiverCity project. Incidences of millipede species per city were generally low (Vilisics et al. 2012).
- 2.** The millipede fauna of Lugano, Lucerne and Zürich consists mainly from widely distributed European species preferring anthropogenic habitats. We found two new locations in Switzerland for the rare, alien millipede *Oxidus gracilis*. We also found an endemic millipede species (*Cylindroiulus verhoeffi*) in Lugano, which has a very restricted distribution in Switzerland (Vilisics et al. 2012).
- 3.** We demonstrated that biotic homogenization could play a major role in shaping of millipede fauna composition of the Swiss cities (Vilisics et al. 2012).
- 4.** We described a new anthropogenic millipede species (*Cylindroiulus caeruleocinctus*) to the Hungarian millipede fauna. The species was collected by pitfall trapping and hand collection from urban habitats of the city of Debrecen, Hungary (Bogyó & Korsós 2010).
- 5.** Based on a systematic review of the literature we concluded that: *Cylindroiulus caeruleocinctus* occurs in natural habitats of Western Europe, but the species shows a high preference for anthropogenic habitats in European cities. By massive increasing of human activities, and maybe also due to natural processes the range of *Cylindroiulus caeruleocinctus* is slowly expanding towards the southern and eastern parts of the European continent. The species is missing partially from the Balkans and the Mediterranean (Bogyó & Korsós 2010).
- 6.** The number of millipede individuals, species richness and diversity were significantly higher in the suburban area than in

the rural and urban ones, supporting the intermediate disturbance hypothesis along a forested rural-suburban-urban gradient in Hungary (Bogyó et al. 2015).

7. The ratio of forest specialist millipede individuals and species decreased significantly along the rural-urban gradient, confirming the habitat specialist hypothesis (Bogyó et al. 2015).

8. The ratio of synanthropic millipede individuals and species increased significantly along the rural-suburban-urban gradient, supporting the synanthropic species hypothesis (Bogyó et al. 2015).

9. The average body size of millipedes was significantly lower in the urban area compared to the rural and suburban ones, as it was predicted by the mean body size hypothesis (Bogyó et al. 2015).

10. Detrended canonical correspondence analysis demonstrated that temperature, amount of decaying wood, concentration of zinc and calcium and pH explained significant proportion of the variation in millipedes' abundance. Our results confirmed that the environmental factors and the composition of the millipede assemblages changed remarkably along the rural-suburban-urban gradient (Bogyó et al. 2015).

11. There was a marked separation among the sites along the rural-urban gradient by the hierarchical cluster analysis. Urban sites formed a distinct cluster based on the millipede abundances, while rural and suburban sites formed an other cluster (Bogyó et al. 2015).

12. We identified five groups of quantitative character species by the IndVal method for the compared areas: (1) species preferring the urban area, either recorded exclusively or being most abundant in the urban area, (2) species characteristic of

urban and suburban area, (3) species preferring the suburban area, (4) species characteristic of the suburban and rural areas and (5) species preferring the rural area (Bogyó et al. 2015).

Bevezetés

Az ikerszelvényesek (Myriapoda: Diplopoda) fontos szerepet töltenek be a talajban zajló lebontási folyamatokban. Jelenleg mintegy 12000 ikerszelvényes faj ismert világszerte. A leíratlan fajok számát ennek négy-hétszeresére teszik, így a taxon az egyik legdiverzebb teresztris gerinctelen csoport a mérsékelt és a trópusi övben. Európában hozzávetőlegesen 1500, Magyarországon 103 faj előfordulása ismert (Sierwald & Bond 2007; Bogyó et al. 2012; Enghoff 2013; Minelli & Golovatch 2013). Az ikerszelvényesek legnagyobb faj és egyedszámban az erdővel borított élőhelyeken fordulnak elő, ahol a lombavar felaprózásával és lebontásával fontos ökoszisztéma szolgáltatásokat nyújtanak (Hopkin & Read 1992; Lavelle et al. 2006). Hazánkban az elmúlt két évszázadban az ikerszelvényesek vonatkozásában elsődlegesen taxonómiai és faunisztikai kutatások történtek, változó intenzitással (Korsós 1997).

Az urbanizáció napjaink egyik legjelentősebb környezet és természetátalakító tevékenysége. A városi és városiasodó területek aránya és területfoglalása évről évre nő, ezáltal számos természetes élőhely alakul át. A városiasodásnak összességében negatív hatása van a biodiverzításra, mindenekelőtt a városok központi részein. Ettől eltérően a kertvárosi területeken tapasztalható mérsékelt szintű zavarás hatása igen széles skálán mozog a különböző vizsgált élőlénycsoportok esetében (McKinney 2008).

Európa városi területeinek talajlakó gerinctelen faunáját elsősorban kozmopolita és holarktikus fajok dominálják, melyek között nem ritka az inváziós, vagy egzotikus fajok

megjelenése sem (Smith et al. 2006; Riedel et al. 2009; Stoev et al. 2010; Vilisics et al. 2012). Az urbanizáció jelentősen elősegíti a kevésbé mozgékony ikerszelvényes fajok terjedését, a helyi fauna átalakulását. Ilyenek például a kertészeti tevékenységek, a talajszállítás, vagy a fűrészárúk transzportja (Hopkin & Read 1992). Más kutatások kimutatták, hogy az őshonos, helyi faunaelemeknek is jelentős hatása lehet a városok ikerszelvényes faunájára. Ezek a fajok tipikusan a városokban és azok közelében elhelyezkedő természetes élőhelyeken, valamint a városszéli, kevésbé zavart élőhelyeken fordulnak elő elsősorban (Bogyó & Korsós 2009; Riedel et al. 2009; Kocourek 2014; Bogyó et al. 2015). Egyes speciálisan városokra jellemző élőhelytípusok (pl. botanikus kertek, melegházak, közparkok, magánkertek) behurcolt, exóta ikerszelvényes fajok populációinak adnak otthont (Korsós et al. 2002; Mock 2006; Bogyó & Korsós 2010).

Az utóbbi évtizedekben az urbanizáció hatását különböző élőlénycsoportokra nézve számos tanulmány taglalta. A talajlakó ízeltlábúak közül elsősorban a futóbogarak (Coleoptera: Carabidae) kutatása volt jelentős (Niemelä & Kotze 2009; Magura et al. 2010), de más taxonok kutatottsága is számottevő, például a pókoké (Araneae) (Alaruikka et al. 2002; Horváth et al. 2012). A soklábúak közül a százlábúakra (Chilopoda) vonatkozóan csupán két tanulmány készült (Lesniewska et al. 2008; Papastefanou et al. 2014). A lebontó életmódú, talajlakó ízeltlábúak közül a szárazföldi ászkarák (Isopoda) terén végeztek kutatásokat (Hornung et al. 2007; Vilisics et al. 2007; Magura et al. 2008). Európai viszonylatban a városok ikerszelvényeseiről elsősorban faunisztikai eredményeket közöltek a kutatók, az ökológiai megközelítésű kutatások száma igen alacsony.

A disszertáció célja az, hogy három kutatási projekt kapcsán a doktorjelölt kutatásának eredményeit összegezve képet adjon az urbanizáció általános hatásairól az ikerszelvényes fajokra, a helyi ikerszelvényes faunára és az ikerszelvényes közösségekre nézve (Bogyó & Korsós 2010; Vilisics et al. 2012; Bogyó et al. 2015).

Eredmények és értékelésük

(i) Dél- és Kelet-Svájc három városának (Lugano, Lucerne, Zürich) ikerszelvényes faunáját és az ikerszelvényes közösségeket vizsgáltuk a BiodiverCity projekt keretében (Vilisics et al. 2012). A kutatás során ezeknek a városoknak az erősen urbanizálódott élőhelyein (kertek, társasházak udvarai, közparkok, ipari létesítmények területe) gyűjtöttük a talajlakó, lebontó ízeltlábúakat (Diplopoda, Isopoda) talajcsapdázással, 2006. júniustól augusztusig terjedő időszakában.

Vizsgálataink során összesen 10 ikerszelvényes fajt fogtunk, összesen 105 egyeddel. Zürichben 7, Luganóban 4, Lucerneben pedig 3 fajt fogtunk. Az ikerszelvényes fajok közül kizárólag az *Ophiulus pilosus* fordult elő mindhárom vizsgált városban. Lucerne-ben ez a faj volt a leggyakoribb, egyaránt 20 egyede került elő Zürichben (az itt fogott egyedek 63%-a) és Luganóban (az itt fogott egyedek 43%-a). Lucerne leggyakoribb ikerszelvényes faja a *Polydesmus angustus* volt 23 egyeddel, amely több mint 80%-át tette ki az itt előkerült ikerszelvényeseknek. A vizsgált városok teljes csapdaszámahoz viszonyítva az egyes ikerszelvényes fajokat általában igen alacsony számú csapdában fogtuk meg (városonként kevesebb, mint a csapdák 10%-ában). Egyedül a közismerten szünantróp *Ophiulus pilosus* fordult elő a csapdák több mint 25%-ban, Lucerne városában. Biogeográfiai és faunisztikai szempontból két faj emelhető ki: az *Oxidus gracilis* és a *Cylindroiulus verhoeffi*. Előbbi Kelet-Ázsia trópusi részéről származó faj, melyet az amerikai és európai kontinensre is behurcoltak. Az *Oxidus gracilis*-t Európában döntően melegházakban és azok környékén mutatták ki, korábban csak Svájc négy lelőhelyéről volt ismert

(Stoev et al. 2010; Pedroli-Christen 1993), ahol kültéren ritka. A kutatás során Lugano városából előkerült egy másik kiemelt figyelmet érdemlő faj, a *Cylindroiulus verhoeffi*, melyet az irodalom rendkívül szűk elterjedésű, endemikus fajként említ (“lombardiai-velencei” endemizmus: Pedroli-Christen 1993). Kutatásunk során azt találtuk, hogy a vizsgált svájci városokban elsősorban az Európában széles elterjedésű, tág tűrőképességű ikerszelvényes fajok élnek. Eredményeink azt mutatják, hogy a gyakori szünantróp fajok és a ritka helyi faunaelemek egyaránt előfordulnak a városokban; így a városi területek, mint heterogén élőhelyek kis területen is diverz faunának adhatnak otthont. Mindemellett kiemelendő, hogy a városi élőhelyek elsősorban a tág tűrőképességű ikerszelvényes fajoknak kedveznek, amely eredmény a biotikus homogenizáció elméletét igazolja (McKinney, 2006). Eredményeink aqlapján elmondható, hogy összességében a svájci városok ikerszelvényes közösségeit kozmopolita, holarktikus, és sok esetben behurcolt fajok alkotják. A vizsgált területek általában alacsony egyedszámmal jellemezhetők, illetve bizonyos antropogén élőhelyeken az ikerszelvényesek szinte teljesen eltűnnek.

(ii) A hazai faunára nézve új ikerszelvényes fajt írtunk le Debrecenből. A *Cylindroiulus caeruleocinctus* nevű fajt először a Magyarországon is futó GlobeNet projekt kutatásai során gyűjtöttük (Bogyó & Korsós 2010). A faj egyik lelőhelye a debreceni Nagyerdei Park volt, mely kocsányos tölgyes erdőből keletkezett erősen urbanizált városi park, melyet aszfaltozott úthálózat és betelepített, idegenhonos növények jellemeznek. Ezen a területen talajcsapdázással gyűjtöttük a faj 4 példányát 2004 folyamán. Ezt követően kézi egyeléssel további 25 példány került elő debrecen

központjából, a Péchy Mihály Építőipari Szakközépiskola udvaráról és lépcsőházából 2008 során. Tanulmányunkban irodalmi adatok szisztematikus áttekintésével összegeztük a *Cylindroiulus caeruleocinctus* ökológiai igényeit, biológiáját és európai elterjedési mintázatát. Ezek alapján a faj Európában döntően szünantróp, de eredetileg természetese módon az atlantikus területek nyílt élőhelyeit kedvelő faj. A faj Dél- és Kelet-Európa irányába terjeszkedik részben természetes, döntően azonban emberi hatásra. Számos európai nagyvárosban jelentős, szigetszerű populációja van a behurcolásnak köszönhetően (Bogyó & Korsós 2010; Enghoff 2013).

(iii) Az urbanizáció hatását vizsgáltuk ikerszelvényes közösségeken egy városon kívüli-városszéli-városi élőhelygrádiens mentén, a nemzetközi GlobeNet protokoll szerint (Magura et al. 2004; Bogyó et al. 2015). A kutatás Debrecenben és a várost körülvevő Nagyerdőben zajlott. A városon kívüli mintavételi területen nem voltak mesterséges létesítmények, a beépítettség aránya a városszéli élőhelyen 30%, míg a városi mintavételi területen minimum 60% volt. A mintavételi területek mindegyike kocsányos tölgyes erdő (*Convallario-Quercetum roboris* társulás), illetve annak maradványa volt. Kutatásunk során a GlobeNet projekt mintavételi protokollját követtük (Niemelä et al. 2000): a mintavételi területeken (városon kívüli, városszéli, városi) belül négy mintavételi helyet jelöltünk ki, melyek területén 10-10 talacsapdát helyeztünk el random módon. Ennek megfelelően összesen 120 etilén-glikollal feltöltött talajscapdával (3×4×10) dolgoztunk a vizsgált élőhelygrádiens mentén. A talajscapdákat kéthetente ürítettük 2004. március végétől novemberig.

Az ikerszelvényesekre vonatkozó kutatási hipotéziseink az alábbiak voltak:

- a köztes zavarási hipotézis szerint a diverzitás növekszik az enyhén (mérsékelt) zavart élőhelyeken (Connell 1978; Wootton 1998);
- a habitat-specialista hipotézis szerint az eredeti (természetközeli) élőhelyekhez kötődő élőlények sokfélesége csökken az erősen zavart élőhelyek felé haladva (Magura et al. 2004);
- a szünantróp faj hipotézis szerint az ember által módosított élőhelyeket preferáló élőlények sokfélesége nő az erősen zavart élőhelyek felé haladva (Magura et al. 2004, 2008);
- az átlagos testméret hipotézis szerint egyes élőlények átlagos testmérete csökken a városon kívüli (természetközeli) élőhely felől a városi élőhely felé haladva (Magura et al. 2006).

Vizsgáltuk továbbá az ikerszelvényesek közösségi szintű változásait az urbanizációs grádiens mentén és az egyes élőhelyekre vonatkozóan azonosítottuk az ikerszelvényesek karakterfajait. Vizsgáltuk a releváns környezeti tényezők ikerszelvényesekre gyakorolt hatásait, feltételezve, hogy az irodalomban is dokumentált hatótényezőknek (hőmérséklet, talajnedvesség, pH, nehézfémek mennyisége, holt fa mennyisége) kutatási területeinken is jelentős hatása lesz az ikerszelvényesek térbeli eloszlására (Hopkin & Read 1992; Riedel et al. 2009; Smith et al. 2006).

A vizsgált élőhelygrádiens mentén összesen három rend 14 ikerszelvényes fajtát azonosítottuk, mely a hazai faunának hozzávetőlegesen 14%-a. Az ikerszelvényesek egyedszáma a

városszéli élőhelyen volt a legmagasabb (4660 egyed). Ennél jelentősen alacsonyabb egyedszámban fogtunk ikerszelvényeseket a városon kívüli (1842 egyed) és a városi (940 egyed) élőhelyen. A leggyakoribb ikerszelvényes faj az élőhelygrádiens mentén a *Megaphyllum projectum* volt, amely az összes fogott egyed 60%-át tette ki, illetve a városon kívüli, természetközeli élőhely teljes egyedszámának mintegy 80%-át adta. A városi élőhelyen az *Ophiulus pilosus* és a *Megaphyllum unilineatum* volt a leggyakoribb faj, míg a városszéli élőhelyen a korábban említett *Megaphyllum projectum* volt a leginkább tömeges.

Az ikerszelvényesek átlagos egyedszáma és fajszáma szignifikánsan magasabb volt a városszéli élőhelyen a városon kívüli és városi élőhelyekkel összehasonlítva. Az ikerszelvényesek diverzitása (várható fajszáma) szintén szignifikánsan nagyobb volt a városszéli élőhelyen a városon kívüli és városi élőhelyekkel összehasonlítva. Mindezen eredmények a köztes zavarási hipotézist igazolják (Connell 1978), és megerősítik Wootton (1998) érvelését, miszerint a tápláléklánc alsó szintjein lévő élőlények diverzitása nagyobb a mérsékelt zavaró életmódot folytató szárazföldi ászkarákok (Vilisics et al. 2007) és a soklábúak másik osztálya esetében (Chilopoda: Papastefanou et al. 2014) is hasonló mintázatot találtak.

Eredményeink azt mutatják, hogy az erdei specialista ikerszelvényes fajok számának és egyedszámának aránya szignifikánsan csökkent az urbanizációs grádiens mentén a természetközeli, városon kívüli erdőtől a városi élőhely felé

haladva. A szünantróp ikerszelvényes fajok számának és egyedszámának aránya szignifikánsan csökkent az urbanizációs grádiens mentén a városi élőhelytől a városon kívüli élőhely felé haladva. Más taxonok esetében is hasonló eredményekről számoltak be: az erdei specialista fajok csökkenését (habitat-specialista hipotézis) és a szünantróp fajok növekedését (szünantróp faj hipotézis) is leírták urbanizációs grádiensek mentén (Magura et al. 2008, 2010a, b; McKinney 2006, 2008; Tóthmérész et al. 2011).

Az ikerszelvényesek átlagos testmérete szignifikánsan kisebb volt a városi élőhelyen, mint a városszéli és városon kívüli élőhelyeken, ami az átlagos testméret hipotézist igazolja. A kisebb testméretű fajok dominanciáját városi területeken magyarázhatja az elérhető táplálék alacsonyabb minősége, mely szintén befolyásolja az ikerszelvényesek testméretét (Enghoff 1992). A kapott eredmények hasonlóak Magura és munkatársai (2006) eredményeihez: kutatásuk során kisebb testméretű futóbogarakat találtak a városi élőhelyen, mint a városszéli és városon kívüli élőhelyeken.

A kanonikus korrespondencia analízis eredményei alapján a mért környezeti változók és az ikerszelvényes közösségek határozott változást mutattak a városon kívüli-városszéli-városi élőhelygrádiens mentén. A városi élőhely ikerszelvényes közössége határozottan elkülönült a városszéli és városon kívüli élőhely közösségeitől, melyek hasonlóbbak voltak egymáshoz. A mért környezeti változók alapján a városi élőhely magas talaj- és levegőhőmérséklettel, magas pH-val, a Ca és Zn talajban mért magas koncentrációjával, valamint kisebb holt fa mennyiséggel volt jellemezhető. Hasonló eredményekről számoltak be Pickett és munkatársai (2011)

városi élőhelyekre vonatkozó kutatásaik során. Az irodalmi adatok szerint a levegőből származó Zn, Cd és Pb szennyező hatása csökkentheti az ikerszelvényesek abundanciáját (Hopkin & Read 1992). A városszéli élőhelyen magasabb relatív páratartalmat és magasabb avarborítást regisztráltunk. A városon kívüli, természetközeli erdő magas holt fa mennyiséggel, alacsony pH-val, valamint alacsony talaj- és levegőhőmérséklettel volt jellemezhető. Eredményeink igazolták, hogy a magas hőmérséklettel, magas pH-val és alacsony holt fa mennyiséggel jellemezhető városi élőhelyhez főleg a *Kriphoiulus occultus*, *Megaphyllum unilineatum* és *Ophiulus pilosus* fajok kötődtek, míg a városszéli és városon kívüli élőhelyek környezeti viszonyai leginkább a *Polydesmus complanatus* és *Megaphyllum projectum* fajoknak feleltek meg. Kimutattuk, hogy a *Mastigona bosniensis* elsősorban a városon kívüli élőhely alacsonyabb borítottságú erdeinek karakterfaja.

Az ikerszelvényesek öt karakterfaj-csoportját azonosítottuk és az IndVal módszer segítségével vizsgáltuk, hogy melyek a szignifikáns karakterfajok: (1) kizárólag a városi élőhelyen, vagy legnagyobb egyedszámban a városi élőhelyen előforduló fajok: (*Cylindroiulus caeruleocinctus*, *Cylindroiulus latestriatus*, *Kriphoiulus occultus*); (2) a városi és városszéli élőhelyek karakterfajai: (*Ophiulus pilosus*, *Megaphyllum unilineatum*); (3) a városszéli élőhely karakterfajai: (*Cylindroiulus boleti*, *Leptoiulus proximus*, *Polydesmus schaessburgensis*); (4) a városszéli és városon kívüli élőhely karakterfajai (*Megaphyllum projectum*, *Polydesmus complanatus*); (5) a városon kívüli, természetközeli élőhely karakterfaja (*Mastigona bosniensis*)

Eredményeink igazolták, hogy mind a mért környezeti változók, mind pedig a vizsgált élőhelyek ikerszelvényes közösségei jól detektálható változást mutatnak az urbanizációs grádiens mentén. A természetes és szünantróp élőhelyek együttes előfordulása magas ikerszelvényes diverzitást eredményezett a városszéli élőhelyen, összehasonlítva azt a városi és városon kívüli élőhelyekkel. A vizsgált városi élőhely alkalmasnak bizonyult a melegkedvelő és szárazságtűrő, valamint a szünantróp, behurcolt és idegenhonos fajok számára is. Ezzel egyidejűleg ugyanezen városi élőhelyen a természetes élőhelyek arányának csökkenése, a feldarabolódás, valamint a táplálék minőségének megváltozása szignifikánsan csökkentette az erdei specialista fajok előfordulását.

Az új tudományos eredmények összefoglalása

1. A BiodiverCity nemzetközi projektben három svájci város (Lucerne, Lugano, Zürich) ikerszelvényes faunáját vizsgáltuk, melynek során 10 ikerszelvényes faj került elő. A vizsgált városok urbanizált élőhelyein az ikerszelvényesek alacsony egyedszámban voltak kimutathatók (Vilisics et al. 2012).
2. Lucerne, Lugano és Zürich ikerszelvényes faunája döntően Európában széles elterjedésű, antropogén élőhelyeket preferáló fajokból áll. Svájcban két új lelőhelyen mutattuk ki a ritka, behurcolt *Oxidus gracilis*-t. Emellett Lugano városából kimutattuk a szűk, endemikus elterjedésű *Cylindroiulus verhoeffi*-t is (Vilisics et al. 2012).
3. Kimutattuk, hogy a biotikus homogenizáció jelentős szerepet játszik a svájci városok ikerszelvényes faunájának alakulásában (Vilisics et al. 2012).
4. Leírtuk a hazai ikerszelvényes faunára nézve új faj, a *Cylindroiulus caeruleocinctus* debreceni előfordulását. A fajt talajcsapdázással és kézi egyeléssel gyűjtöttük két évben, Debrecen városi élőhelyein (Bogyó & Korsós 2010).
5. Megállapítottuk, hogy a *Cylindroiulus caeruleocinctus* Európában döntően szünantróp, eredetileg atlantikus területeken természetes élőhelyeken is előforduló, nyílt területeket kedvelő faj. Részben természetes hatásra, döntően azonban emberi hatásra Dél- és Kelet-Európa irányába terjeszkedik a faj. Számos európai nagyvárosban jelentős, szigetszerű populációval van jelen a behurcolásnak köszönhetően. A faj hiányzik a Balkánról és a Mediterráneum egyes részeiről.
6. Az ikerszelvényesek átlagos egyedszáma és fajszáma, valamint diverzitása szignifikánsan magasabb volt a városszéli élőhelyen, mint a városon kívüli és városi élőhelyeken.

Mindez a köztes zavarási hipotézist igazolja (Bogyó et al. 2015).

7. Az erdei specialista ikerszelvényes fajok számának és egyedszámának aránya szignifikánsan csökkent az urbanizációs grádiens mentén a természetközeli, városon kívüli erdőtől a városi élőhely felé haladva, mely a habitat specialista hipotézist igazolja (Bogyó et al. 2015).

8. A szünantróp ikerszelvényes fajok számának és egyedszámának aránya szignifikánsan csökkent az urbanizációs grádiens mentén a városi élőhelytől a városon kívüli élőhely felé, ami a szünantróp faj hipotézist igazolja (Bogyó et al. 2015).

9. Az ikerszelvényesek átlagos testmérete szignifikánsan kisebb volt a városi élőhelyen, mint a városszéli és városon kívüli élőhelyeken, ami az átlagos testméret hipotézist igazolja (Bogyó et al. 2015).

10. A kanonikus korrespondencia analízis eredményei alapján a mért környezeti változók és az ikerszelvényes közösségek határozott változást mutattak a városon kívüli-városszéli-városi élőhelygrádiens mentén (Bogyó et al. 2015).

11. Az ikerszelvényesek öt karakterfaj-csoportját azonosítottuk az IndVal módszer segítségével a vizsgálati területeken: (1) kizárólag a városi élőhelyen, vagy legnagyobb egyedszámban a városi élőhelyen előforduló fajok, (2) a városi és városszéli élőhelyek karakterfajai, (3) a városszéli élőhely karakterfajai, (4) a városszéli és városon kívüli élőhely karakterfajai, (5) a városon kívüli, természetközeli élőhely karakterfajai (Bogyó et al. 2015).

References/Irodalom

- Alaruikka, D., Kotze, D. J., Matveinen, K., & Niemelä, J. (2002). Carabid beetle and spider assemblages along a forested urban–rural gradient in southern Finland. *Journal of Insect Conservation*, 6, 195-206. doi: 10.1023/A:1024432830064
- Bogyó, D., Korsós, Z. (2009). Urbanizáció hatása ikerszelvényes (Diplopoda) együttesekre - Faunisztikai eredmények [Effects of urbanization on millipede assemblages - faunistic results]. *Természetvédelmi Közlemények*, 15, 412-421.
- Bogyó, D., & Korsós, Z. (2010). *Cylindroiulus caeruleocinctus* (Wood, 1864), new to the fauna of Hungary, and its current European distribution (Diplopoda: Julida). *Schubartiana*, 4, 9-14.
- Bogyó, D., Korsós, Z., Lazányi E., Hegyessy, G. (2012). Millipedes (Diplopoda) from the Zemplén Mountains, Northeast Hungary, with two julid species new to the Hungarian fauna. *Opuscula Zoologica Hungarica*, 43, 131-145.
- Bogyó, D., Magura, T., Simon, E., & Tóthmérész, B. (2015). Millipede (Diplopoda) assemblages alter drastically by urbanisation. *Landscape and Urban Planning*, 133, 118-126. doi:10.1016/j.landurbplan.2014.09.014
- Connell, J. H. (1978). Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science*, 199, 1302-1310. doi:10.1126/science.199.4335.1302
- Enghoff, H. (1992). The size of a millipede. *Berichte des Naturhistorisch-Medizinischen Vereins in Innsbruck, Supplementum*, 10, 47-56.
- Enghoff, H. (2013). Diplopoda, Millipedes. Fauna Europaea version 2.6. Retrieved from: <http://www.faunaeur.org>
- Horváth, R., Magura, T., & Tóthmérész, B. (2012). Ignoring ecological demands masks the real effect of urbanization: a case study of ground-dwelling spiders along a rural–urban gradient in a lowland forest in Hungary. *Ecological Research*, 27, 1069-1077. doi: 10.1007/s11284-012-0988-7

- Hopkin, S. P., & Read, H. J. (1992). *The biology of millipedes*. Oxford: Oxford University Press.
- Kocourek, P. (2014): Mnohonožky (Myriapoda: Diplopoda) Prahy [Millipedes (Myriapoda: Diplopoda) of Prague]. *Natura Pragensis*, 21, 3-146.
- Korsós, Z. (1997). Az ikerszelvényesek (Diplopoda) faunisztikai és taxonómiai kutatásának helyzete és irányai Magyarországon [Status and direction of faunistic and taxonomical research of millipedes in Hungary]. *Folia historico naturalia Musei Matraensis*, 22, 85-98.
- Korsós, Z., Hornung, E., Szlávecz, K., & Kontschán, J. (2002). Isopoda and Diplopoda of urban habitats: new data to the fauna of Budapest. *Annales Historico-Naturales Musei Nationalis Hungarici*, 94, 193-208.
- Lavelle, P., Decaëns, T., Aubert, M., Barot, S., Blouin, M., Bureau, F.,...Rossi, J. P. (2006). Soil invertebrates and ecosystem services. *European Journal of Soil Biology*, 42, 3-15. doi: 10.1016/j.ejsobi.2006.10.002
- Leśniewska, M., Leśniewski, P., & Szybiak, K. (2008). Effect of urbanization on centipede (Chilopoda) diversity in the Wielkopolska-Kujawy Lowlands of western Poland. *Biologia*, 63, 711-719. doi. 10.2478/s11756-008-0121-0
- Magura, T., Hornung, E., & Tóthmérész, B. (2008). Abundance patterns of terrestrial isopods along an urbanization gradient. *Community Ecology*, 9, 115-120. doi: 10.1556/ComEc.9.2008.1.13
- Magura, T., Horváth, R., & Tóthmérész, B. (2010a). Effects of urbanization on ground-dwelling spiders in forest patches, in Hungary. *Landscape Ecology*, 25, 621-629. doi: 10.1007/s10980-009-9445-6
- Magura, T., Lövei, G. L., & Tóthmérész, B. (2010b). Does urbanization decrease diversity in ground beetle (Carabidae) assemblages? *Global Ecology and Biogeography*, 19, 16-26. doi: 10.1111/j.1466-8238.2009.00499.x

- Magura, T., Tóthmérész, B., & Lövei, G. L. (2006). Body size inequality of carabids along an urbanization gradient. *Basic and Applied Ecology*, 7, 472-482. doi: 10.1016/j.baae.2005.08.005
- Magura, T., Tóthmérész, B., & Molnár, T. (2004). Changes in carabid beetle assemblages along an urbanization gradient in the city of Debrecen, Hungary. *Landscape Ecology*, 19, 747-759. doi: 10.1007/s10980-005-1128-4
- McKinney, M. L. (2006). Urbanization as a major cause of biotic homogenization. *Biological Conservation*, 127, 247-260. doi: 10.1016/j.biocon.2005.09.005
- McKinney, M. L. (2008). Effects of urbanization on species richness: a review of plants and animals. *Urban Ecosystems*, 11, 161-176. doi: 10.1007/s11252-007-0045-4
- Minelli, A., & Golovatch, S. I. (2013). Myriapods, 2nd Edition. In Levin, S. A. (Ed.), *Encyclopedia of Biodiversity* (pp. 421-432). Waltham, MA: Academic Press.
- Mock, A. (2006). First record of *Cylindroiulus caeruleocinctus* (Diplopoda, Julidae) in Slovakia. *Biologia, Bratislava*, 61, 144. doi: 10.2478/s11756-006-0039-3
- Niemelä, J., Kotze, D. J., Ashworth, A., Brandmayr, P., Desender, K., New, T.,...Spence, J. (2000). The search for common anthropogenic impacts on biodiversity: a global network. *Journal of Insect Conservation*, 4, 3-9. doi: 10.1023/A:1009655127440
- Niemelä, J., & Kotze, D. J. (2009). Carabid beetle assemblages along urban to rural gradients: A review. *Landscape and Urban Planning*, 92, 65-71. doi: 10.1016/j.landurbplan.2009.05.016
- Papastefanou, G., A., Panayiotou, E., Mylonas, M., & Simaiakis, S. M. (2014). Centipede assemblages along an urbanization gradient in the city of Heraklion (Crete, Greece). In Tuf, I. H. & K. Tajovsky (Eds.), *16th International Congress of Myriapodology. Book of Abstracts* (pp. 1-122). Olomouc: Institute of Soil Biology, BC ASCR & Faculty of Science, Palacký University.
- Pickett, S. T. A., Cadenasso, M. L., Grove, J. M., Boone, C. G., Groffman, P. M., Irwin, E., & Warren, P. (2011). Urban ecological systems: Scientific foundations and a decade of

- progress. *Journal of Environmental Management* 92, 331-362. doi: 10.1016/j.jenvman.2010.08.022
- Pedroli-Christen, A. (1993). Faunistique des mille-pattes de Suisse (Diplopoda) - Faunistik der Tausendfüssler der Schweiz (Diplopoda) [The faunistics of the millipedes of Switzerland (Diplopoda)]. *Documenta Faunistica Helvetiae*, 14, 1-167.
- Riedel, P., Navrátil, M., Tuf, I. H., & Tufová, J. (2009). Terrestrial isopods (Isopoda: Oniscidea) and millipedes (Diplopoda) of the City of Olomouc (Czech Republic). *Contributions to Soil Zoology in Central Europe III*. ISB BC AS CR, České Budějovice, 125-132.
- Sierwald, P., & Bond, J. E. (2007). Current status of the myriapod class Diplopoda (millipedes): Taxonomic diversity and phylogeny. *Annual Review of Entomology*, 52, 401-420. doi: 10.1146/annurev.ento.52.111805.090210
- Smith, J., Chapman, A., & Eggleton, P. (2006). Baseline biodiversity surveys of the soil macrofauna of London's green spaces. *Urban Ecosystems*, 9, 337-349. doi: 10.1007/s11252-006-0001-8
- Stoev, P., Zapparoli, M., Golovatch, S., Enghoff, H., Akkari, N., & Barber, A. (2010). Myriapods (Myriapoda). Chapter 7.2. *BioRisk*, 4, 97-130.
- Tóthmérész, B., Máthé, I., Balázs, E., & Magura, T. (2011). Responses of carabid beetles to urbanization in Transylvania (Romania). *Landscape and Urban Planning*, 101, 330-337. doi: 10.1016/j.landurbplan.2011.02.038
- Vilisics, F., Bogyó, D., Sattler, T., & Moretti, M. (2012). Occurrence and assemblage composition of millipedes (Myriapoda, Diplopoda) and terrestrial isopods (Crustacea, Isopoda, Oniscidea) in urban areas of Switzerland. *Zookeys*, 176, 199-214. doi: 10.3897/zookeys.176.2153
- Vilisics, F., Elek, Z., Lövei, L. G., & Hornung, E. (2007). Composition of terrestrial isopod assemblages along an urbanization gradient in Denmark. *Pedobiologia*, 51, 45-53. doi:10.1016/j.pedobi.2006.12.004
- Wootton, J. T. (1998). Effects of disturbance on species diversity: a multitrophic perspective. *The American Naturalist*, 152, 803-825.

Publications of David Bogyó - Bogyó Dávid publikációi

Papers with impact factor in English/ Impakt faktorról rendelkező, angol nyelvű közlemények

- Bogyó, D.**, Magura, T., Simon, E., & Tóthmérész, B. (2015). Millipede (Diplopoda) assemblages alter drastically by urbanisation. *Landscape and Urban Planning*, 133, 118-126. doi: 10.1016/j.landurbplan.2014.09.014 IF₂₀₁₃: 2.606
- Tóthmérész, B., Nagy, D. D., Mizser, Sz., **Bogyó, D.**, & Magura, T. (2014). Edge effects on ground-dwelling beetles (Carabidae and Staphylinidae) in oak forest-forest edge-grassland habitats in Hungary. *European Journal of Entomology*, 111, 686-691. doi: 10.14411/eje.2014.091 IF₂₀₁₃: 1.076
- Vilisics, F., **Bogyó, D.**, Sattler, T., Moretti, M. (2012): Occurrence and assemblage composition of millipedes (Myriapoda, Diplopoda) and terrestrial isopods (Crustacea, Isopoda, Oniscidea) in urban areas of Switzerland. *Zookeys*, 176, 199-214. doi: 10.3897/zookeys.176.2153 IF₂₀₁₂: 0,864
- Simon, E., Braun, M., Vidic, A., **Bogyó, D.**, Fábrián, I., Tóthmérész, B. (2011): Air pollution assessment based on elemental concentration of leaves tissue and foliage dust along an urbanization gradient in Vienna. *Environmental Pollution*, 159, 1229-1233. doi: 10.1016/j.envpol.2011.01.034 IF₂₀₁₁: 3,746

Submitted papers with impact factor in English/ Folyóíráthoz benyújtott, impakt faktorról rendelkező, angol nyelvű közlemények

- Magura, T., **Bogyó D.**, Mizser, Sz., Nagy, D. D., Tóthmérész, B. (2014). Recovery of ground-dwelling assemblages during reforestation with native oak depends on the mobility and feeding habits of the species. *Forest Ecology and Management* - (accepted) IF₂₀₁₃: 2.667
- Bogyó, D.**, Magura, T., Tóthmérész, B., & Nagy, D. D. (2014). Habitat association of millipedes (Myriapoda, Diplopoda) in a

forest - forest edge - grassland complex. Zookeys - (under review) IF₂₀₁₃: 0.917

Papers without impact factor in English/Impakt faktor nélküli közlemények angol nyelven

Bogyó, D., Korsós, Z., Lazányi E., Hegyessy, G. (2012). Millipedes (Diplopoda) from the Zemplén Mountains, Northeast Hungary, with two julid species new to the Hungarian fauna. *Opuscula Zoologica Hungarica*, 43, 131-145.

Bogyó, D., & Korsós, Z. (2010). *Cylindroiulus caeruleocinctus* (Wood, 1864), new to the fauna of Hungary, and its current European distribution (Diplopoda: Julida). *Schubartiana*, 4, 1-10.

Bogyó, D. (2007): The mosquito (Diptera: Culicidae) fauna of Tata and its environs. *Acta biologica debrecina, Supplementum oecologica hungarica*, 16, 33-37.

Papers without impact factor in Hungarian/Impakt faktor nélküli közlemények magyar nyelven

Bogyó, D., Ecsedi, Z., Tar, J. & Zalai T. (2014). A kis lilik (*Anser erythropus*) magyarországi fajmegőrzési terve [Hungarian National Action Plan for Lesser White-fronted Goose (*Anser erythropus*)]. *Calandrella*, 17, 1-92.

Bogyó, D., & Korsós, Z. (2009). Urbanizáció hatása ikerszelvényes (Diplopoda) együttesekre - Faunisztikai eredmények [Effect of urbanisation on millipedes (Diplopoda) - Faunistical results]. *Természetvédelmi Közlemények*, 15, 412-421.

Bogyó, D., & Szabó, L. J. (2006). Csípőszúnyogok faunisztikai és fenológiai vizsgálata Tata belterületének két tenyészőhelyén. [Faunistical and phenological investigations on two mosquito breeding areas (Diptera: Culicidae) of Tata]. *Acta biologica debrecina, Supplementum oecologica hungarica*, 14, 59-66.

Bogyó, D., & Szabó, L. J. (2005). Morfometriai vizsgálatok *Culex pipiens* populációk egyedein [Morphometric investigations on

specimens of *Culex pipiens* populations]. *Acta biologica debrecina, Supplementum oecologica hungarica*, 13, 21-27.

Conferences - Konferenciák

Debnár, Zs., **Bogyó, D.**, Nagy, D. D., Mizser, Sz., Magura, T., Tóthmérész, B. (2014). Szegélyhatás vizsgálata talajlakó ízeltlábú együttesek esetén (Carabidae, Staphylinidae, Diplopoda) tölgyes erdő - erdőszegély - gyeperőhelymozaikban [Edge effect on soil dwelling arthropod assemblages (Carabidae, Staphylinidae, Diplopoda) in an oak forest-forest edge-grassland habitat mosaic]. X. Magyar Természetvédelmi Biológiai Konferencia, Szeged, Hungary, 20-23.11.2014. (Poster presentation)

Bogyó, D., Magura T., Nagy, D. D., Tóthmérész, B. (2014). Habitat associations of millipedes in a grassland-edge-forest complex. 16th International Congress of Myriapodology, Olomouc, Czech Republic, 20-25.07.2013. (Oral presentation)

Bogyó, D., Vilisics, F., Moretti, M., Trivellone, V. (2013). Isopoda and Diplopoda fauna of vineyards in Southeast-Switzerland. 12th Central European Workshop on Soil Zoology, Ceske Budejovice, Czech Republic, 08-11.04.2013. (Oral presentation)

Nagy, D., Debnár, Zs., **Bogyó, D.**, Szabó, Gy., Nagy, L., Horváth, R., Mizser, Sz., Magura, T., Tóthmérész, B. (2013). Rove beetles (Staphylinidae) of non-native plantations in Northeast Hungary. 12th Central European Workshop on Soil Zoology, Ceske Budejovice, Czech Republic, 08-11.04.2013. (Poster presentation)

Simon, E., Vidic, A., **Bogyó, D.**, Braun, M., Fábrián, I., Tóthmérész, B. (2013). Effects of urbanization on terrestrial ecosystem. Annual International Conference on Ecology, Ecosystems and Climate Change, Athens, Greece, 15-18. 07.2013. (Oral presentation)

Simon, E., Braun, M., Vidic, A., **Bogyó, D.**, Fábrián, I., Tóthmérész, B. (2011). Bécs légszennyezettség állapotának becslése falevelek és falevélről gyűjtött por elemösszetétele alapján egy

- urbanizációs gradiens mentén [Air pollution assessment based on elemental concentration of leaves tissue and foliage dust along an urbanization gradient in Vienna.] 12. Kolozsvári Biológus Napok, Cluj-Napoca, Romania, 8-9.04.2011. (Oral presentation)
- Vilisics, F., **Bogyó, D.**, Sattler, T., Moretti, M. (2011). Community composition and distribution of decomposer species in urban areas of Switzerland. 8th International Symposium of Terrestrial Isopod Biology, ISTIB 2011, Bled, Slovenia, 11-13.06.2011. (Poster presentation)
- Bogyó, D.**, Magura, T., Mizser, Sz., Szalkovszki, O., Tóthmérész, B. (2010). Talajlakó ízeltlábúak (Araneae, Carabidae, Diplopoda) vizsgálata különböző korú tölgytelepítésekben és zárt homoki tölgyesben [Soil dwelling arthropods (Araneae, Carabidae, Diplopoda) in various aged oak plantations and a closed oak forest]. 4. Szünzoológiai Szimpózium, Természettudományi Múzeum, Budapest, Hungary, 09.04.2010. (Oral presentation)
- Bogyó, D.**, Magura, T., Korsós, Z., Tóthmérész, B. (2008). The effect of urbanisation on millipede (Diplopoda) in Debrecen (Hungary). 14th International Congress of Myriapodology, Görlitz, Germany, 21-25.07.2008. (Poster presentation)
- Bogyó, D.** (2007). Tata és környékének csípőszúnyog faunája [The mosquito (Diptera: Culicidae) fauna of Tata and its environs]. IV. Makroszkópikus Vízi Gerinctelenek Konferencia Konferencia, MTA BLAKI, Tihany, Hungary, 12-13.04.2007. (Poster presentation)
- Bogyó, D.**, & Szabó, L. J. (2006). Csípőszúnyogok faunisztikai és fenológiai vizsgálata Tata belterületének két tenyészőhelyén [Faunistical and phenological investigations on two mosquito breeding areas (Diptera: Culicidae) of Tata]. III. Makroszkópikus Vízi Gerinctelenek Konferencia, Dunakutató Állomás, Göd, Hungary, 13-14.2006. (Oral presentation)
- Bogyó, D.**, & Szabó, L. J. (2005). Morfometriai vizsgálatok *Culex pipiens* populációk egyedein [Morphometrical investigations on specimens of *Culex pipiens* populations]. II. Makroszkópikus Vízi Gerinctelenek Konferencia, MTA Székház, Pécs, Hungary, 14-15.04.2005. (Oral presentation)

Szabó, L. J., & **Bogyó, D.** (2004). Morfometriai vizsgálatok csípőszúnyogok nőstényein [Morphometrical investigations on female mosquitoes]. Szünzoológiai Szimpózium, Magyar Természettudományi Múzeum, Budapest, Hungary. 8-9.03.2004. (Oral presentation)