

**Doktori (PhD) értekezés tézisei**

**Az urbanizáció hatása a predációs aktivitásra**

Eötvös Csaba Béla

Témavezető: Dr. Magura Tibor



DEBRECENI EGYETEM  
Juhász-Nagy Pál Doktori Iskola

Debrecen, 2021.



## 1. Bevezetés és célkitűzés

A városok fejlődésével a természetes környezet nagy mértékben átalakul<sup>1</sup> és mára az urbanizáció vált az egyik leggyorsabb környezetformáló folyamattá<sup>2</sup>. A városon kívüli természetes területektől a városközpontok felé az eredeti élőhely egyre kisebb területet foglal el, az úthálózat sűrűsödik, egyre nagyobb területet borít mesterséges felület. Az urbanizáció által érintett terület élővilága a fenti tényezők hatására jelentős mértékben megváltozik<sup>3,4</sup>, a biodiverzitás újraszerveződését figyelhetjük meg<sup>5,6</sup>. Emellett a mortalitás új forrásai is megjelennek, úgy mint a xenobiotikumok, épületekkel és járművekkel való ütközés, áramütés és új ragadozók megjelenése<sup>7</sup>. Ugyan az urbanizáció nem feltétlenül jár együtt a taxonómiai diverzitás vagy fajgazdagság csökkenésével<sup>8</sup>, de az élőhely-specialisták a városi környezetből szinte minden esetben hiányoznak<sup>9,10</sup> és ennek következtében csökkenhet a funkcionális diverzitás<sup>11</sup>.

Az urbanizáció hatásait egy gradiens mentén vizsgálhatjuk. A gradiens két vége adott, az egyik a természetes élőhely, avagy rurál terület, míg a másik az emberekkel sűrűn lakott, házak és utak uralta városközpont<sup>12</sup>. A köztes élőhelyeket az alábbiak szerint lehet kategorizálni: a természetes élőhelyhez közeli zavart, de természetszerű környezet, a művelt táj mezőgazdasági területekkel és a szuburbán élőhely kisebb lakóépületekkel, utakkal, kertekkel és parkokkal<sup>12</sup>. A városi környezet világszerte nagyon hasonló, azonban a körülöttük elterülő természetes élőhelyek változatosak, így az urbanizáció hatása különböző mértékű lehet<sup>13</sup>.

A korai vizsgálatok eredményeit követően egységesített protokollok kidolgozására került sor, mint a GLOBENET projekt<sup>14</sup>. A különböző helyeken végzett kutatások eredményei meglepően hasonlóak, mind az egyedszám, mind a diverzitás csökkenését tapasztalták a városokban a környező rurál élőhelyekhez képest<sup>15,16</sup>. Azonban a szerkezeti, strukturális változások vizsgálata mellett a különböző ökológiai funkciók direkt vizsgálata hasznos kiegészítő információkkal szolgál az urbanizációs vizsgálatokban.

### *Predációs aktivitás változása urbanizációs gradiens mentén*

A városi ragadozókhöz köthető két fő hipotézis a 'predator relaxation' vagy 'safe habitat' hipotézis<sup>17</sup> és a 'predation proliferation' hipotézis<sup>18</sup>. A 'predator relaxation'/'safe habitat' hipotézis szerint a városokban az alacsonyabb ragadozó abundancia következtében kisebb mortalitás várható<sup>19</sup>. A zsákmányállatok több időt tudnak fordítani olyan alternatív tevékenységekre, mint a jobb minőségű táplálék keresése, eredményesebb utódgondozás, hatékonyabb védekezés a ragadozó ellen<sup>20,21</sup>. Megjegyzendő, hogy Gray növekvő zavarás hipotézise (increasing disturbance hypothesis)<sup>22</sup> szerint a rurál-urbán gradiens mentén fajszámcsökkenés várható és ezen hiányzó fajok között ragadozókat is találunk. Így a növekvő zavarás hipotézis szerint is alacsonyabb ragadozási rátákat fogunk találni a városi környezetben.

A második fő hipotézis a 'predation proliferation' hipotézis, ami szerint egyes ragadozók képesek adaptálódni a városi környezethez és így növelik egyedsűrűségüket<sup>18</sup>, aminek következtében a predációs nyomás a városi

környezetben a rurál élőhelyekhez képest megnő<sup>23</sup>. Ez az opportunistá ragadozók jelenlétéből adódik, melyek nem függenek a zsákmány denzitásának fluktuációjától (pl. vörös róka (*Vulpes vulpes*))<sup>24</sup>. Mivel az elérhető szakirodalom mind a 'predator relaxation', mind a 'predation proliferation' hipotézist igazolja, így fontos kutatási célkitűzés a ragadozás mintázatának rurál és városi élőhelyek közötti változásának tanulmányozása.

Célom az volt, hogy kimutassam: van-e általános mintázat a ragadozás változásában a rurál és városi élőhelyek között és ha igen, akkor az egyik, vagy a másik fő hipotézis nyer támogatást. Vizsgálataim során a szakirodalomban elérhető adatokat meta-analízis módszerével elemeztem, hogy a rurál és városi ragadozás általános mintázatában lévő különbségekre fényt derítsek.

#### *A ragadozás mértékének kvantifikálása műheryős vizsgálati módszerrel*

Az utóbbi néhány évtizedben egyre nagyobb figyelmet fordítanak az urbanizáció ragadozásra gyakorolt hatásainak kutatására. Azonban a vizsgálatok csupán 5%-a foglalkozott ragadozóként vagy zsákmányként ízeltlábúakkal, így az ízeltlábúak által gyakorolt és az ízeltlábúakra nehezedő predációs nyomás kísérletes vizsgálata rendkívül időszerű és hiánypótló.

A gerinctelen zsákmányállatokra gyakorolt predációs nyomás kvantifikálása bonyolult, mivel a támadások gyakran rejtettek és nehéz bizonyítékot találni a ragadozásra. A vizuális vagy kamerás megfigyelés összetett és drága, illetve a megfigyelő vagy a felszerelés jelenléte be-

folyásolhatja a ragadozó viselkedését<sup>25</sup>. A gyomortartalom elemzés vagy a zsákmány jelölése változó felbontású eredményeket produkál<sup>26</sup>. Ezen vizsgálatoknál különösen ügyelni kell a mintavétel során a keresztzennyezés megelőzésére, azonban ez nagyméretű minta esetén nem gazdaságos<sup>27</sup>.

A mesterségesen kihelyezett zsákmányt széles körben használják a ragadozás intenzitásának mérésére<sup>28</sup>. A "valós" zsákmány használata tagadhatatlanul nagyobb realitást hoz a vizsgálatokba, azonban a ragadozó azonosítása általában nem lehetséges<sup>28</sup>. Ezzel ellentétben, a mesterséges anyagból készült zsákmány a támadás során nem tűnik el és a hátrahagyott nyomok révén azonosíthatjuk a ragadozókat<sup>29</sup>. Ez a módszer kiválóan alkalmas különböző élőhelyek predációs nyomásának összehasonlítására<sup>29</sup>.

A kiválasztott vizsgálati helyszín (Szeged) specialitása, hogy a világ 50 legnagyobb városához<sup>30</sup> hasonlóan (kivéve Mexico City) vízpart mellett épült fel. Ennek ellenére, a városok ökológiáját vizsgáló kutatások általában nem foglalkoznak ezzel a fontos faktórral. A "természetes áramlási rendszerek" (natural flow regime) paradigmája alapján<sup>31,32</sup>, az extrém események (pl. árvizek) erős befolyásoló hatással bírnak az ártéri élőlényekre. Ezt is szem előtt tartva a következő hipotéziseket teszteltem:

- H1 – A nagy mértékű rendszeres árvizek olyan erős környezeti filterek, melyeket a városiasodás különböző hatásai nem képesek felülmúlni. Ezáltal, a vizsgált élőhelyen nem várok különbséget a predációs nyomásban az urbanizációs gradiens egyes szintjei között, mert mindegyik élőhelyen már csak a természetes extrém zavarásokhoz (árvizekhez) alkalmazkodott ragadozók fordulnak elő.

- H2 – A predációs nyomás az urbanizáltabb élőhelyeken alacsonyabb, mint a rurál élőhelyeken. A növekvő zavarás hipotézis<sup>22</sup> alapján a ragadozók abundanciája a fokozódó városiasodás hatására csökken és így a predációs nyomás is csökken.

- H3 – A madarak általi predációs nyomás a fészkelési időben maximalizálódik. A match/mismatch hipotézis<sup>33</sup> szerint a madarak reprodukív sikeressége akkor a legnagyobb, ha a szaporodásukat szinkronizálják az elérhető táplálék-csúccsal<sup>34</sup>, ami Magyarországon május közepe körül van<sup>35</sup>.

- H4 – A kisméretűek a vegetációs időszak végén fogják elérni a maximális predációs nyomásukat. A kisméretűek reprodukív ciklusa Európában télen minimális, és nyáron maximális, ennek következtében a populáció abundanciája ősszel lesz a legnagyobb<sup>36</sup>. Ezzel összhangban, az őszi időszakban várom a legnagyobb predációs nyomást.

## 2. Anyag és módszer

### *Predációs aktivitás változása urbanizációs gradiens mentén*

#### Releváns szakirodalom keresése és az adatbázis összeállítás

A keresést a teljes Web of Knowledge adatbázisban végeztem. Az alábbi keresőszavakat használtam: TOPIC: (urbanis\*) OR TOPIC: (urbaniz\*) (32,158 találat) ami után tovább szűrtem a keresés eredményét a REFINE (predat\*) AND (rural) paranccsal. Ez a szűrési folyamat

139 tanulmányt azonosított. Ezek irodalomjegyzékét átvizsgálva további 121 publikációt találtam, mely összeségében, a duplikációk kiszűrése után 246 szakcikket eredményezett. Ezen publikációk mindegyikét megvizsgáltam és a vizsgálataimhoz felhasználtam, ha 1) egyértelműen meghatározott rurál és városi élőhelyen végezték a vizsgálatokat és 2) megadták a ragadozási ráták átlagos értékeit. 25 tanulmányt találtam, mely a kritériumaimnak megfelelt.

A 25 tanulmányból, ami a szűrési feltételeknek megfelelt, az alábbi adatokat gyűjtöttem ki: a mintavétel helyszíne és időtartama, a zsákmány típusa, a préda kora, az azonosított ragadozók és a ragadozó azonosításának módja. A fő kigyűjtött változó a predációs ráta volt. Az átlagos predációs rátákat, azok varianciáját és a mintaszámot a szövegből gyűjtöttem ki, vagy az ábrák alapján számítottam, amennyiben lehetséges volt.

### Adatelemzés

Az urbanizáció predációs rátára gyakorolt hatás-nagyságának (effect size) kiszámításához két különböző módszert használtam, a standardizált átlagos különbséget (standardized mean difference (SMD))<sup>37</sup> és a nem standardizált átlagos különbséget (unstandardized mean difference (UMD), Armas és mtsai., 2004))<sup>38</sup>. Ugyan az SMD eredménye megbízhatóbb, azonban a 35 kinyert átlagértékből csupán 22-höz tartozott szórás és mintaszám, ami a SMD számításához szükséges, míg az UMD-hez elegendő csak az átlag önmagában, így több adatsort tart-hattam meg.

Először az UMD-t számítottam ki a relatív interakció intenzitás mutató (relative interaction intensity, RII) használatával<sup>38</sup>. A RII pozitív értékei magasabb predációs rátát mutatnak a rurál élőhelyen a városi környezethez képest, míg a negatívak az ellenkezőjét.

Az UMD egy hasznos index abban az esetben, ha a mérés skálája nem különbözik vizsgálatról vizsgálatra<sup>37</sup>. Ha a vizsgálati módszerek különbözőek, az SMD használata megfelelőbb. A Cohen's d az SMD értékének egyik becslése. Kis minta esetén a Cohen's d értékének kis mértékű torzítása van, így a hatásnagyság paraméter ( $\delta$ ) abszolút értékét túlbecsüli<sup>37</sup>. Ez a torzítás eltávolítható egy korrekcióval, ami a Hedges' g -t eredményezi<sup>39</sup>. A Hedges' g pozitív értékei magasabb predációs rátát jeleznek a rurál élőhelyeken a városiakhoz viszonyítva, a negatív értékek pedig az ellenkezőjét.

*A ragadozás mértékének kvantifikálása műhernyós vizsgálati módszerrel*

### Vizsgálati helyszín

Vizsgálataimat a Dél-Alföldön, Szegeden (46°15'N; 20°8'E), a Tisza és a Maros árterében végeztem. Mindkét folyó a Kárpátokból gyűjti a vizét és rendszeresen elöntik az árterüket (habár a vizsgálati időszak alatt ilyen esemény nem történt). Az árvizek kordában tartására a 19. században gátak közé szorították a folyókat. 1973-ban a Tisza-tó megépülésével a Tisza vízszintje még inkább szabályozhatóvá vált, mely a szegedi szakaszra is kihat, azonban a terepi viszonyoknak köszönhetően ez a hatás egységes Szegeden belül és a környező ártéri terüle-

teken is<sup>40</sup>. Az ártéri erdő a bal parton szinte folyamatos sávot alkot, míg a jobb parton fragmentáltabb, de a GLOBE-NET protokollnak megfelelően ki tudtam választani két urbanizációs gradienst<sup>41</sup>.

A terület növényzete fűz-nyár ligeterdőből (Saliceto-Populetum) eredeztethető, habár ez a növényzeti kép ma már csak nyomokban fellelhető, mivel az utóbbi néhány évtizedben két invazív fafaj<sup>42</sup>, a zöld juhar (*Acer negundo*) és az amerikai kőris (*Fraxinus pennsylvanica*) árasztotta el a területet.

### Kísérleti elrendezés

Az adatokat a vegetációs időszakban (május-október) gyűjtöttem 2014 és 2016 között. A kiválasztott mintahelyek a folyó mindkét partján rurál, szuburbán és városi területeket foglaltak magukba. A rurál környezettől a város irányába az épített környezet területének és a zavarás mértékének növekedését tapasztaltam.

A két urbanizációs gradiens mentén a mintahelyek közti átlagos távolság 5 km volt. Minden mintahelyen 4, egymástól minimum 10 méterre lévő mintavételi területet jelöltem ki. Ezek mindegyikén 12 fát választottam ki pseudo-random módon, figyelembe véve a fafajok arányát és a törzsátmérők eloszlását. Minden fa törzsére egy műhernyót helyeztem mellmagasságba, illetve a fától random irányba és távolságba (0-4 m) a talajra. A műhernyók (20 mm hosszúságú, 3 mm vastagságú) egy módosított fokhagymanyomóval készültek<sup>29</sup> zöld művészgyurmából (Smeedi plus, V. nr. 776609, Vilborg, Denmark). Ezt a mesterséges zsákmányt pillanatragasztóval (Pentack Su-

per Glue, Pentacolor, Budapest, Magyarország) rögzítettem a fa törzsén a kéregre, illetve a talajfelszínen egy arra alkalmas felületre (lehullott levél, ágdarab). A 24 órára kihelyezett mesterséges zsákmányon kézi nagyítóval (10 ×) kerestem a hátrahagyott nyomokat. A ragadozók azonosítását általában egyszerűen megtehettem a jellegzetes nyomaik alapján.

Az időbeli kérdések vizsgálata során tavasznak május és június hónapokat, nyárnak július és augusztus hónapokat, míg ősznek szeptember és október hónapokat tekintettem.

### Adatelemzés

A talajra és a fatörzsre kihelyezett műhernyókon észlelt ragadozási adatokat külön kezeltem.

Az adatok elemzésére általánosított lineáris vegyes modellt (GLMM)<sup>43,44</sup> használtam. Az urbanizációs stádiumot és az évszakot magyarázó változóként, míg a mintaterületet random tényezőként vontam be a modellbe.

A QQ ábra alapján az adataimra a lognormális eloszlás illet a legjobban, így a penalized quasi-likelihood (PQL) módszert alkalmazhattam. Az átlagok többszörös összehasonlítására Tukey tesztet használtam.

## **3. Eredmények és értékelésük**

### *Predációs aktivitás változása urbanizációs gradiens mentén*

Eredményeim azt mutatják, hogy a predációs ráták szignifikánsan magasabbak a rurál élőhelyeken, mint a városi környezetben, de a vizsgálatok túlnyomó többsége

egyféle zsákmánycsoportot, a madarakat, leginkább madárfészkekben lévő tojásokat és fiókákat vizsgált. Az egyéb taxonokra (emlősök, hüllők vagy gerinctelenek) gyakorolt predációs nyomást az alacsony mintaszám miatt nem tudtam érdemben vizsgálni, viszont a madarak adataihoz hozzáadva őket, nem kaptam szignifikáns különbséget a rurál és a városi élőhelyek predációs rátája között.

Eredményeim támogatják a 'predator relaxation' hipotézist<sup>17</sup> és a Gray féle növekvő zavarás hipotézist<sup>22</sup> is, bár számos fenntartással. Először, az adatbázis geográfiai torzítással terhelt, mivel az adatok többsége Észak-Amerikából származott úgy, hogy majdnem a felük egy amerikai államból, Ohioból. Másodszer, egy erős taxonómiai torzítást is tartalmazott, a legtöbb esetben madarakra gyakorolt predációt vizsgálták, azon belül is főleg a madárfészkeket és csak kevés tanulmány foglalkozott emlősökkel, hüllőkkel, gerinctelenekkel. Így az, hogy a 'predator relaxation' hipotézis érvényes-e minden taxonra, nem válaszolható meg teljes biztonsággal.

Elemzéseim bizonyítékot szolgáltatnak a csökkent predációs nyomásra városi környezetben, de nem rendelkezem megfelelő adatokkal a ragadozó közösségekre vonatkozóan, hogy meghatározhassam mi áll az alacsonyabb predációs ráták hátterében. A madár zsákmányállatokon kívül más taxonokra kevés adatot találtam, ráirányítva a figyelmet arra, hogy ezen zsákmányállatok vizsgálata szükséges a jövőben. Továbbá, szükség van átfogóbb vizsgálatokra, melyek egyszerre vizsgálják a ragadozót és a zsákmányt és így megérthetjük, hogy a városiasodás hogyan befolyásolja a trofikus folyamatokat és így a közösségek struktúráját.

### *A ragadozás mértékének kvantifikálása műhernyós vizsgálati módszerrel*

A vizsgált urbanizációs gradiens mentén, a rurál élőhelyektől a városi élőhelyek felé csökkenő predációs aktivitást tapasztaltam, kivéve a talajon aktív ízeltlábú ragadozókat (H2). Ez az eredmény összhangban van a korábbi kutatási eredményekkel<sup>45,46</sup> és nem utal arra, hogy a természetes extrém zavarások (árvizek) hatására zavarástűrő közösségek szerveződnenek, amelyekre az urbanizáció jelentette mesterséges zavarás ne lenne hatással (H1). Feltételezhető, hogy a lassabb, természetes zavarásokhoz alkalmazkodott fajok nem képesek megbirkózni a városiasodással együtt járó gyors folyamatokkal, zavarásokkal. A növekvő zavarás hipotézist eredményeim alátámasztják, azonban a talajon élő ízeltlábúak predációs aktivitási mintázatát Connell köztes zavarás hipotézise<sup>47</sup> magyarázza legjobban. A 'predation paradox' hipotézis<sup>23,45</sup> szintén magyarázatot adhat a városok irányába csökkenő predációs aktivitásra, azonban nincs átfogó információnk az egyes ragadozó csoportok abundanciájáról a különböző urbanizációs stádiumokban.

A futóbogarak (Coleoptera: Carabidae) az egyik legfontosabb talajfelszíni ízeltlábú ragadozó csoport a pókokkal és a hangyákkal egyetemben<sup>48,49</sup>. A korábbi tanulmányok többsége nem talált bizonyítékot arra, hogy a futóbogarak abundanciája a köztes zavarás hipotézis szerint alakulna<sup>50-52</sup>. Így, az eredményeimet figyelembe véve különbségek lehetnek a mozgási aktivitás (talajcsapda adatok alapján) és a táplálkozási aktivitás között ebben a csoportban. Mindazonáltal, ugyanezen a területen a vizsgálataim időpontjában végzett kutatás eredményei rámutatnak arra, hogy a pókok abundanciája hasonló mintázatot mutat

az általam tapasztalt predációs aktivitással, ami a köztes zavarás hipotézissel magyarázható<sup>53</sup>. Azonban, a futóbo-garak abundanciája a rurál élőhelyen volt a legmagasabb, a szuburbán területen közepes és a városi környezetben a legalacsonyabb (*Mizser, Sz.* (Debreceni Egyetem, Debrecen, Magyarország) személyes közlés, 2020.), ami nincs összhangban az általam tapasztalt predációs aktivitási mintázattal.

Tavasszal és nyáron a madarak esetén nagyobb predációs rátákat találtam, mint ősszel. Ez az eredmény megfelel a match/mismatch hipotézisnek<sup>33</sup> (H3), kivéve a nyáron is magas predációs aktivitást. Erre magyarázat lehet a frissen kirepült fiókák miatti ideiglenesen megnövekedett populáció denzitás. Emlősök esetén a nyár második fele volt a legaktívabb időszak a műhernyókon regisztrált nyomok alapján (H4). A reprodukciós időszakban megnövekedett fehérje igény<sup>54</sup> módosíthatja az emlősök táplálkozási szokásait, így étrendjükben ősszel, amikor a populáció egyedszáma eléri a maximumot, más, fehérjében szegényebb táplálék dominálhat (pl.: magvak, termések)<sup>55</sup>.

A mesterséges zsákmányokon mért globális átlagos predációs ráta 8,8%<sup>28</sup>, melynél én magasabb predációs rátákat találtam (összességében 14,6%, talajszinten 16,0%). A predációs aktivitás ugyan nem szignifikánsan, de folyamatosan növekszik az egyenlítőől a pólusok irányába<sup>28</sup>. Következésképpen az általam regisztrált predációs nyomás nem kimagaslóan magas érték. Talajszinten magasabb predációs rátákat mértem, ami korábbi eredményekkel szintén összhangba hozható<sup>28</sup>. A vártnak megfelelően a gerincesek általi predáció a műhernyókon (madarak és emlősök, 9,0% együttesen) magasabb volt, mint az

ízeltlábúak predációja (5,7%)<sup>28</sup>. Ugyanezt a mintázatot találtam talajszinten (gerinces predáció 13,8%, ízeltlábú predáció 2,6%), viszont fatörzsön éppen az ellenkezőjét (gerinces predáció 4,2%, ízeltlábú predáció 8,8%). A magasabb talajszint felletti ízeltlábú predáció különbözik a korábban közölt eredményektől<sup>28</sup>. Ez arra utalhat, hogy a kisemlősök magasabb predációs aktivitása olyan fajokhoz is köthető talajszinten, melyek futóbogarakkal és más talajon aktív ízeltlábúakkal is táplálkoznak és egymáshoz viszonyított abundanciájuk gyakran fordított arányban áll<sup>56</sup>.

Az nem egyértelmű, hogy az ártéri közösségben végbement változások azonosak-e a más városok erdei élőhelyein kimutatott élőhely-változásokkal. Ezt a potenciális problémát ugyanazon városban, ártéri és nem ártéri élőhelyek vizsgálatával lehetne feloldani. Ugyanakkor az urbanizáció predációs aktivitásra, predációs nyomásra kifejtet hatásait egyetlen taxonra vonatkozó vizsgálatok eredményei alapján nem lehet általánosítani, így több, különböző rendszertani csoporthoz tartozó ragadozó- és zsákmányszervezet időben és térben egyidejű vizsgálata a jövőbeni urbán-ökológiai vizsgálatokban elsőbbséget kell élvezzen<sup>45</sup>.

#### **4. Új tudományos eredmények**

##### *A predációs aktivitás változása urbanizációs gradiens mentén*

Rámutattam, hogy a madarak az egyetlen kellő mértékben kutatott zsákmánycsoport az urbanizációs vizsgálatokban. Eredményeim igazolták ezen csoport ragadozó-i esetében a növekvő zavarás hipotézist, miszerint a vá-

rosi környezetben csökkent predációs aktivitással találkozhatunk, azonban, ha az összes zsákmánycsoportra elérhető adatsorokat egyben vizsgáltam, a városi és a rurál predációs aktivitás között nem kaptam szignifikáns különbséget.

#### *A ragadozás mértékének kvantifikálása műhernyós vizsgálati módszerrel*

Eredményeim a műhernyókon rögzített ragadozási nyomok alapján a városközpontok irányába általánosan csökkenő, a növekvő zavarási hipotézisnek megfelelő ragadozási intenzitást mutattak ki mind talajszinten és mind fatörzseken. Hasonló szignifikáns mintázatot találtam a madarak esetén fatörzseken, az emlősök esetén talajon és az ízeltlábúak esetében fatörzseken, azonban ez utóbbi ragadozó csoport talajszinten a mérsékelt zavarás hipotézisnek megfelelő ragadozási aktivitási mintázatot mutatott, a szuburbán élőhelyeken szignifikánsan több ragadozási nyomot rögzítettem, mint a városi vagy a rurál élőhelyeken. Így ebben a csoportban különbségek lehetnek a mozgási aktivitás (talajcsapda adatok alapján) és a táplálkozási aktivitás között.

#### *A ragadozás szezonálisitása*

A madarak szezonális ragadozási aktivitása a match/mismatch hipotézisnek megfelelően a fészkelési időszakban volt a legmagasabb, azzal a kiegészítéssel, hogy a frissen kirepülő fiókákkal kiegészülő aktívan táplálkozó populáció fenntartotta ezt az aktivitási szintet a nyár végéig. Emlősök esetében, a várttal ellentétben nem

a populáció mérete, hanem elsősorban az adott életszakasznak megfelelő fehérjeigény befolyásolta a ragadozási aktivitást.

*Eredményeim a globális ragadozási mintázat tükrében*

Mintaterületemen a globális ragadozási mintázatokhoz hasonló értékeket rögzítettem. Egyedüli kivételként az ízeltlábúak talajszint felletti magasabb predációs aktivitása különbözik a korábban közölt eredményektől. Ennek háttérében a talajszinten nagy számban jelen lévő kisemlősök állhatnak, melyek futóbogarakkal és más talajon aktív ízeltlábúakkal is táplálkoznak, így indirekt módon csökkentve az ízeltlábúak predációs aktivitását talajszinten.





Nyilvántartási szám: DEENK/477/2021.PL  
Tárgy: PhD Publikációs Lista

Jelölt: Eötvös Csaba Béla  
Doktori Iskola: Juhász-Nagy Pál Doktori Iskola  
MTMT azonosító: 10046503

## A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények

### Idegen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (2)

1. **Eötvös, C. B.**, Lövei, G. L., Magura, T.: Predation Pressure on Sentinel Insect Prey Along a Riverside Urbanization Gradient in Hungary.  
*Insects*. 11 (2), 1-14, 2020. EISSN: 2075-4450.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/insects11020097>  
IF: 2.769
2. **Eötvös, C. B.**, Magura, T., Lövei, G. L.: A meta-analysis indicates reduced predation pressure with increasing urbanization.  
*Landsc. Urban Plan.* 180, 54-59, 2018. ISSN: 0169-2046.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2018.08.010>  
IF: 5.144

## További közlemények

### Magyar nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (4)

3. Paulin, M., Hirka, A., Mikó, Á., Tenorio-Baigorria, I., **Eötvös, C. B.**, Gáspár, C., Csóka, G.: A tölgy-csipkésposloska Magyarországon - helyzetkép 2019 őszén.  
*Növényvédelem*. 56 (6), 245-250, 2020. ISSN: 0133-0829.
4. Koltay, A., Fűrjes-Mikó, Á., Tenorio-Baigorria, I., **Eötvös, C. B.**, Horváth, L.: Erdő egészség állapot vizsgálatok a KASZÓ-LIFE projekt keretében.  
*Erdészettudományi Közlemények*. 10 (2), 97-108, 2020. ISSN: 2062-6711.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.17164/EK.2020.008>
5. Andrési, R., Janik, G., Fűrjes-Mikó, Á., **Eötvös, C. B.**, Tuba, K.: A bükkfatapló [*Fomes fomentarius* (L. ex. Fr.) Kickx.] bogárfaunisztikai vizsgálata Magyarországon.  
*Erdészettudományi Közlemények*. 8 (2), 71-82, 2018. ISSN: 2062-6711.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.17164/EK.2018.023>





6. **Eötvös, C. B.**, Horváth, L.: A szentai-erdő talajvízszint változásai a KASZÓ-LIFE projekt hatására. *Erdészettudományi Közlemények. 8* (2), 17-23, 2018. ISSN: 2062-6711.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.17164/EK.2018.018>

Idegen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (6)

7. **Eötvös, C. B.**, Hirka, A., Gimesi, L., Lövei, G. L., Gáspár, C., Csóka, G.: No Long-Term Decrease in Caterpillar Availability for Invertivorous Birds in Deciduous Forests in Hungary. *Forests. 12* (8), 1-10, 2021. EISSN: 1999-4907.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/f12081070>  
IF: 2.633 (2020)
8. Paulin, M., Hirka, A., Csepelényi, M., Fűrjes-Mikó, Á., Tenorio-Baigorria, I., **Eötvös, C. B.**, Gáspár, C., Csóka, G.: Overwintering mortality of the oak lace bug (*Corythucha arcuata*) in Hungary - a field survey. *Central European Forestry Journal. 67* (2), 108-112, 2021. EISSN: 2454-0358.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.2478/forj-2020-0024>
9. Valdés-Correcher, E., Moreira, X., Augusto, L., Barbaro, L., Bouget, C., Bouriaud, O., Branco, M., Centenaro, G., Csóka, G., Damestoy, T., Dobrosavljević, J., Duduman, M. L., Dulaurent, A. M., **Eötvös, C. B.**, Faticov, M., Ferrante, M., Fűrjes-Mikó, Á., Galmán, A., Gossner, M. M., Hampe, A., Harvey, D., Gordon Howe, A., Kadiri, Y., Kaennel-Dobbertin, M., Koricheva, J., Kozel, A., Kozlov, M. V., Lövei, G. L., Lupaștean, D., Milanović, S., Mrazova, A., Opgennoorth, L., Pitkänen, J. M., Popova, A., Popović, M., Prinzing, A., Quelo, V., Roslin, T. V., Sallé, A., Sam, K., Scherer-Lorenzen, M., Schuldt, A., Selikhovkin, A., Suominen, L., Tack, A. J. M., Tahadlová, M., Thomas, R., Castagneyrol, B.: Search for top-down and bottom-up drivers of latitudinal trends in insect herbivory in oak trees in Europe. *Glob. Ecol. Biogeogr. 30* (3), 651-665, 2021. ISSN: 1466-822X.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/geb.13244>  
IF: 7.144 (2020)
10. Castagneyrol, B., Valdés-Correcher, E., Bourdin, A., Barbaro, L., Bouriaud, O., Branco, M., Centenaro, G., Csóka, G., Duduman, M. L., Dulaurent, A. M., **Eötvös, C. B.**, Faticov, M., Ferrante, M., Fűrjes-Mikó, Á., Galmán, A., Gossner, M. M., Harvey, D., Howe, A. G., Kaennel-Dobbertin, M., Koricheva, J., Lövei, G. L., Lupaștean, D., Milanović, S., Mrazova, A., Opgennoorth, L., Pitkänen, J. M., Popović, M., Roslin, T. V., Scherer-Lorenzen, M., Sam, K., Tahadlová, M., Thomas, R., Tack, A. J. M.: Can School Children Support Ecological Research?: Lessons from the Oak Bodyguard Citizen Science Project. *Citizen Science: Theory and Practice. 5* (1), 1-11, 2020. EISSN: 2057-4991.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.5334/cstp.267>





11. Paulin, M., Hirka, A., **Eötvös, C. B.**, Gáspár, C., Fűrjes-Mikó, Á., Csóka, G.: Known and predicted impacts of the invasive oak lace bug (*Corythucha arcuata*) in European oak ecosystems: a review.  
*Folia Oecologica*. 47 (2), 131-139, 2020. ISSN: 1336-5266.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.2478/foecol-2020-0015>
12. Csóka, G., Hirka, A., Mutun, S., Glavendekić, M., Mikó, Á., Szócs, L., Paulin, M., **Eötvös, C. B.**, Gáspár, C., Csepelényi, M., Szénási, Á., Franjević, M., Gninenko, Y., Dautbašić, M., Muzejinović, O., Zúbrík, M., Netoiu, C., Buzatu, A., Bălăcenoiu, F., Jurc, M., Jurc, D., Bernardinelli, I., Streito, J. C., Avtziš, D., Hrašovec, B.: Spread and potential host range of the invasive oak lace bug [*Corythucha arcuata* (Say, 1832) - Heteroptera: Tingidae] in Eurasia.  
*Agric. For. Entomol.* 22 (1), 61-74, 2019. ISSN: 1461-9555.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/afe.12362>  
IF: 1.885

Magyar nyelvű absztrakt kiadványok (2)

13. Paulin, M., Hirka, A., Kern, A., Mikó, Á., Tenorio-Baigorria, I., **Eötvös, C. B.**, Gáspár, C., Csóka, G.: A tölgycsipkésposloska Magyarországon - helyzetjelentés 2019 őszén.  
In: Növényvédelmi Tudományos Napok 2020. Szerk.: Haltrich Attila, Varga Ákos, Magyar Növényvédelmi Társaság, Budapest, 31, 2020.
14. **Eötvös, C. B.**, Lövei, G. L.: Ragadozó csoportok nyomainak elkülönítése műheryós kísérletekben.  
In: Szünzoológiai Szimpózium : Programfüzet, Előadások és poszterek összefoglalói. Szerk.: Kőrösi Ádám, Magyar Ökológusok Tudományos Egyesülete, Szeged, 15, 2013.

Idegen nyelvű absztrakt kiadványok (1)

15. **Eötvös, C. B.**, Lövei, G. L., Magura, T.: Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) react differently to urbanization than other predator groups in a riparian forest in southern Hungary.  
*ARPHA Conference Abstracts*. 2, 1-2, 2019. EISSN: 2603-3925.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.3897/aca.2.e38886>

**A közlő folyóiratok összesített impakt faktora: 19,575**

**A közlő folyóiratok összesített impakt faktora (az érkekezés alapjául szolgáló közleményekre):**

**7,913**

A DEENK a Jelölt által az iDEa Tudóstérbe feltöltött adatok bibliográfiai és tudománymetriai ellenőrzését a tudományos adatbázisok és a Journal Citation Reports Impact Factor lista alapján elvégezte.

Debrecen, 2021.10.27.





Short thesis for the degree of doctor of philosophy (PhD)

# Effects of urbanization on predation activity

by Csaba Béla Eötvös

Supervisor: Tibor Magura DSc



UNIVERSITY OF DEBRECEN  
Juhász-Nagy Pál Doctoral School

Debrecen, 2021



## 1. Introduction and objectives

Cities have largely destroyed their natural environment during their development<sup>1</sup> and today urbanization has become one of the fastest environmental shaping processes<sup>2</sup>. From natural areas outside the city to the city centres, the original habitat occupies a smaller and smaller area, the road network is denser, and an increasing area is covered by artificial surfaces. The wildlife of the area affected by urbanization changes significantly as a result of the above factors<sup>3,4</sup>, and a reorganization of biodiversity can be observed<sup>5,6</sup>. In addition, new sources of mortality appear, such as xenobiotics, collisions with buildings and vehicles, electric shocks, and the emergence of new predators<sup>7</sup>. Although urbanization is not necessarily associated with a reduction in taxonomic diversity or species richness<sup>8</sup>, habitat specialists are almost always absent from the urban environment<sup>9,10</sup> and as a result, functional diversity may decrease<sup>11</sup>.

The effects of urbanization can be studied along a gradient. There are two ends of the gradient, one is the natural habitat or rural area, and the other is the densely populated city centre dominated by houses and roads<sup>12</sup>. Transitional habitats can be categorized as: disturbed but natural environment close to natural habitat, cultivated landscape with farmland, and suburban habitat with smaller residential buildings, roads, gardens, and parks<sup>12</sup>. The urban environment is very similar worldwide, but the natural habitats around them are diverse, so the impact of urbanization may vary<sup>13</sup>.

The results of the early studies of urbanization were followed by the development of standardized protocols, such as the GLOBENET project<sup>14</sup>. The results of research conducted in different locations are surprisingly similar, with a decrease in both the abundance and diversity in urban habitats compared to the surrounding rural habitats<sup>15,16</sup>. In addition to the study of structural changes, the direct study of various ecological functions provides useful additional information in urbanization studies.

### *Change in predation activity along urbanization gradient*

The two main hypotheses related to urban predators are predator relaxation or safe habitat hypothesis<sup>17</sup> and predation proliferation hypothesis<sup>18</sup>. According to predator relaxation/ safe habitat hypothesis lower mortality is expected in cities due to lower predator abundance<sup>19</sup> so prey animals can spend more time on alternative activities such as finding better quality food, more effective offspring care and more effective control of predators<sup>20,21</sup>. It should be noted that according to Gray's increasing disturbance hypothesis<sup>22</sup>, decline of the number of species is expected along the rural-urban gradient, and predators are also found among these missing species. Thus, under the increasing disturbance hypothesis, we will also find reduced predation rates in the urban environment.

The second main hypothesis is the predation proliferation hypothesis, according to which some predators are able to adapt to the urban environment and thus increase their abundance<sup>18</sup>, resulting in increased predation pressure in the urban environment compared to rural habitats<sup>23</sup>. This is due to the presence of opportunistic predators from fluctuations in prey density (e.g., red fox (*Vulpes*

*vulpes*))<sup>24</sup>. As the available literature supports both the “predator relaxation” and the “predation proliferation” hypotheses, an important research goal is to study the changes in the pattern of predation between rural and urban habitats.

My aim was to show whether there is a general pattern in the change in predation between rural and urban habitats and if so, one or the other main hypothesis is supported. In my research, I analysed the data available in the literature using a method of meta-analysis to show the differences in the general pattern of rural and urban predation.

#### *Quantification of the degree of predation pressure with dummy caterpillars*

In the last few decades, more and more attention has been paid to researching the effects of urbanization on predation. However, only 5% of the studies dealt with arthropods as predators or prey, so the experimental study of predation pressure exerted by arthropods and predation pressure on arthropods is extremely timely and fills a gap.

Quantifying predation pressure on invertebrate prey animals is complicated because attacks are often hidden and difficult to find evidence. Visual or camera observation is complex and expensive, and the presence of an observer or equipment can affect predator behaviour<sup>25</sup>. Gut content analysis or prey-labelling produces results with varying resolutions<sup>26</sup>. In these studies, special care should be taken to prevent cross-contamination during sampling, but this is not economical for large sample<sup>27</sup>.

Artificial prey is widely used to measure the intensity of predation<sup>28</sup>. The use of “real” prey undeniably brings more reality to the tests, but it is usually not possible to identify the attacking predator<sup>28</sup>. In contrast, artificial prey does not disappear during an attack and predators can be identified by traces left behind<sup>29</sup>. This method is excellent for comparing predation pressures in different habitats<sup>29</sup>.

The specialty of the selected study site is that, like the 50 largest cities in the world<sup>30</sup> (excluding Mexico City), it was built next to a water. Nevertheless, research on urban ecology does not usually address this important factor. Based on the paradigm of natural flow systems<sup>31,32</sup>, extreme events (e.g. floods) have a strong filtering effect on floodbed organisms. With this in mind, I tested the following hypotheses:

- H1 – The drastic, frequent floods constitute such a powerful environmental filter that other effects of urbanization are overwritten. Thus, there would be no difference in predation pressure along the gradient because floods equally affect all stages of the urbanization gradient.

- H2 – Predation rates are lower in more urbanized habitats than in the rural ones. According to the increasing disturbance hypothesis<sup>22</sup>, predator abundance decreases with advancing urbanization, and thus predation would also decrease.

- H3 – Bird predation will show a peak during breeding time. According to the match/mismatch hypothesis<sup>33</sup> the reproductive success of birds is maximized when they synchronize their reproduction with the peak of the food supply<sup>34</sup>, around mid-May in Hungary<sup>35</sup>.

- H4 – Predation by small mammals will peak at the end of the growing season. The reproductive cycle of small mammals in Europe shows its minimum in winter and its maximum in summer, producing the lowest population abundance in spring and summer, while the highest population abundances are in autumn and winter<sup>36</sup>. Consequently, we can expect the highest predation activity by small mammals during the autumn study period.

## **2. Materials and methods**

### *Change in predation activity along urbanization gradient*

#### Search for relevant literature and compile the database

I conducted a search of the Web of Knowledge database. I used the following search terms: TOPIC: (urbanis\*) OR TOPIC: (urbaniz\*) (32,158 results) after which I further filtered the search results with the REFINE (predat\*) AND (rural) command. This screening process identified 139 studies. Examining the bibliography of these, I found an additional 121 publications, which resulted in a total of 246 articles after filtering out duplications. I examined each of these publications and used them for my studies if 1) they conducted their studies in clearly defined rural and urban habitats and 2) they provided average values of predation rates. I found 25 studies that met my criteria.

From the 25 studies that met the screening criteria, I collected the following data: location and duration of sampling, type of prey, age of prey, identified predators, and method of predator identification. The main variable collected was the predation rate. Mean predation rates,

their variance, and sample size were collected from the text or calculated from the figures if possible.

### Data analysis

To calculate the effect size of urbanization on the predation rate, I used two different methods, the standardized mean difference (SMD)<sup>37</sup>, and the unstandardized mean difference (UMD)<sup>38</sup>. Although the result of the SMD is more reliable, out of 35 averaged values, only 22 had the variance and sample size required to calculate the SMD, while for the UMD only the average predation rate alone was sufficient, so I was able to keep more data sets.

I first calculated the UMD using the relative interaction intensity index (RII)<sup>38</sup>. Positive values of RII show a higher predation rate in the rural habitat compared to the urban environment, while negative ones show the opposite.

The UMD is a useful index if the scale of measurement does not differ from test to test<sup>37</sup>. If the test methods are different, the use of SMD is more appropriate. Cohen's *d* is one estimate of the value of SMD. In the case of a small sample, the value of Cohen's *d* has a small distortion, so it overestimates the absolute value of the effect size parameter ( $\delta$ )<sup>37</sup>. This distortion can be removed by a correction resulting in Hedges' *g*<sup>39</sup>. Positive values of Hedges' *g* indicate a higher predation rate in rural habitats compared to urban ones, while negative values show the opposite.

### *Quantification of the degree of predation pressure with dummy caterpillars*

#### Location

I carried out my research in the Southern Great Plain, around Szeged (46° 15' N; 20° 8' E), in the floodbeds of the Tisza and Maros. Both rivers collect water from the Carpathians and regularly flood their floodbeds (although no such event occurred during the study period). To control floods, rivers were squeezed into dams in the 19th century. With the construction of Lake Tisza in 1973, the water level of the Tisza became even more controllable, which also affects the floodbed around Szeged. Due to the field conditions this effect is uniform within Szeged and in the surrounding floodbed areas<sup>40</sup>. The floodbed forest on the left bank is almost continuous, while on the right bank it is more fragmented, but according to the GLOBENET protocol I was able to select two urbanization gradients<sup>41</sup>.

The vegetation of the area can be traced back to a willow-poplar grove (Saliceto-Populetum), although this vegetation can now only be found in traces, as two invasive tree species<sup>42</sup>, green maple (*Acer negundo*) and American ash (*Fraxinus pennsylvanica*) have been invaded in the last few decades the floodbed.

### Experimental setup

Data were collected during the vegetation period (May-October) between 2014 and 2016. The selected sample sites included rural, suburban, and urban areas on both banks of the river. From the rural environment to the city centre, I experienced an increase in the area of the built environment and the degree of disturbance.

The average distance between the sample sites along the two urbanization gradients was 5 km. At each sampling site, I selected 4 sampling areas at least 10 meters apart. For each of these, I selected 12 trees in a pseudo-

random manner, taking into account the proportion of tree species and the distribution of trunk diameters. For each tree trunk, I placed one dummy caterpillar at breast height and one at random direction and distance (0-4 m) from the tree to the ground. The artificial caterpillars (20 mm long, 3 mm thick) were made with a modified garlic press<sup>29</sup> from green plasticine (Smeedi plus, V. nr. 776609, Vilborg, Denmark). I fixed this artificial prey with superglue (Pentack Super Glue, Pentacolor, Budapest, Hungary) on the bark of the tree and on a suitable surface (fallen leaf, branch) on the ground level. I searched for the traces left on the dummy caterpillars after 24 hours with a hand magnifier (10 ×). I was usually able to easily identify predators based on their characteristic traces.

In examining temporal issues, I considered May and June to be spring, July and August to be summer, and September and October to be autumn.

### Data analysis

Predation data observed on artificial caterpillars placed on ground level and tree trunks were analysed separately.

I used a generalized linear mixed model (GLMM)<sup>43,44</sup> to analyse the data. I included the urbanization stage and the season as a fixed effects, while the sample area was included in the model as a random factor.

Based on the QQ plot, the lognormal distribution fit best for my data, so I was able to use the penalized quasi-likelihood (PQL) method. I used Tukey's test for multiple comparisons.

### 3. Results and discussion

#### *Change in predation activity along urbanization gradient*

My results show that predation rates were significantly higher in rural habitats than in urban environments, but the vast majority of studies examined one type of prey group, birds, mostly eggs and chicks in bird nests. The predation pressure on other taxa (mammals, reptiles, or invertebrates) could not be analysed due to the small sample size, but when added to the bird data sets, I did not get a significant difference between the predation rate of rural and urban habitats.

My results also support the predator relaxation hypothesis<sup>17</sup> and Gray's increasing disturbance hypothesis<sup>22</sup>, however the database is burdened with geographical bias, as most of the data came from North America, with almost half of them from an American state, Ohio. The database also included a strong taxonomic bias, with predation on birds being studied in most cases, including mainly bird nests and few studies dealing with mammals, reptiles and invertebrates. Thus, whether the predator relaxation hypothesis applies to all taxa cannot be answered with complete certainty.

My analysis provide evidence for reduced predation pressure in urban settings, but I do not have sufficient data on predator communities to determine what is behind the lower predation rates. I have found little data on taxa other than bird of prey, drawing attention to the need to study these prey in the future. Furthermore, there is a need for more comprehensive studies that examine predators and prey at the same time so that we can understand how

urbanization affects trophic processes and thus community structure.

*Quantification of the degree of predation pressure with dummy caterpillars*

Along the studied urbanization gradient, I observed decreasing predation activity from rural habitats to urban habitats, except for ground level active arthropod predators (H2). This result is consistent with previous studies<sup>45,46</sup> and does not suggest that disturbance-tolerant communities would be organized as a result of natural extreme disturbances (floods) that would be demonstrably affected by the artificial disturbance caused by urbanization (H1). It can be assumed that species that have adapted to slower natural disturbances are not able to cope with the rapid processes and disturbances associated with urbanization. The increasing disturbance hypothesis is supported by my results, however, the predation activity pattern of arthropods living on ground level is best explained by Connell's intermediate disturbance hypothesis<sup>47</sup>. The predation paradox hypothesis<sup>23,45</sup> may also explain the decreasing predation activity towards cities, however, we do not have comprehensive information on the abundance of individual predator groups at different stages of urbanization.

Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) are one of the most important terrestrial arthropod predator groups along with spiders and ants<sup>48,49</sup>. Most of the previous studies have found no evidence that ground beetle abundance is changed according to the intermediate disturbance hypothesis<sup>50-52</sup>. Thus, considering my results, there may be differences between movement activity (based on pitfall

trap data) and foraging activity in this group. Nevertheless, the results of research in the same area at the time of my studies suggest that spider abundance shows a similar pattern to the predation activity I experienced, which can be explained by the intermediate disturbance hypothesis<sup>53</sup>. However, ground beetle abundance was highest in the rural habitat, medium in the suburban and the lowest in the urban environment (Mizser, S. (University of Debrecen, Debrecen, Hungary) personal communication, 2020.), which is not in line with the pattern of predation activity I experienced.

I found higher predation rates for birds in spring and summer than in autumn. This result corresponds to the match / mismatch hypothesis<sup>33</sup> (H3), except for high predation activity even in summer. This may be explained by the temporarily increased population density due to freshly fled chicks. In the case of mammals, the second half of the summer was the most active period based on traces recorded on dummy caterpillars (H4). Increased protein demand during the reproductive period<sup>54</sup> may modify mammalian eating habits, so in their diet in the fall, when the population reaches a maximum, other, protein-poor foods may dominate (e.g., seeds, fruits)<sup>55</sup>.

The global average predation rate measured on artificial prey was 8.8%<sup>28</sup>, at which I found higher predation rates (14.6% overall, 16.0% at ground level). Although the predation activity does not increase significantly, it continuously increases from the equator in the direction of the poles<sup>28</sup>. Consequently, the predation pressure I registered is not extremely high. At the ground level, I measured higher predation rates, which can also be reconciled with previous results<sup>28</sup>. As expected, predation by vertebrates

on arthropods (birds and mammals, 9.0% combined) was higher than predation by arthropods (5.7%)<sup>28</sup>. I found the same pattern at ground level (vertebrate predation 13.8%, arthropod predation 2.6%), but the opposite on tree trunk (vertebrate predation 4.2%, arthropod predation 8.8%). Arthropod predation above ground level differs from previously reported results<sup>28</sup>. This may suggest that higher predation activity by small mammals can also be attributed to species that feed on ground beetles and other arthropods active on ground level and their abundance often show a negative relationship<sup>56</sup>.

It is not clear whether the changes that have taken place in the floodbed community are the same as the changes in habitats observed in the forested habitats of other cities. This potential problem could be solved in the same city by examining floodbed and non-floodbed habitats. However, the effects of urbanization on predation activity and predation pressure cannot be generalized on the basis of the results of studies on a single taxon, so simultaneous study of predators and prey organisms belonging to different taxonomic groups at the same time and space should be a priority in future urban ecological studies<sup>45</sup>.

#### **4. New scientific results**

##### *Change in predatory activity along urbanization gradient*

I highlighted that birds are the only adequately researched prey group in urbanization studies. My results confirmed the increasing disturbance hypothesis in the case of predators of this group, according to which we can

encounter reduced predation activity in the urban environment, however, if I examined the data sets available for all prey groups, I did not find significant difference between urban and rural predation activity.

### *Quantification of the degree of predation pressure with dummy caterpillars*

My results, based on traces of predation recorded on dummy caterpillars, showed a generally decreasing predation intensity towards city centres, consistent with increasing disturbance hypothesis, at both ground level and tree trunks. I found a similar significant pattern in birds on tree trunks, in mammals on soil, and in arthropods on tree trunks, however, the latter predator group showed a pattern of predation activity at ground level consistent with the intermediate disturbance hypothesis, I recorded significantly more traces of predation on dummy caterpillars in suburban habitats than in urban and rural habitats. Thus, there may be differences between movement activity (based on pitfall trap data) and foraging activity in this group.

### *Seasonality of predation*

According to the match / mismatch hypothesis, the seasonal predatory activity of birds was highest during the nesting period, with the addition that the actively feeding population supplemented with freshly hatched chicks maintained this level of activity until the end of summer. In the case of mammals, contrary to expectations, it was not the size of the population but primarily the protein requirement for a given life stage that influenced the predatory activity.

*My results in light of the global predation pattern*

In my study area, I recorded values similar to global predation patterns. The only exception is the higher predation activity of arthropods above ground level, which differs from the previously reported results. This may be due to the large number of small mammals present at the ground level, which also feed on ground beetles and other ground-active arthropods, thus indirectly reducing the predation activity of the arthropods at ground level.



Registry number: DEENK/477/2021.PL  
Subject: PhD Publication List

Candidate: Csaba Béla Eötvös

Doctoral School: Pál Juhász-Nagy Doctoral School of Biology and Environmental Sciences

MTMT ID: 10046503

### List of publications related to the dissertation

#### Foreign language scientific articles in international journals (2)

1. **Eötvös, C. B.**, Lövei, G. L., Magura, T.: Predation Pressure on Sentinel Insect Prey Along a Riverside Urbanization Gradient in Hungary.  
*Insects*. 11 (2), 1-14, 2020. EISSN: 2075-4450.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/insects11020097>  
IF: 2.769
2. **Eötvös, C. B.**, Magura, T., Lövei, G. L.: A meta-analysis indicates reduced predation pressure with increasing urbanization.  
*Landsc. Urban Plan.* 180, 54-59, 2018. ISSN: 0169-2046.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2018.08.010>  
IF: 5.144

### List of other publications

#### Hungarian scientific articles in Hungarian journals (4)

3. Paulin, M., Hirka, A., Mikó, Á., Tenorio-Baigorria, I., **Eötvös, C. B.**, Gáspár, C., Csóka, G.: A tölgycsipkéspoloska Magyarországon - helyzetkép 2019 őszén.  
*Növényvédelem*. 56 (6), 245-250, 2020. ISSN: 0133-0829.
4. Koltay, A., Fűrjes-Mikó, Á., Tenorio-Baigorria, I., **Eötvös, C. B.**, Horváth, L.: Erdő egészség állapot vizsgálatok a KASZÓ-LIFE projekt keretében.  
*Erdészettudományi Közlemények*. 10 (2), 97-108, 2020. ISSN: 2062-6711.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.17164/EK.2020.008>
5. Andrési, R., Janik, G., Fűrjes-Mikó, Á., **Eötvös, C. B.**, Tuba, K.: A bükkfatapló [*Fomes fomentarius* (L. ex. Fr.) Kickx.] bogárfaunisztikai vizsgálata Magyarországon.  
*Erdészettudományi Közlemények*. 8 (2), 71-82, 2018. ISSN: 2062-6711.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.17164/EK.2018.023>





6. **Eötvös, C. B.**, Horváth, L.: A szentai-erdő talajvízszint változásai a KASZÓ-LIFE projekt hatására. *Erdészettudományi Közlemények*. 8 (2), 17-23, 2018. ISSN: 2062-6711.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.17164/EK.2018.018>

Foreign language scientific articles in international journals (6)

7. **Eötvös, C. B.**, Hirka, A., Gimesi, L., Lövei, G. L., Gáspár, C., Csóka, G.: No Long-Term Decrease in Caterpillar Availability for Invertivorous Birds in Deciduous Forests in Hungary. *Forests*. 12 (8), 1-10, 2021. EISSN: 1999-4907.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/f12081070>  
IF: 2.633 (2020)
8. Paulin, M., Hirka, A., Csepelényi, M., Fűrjes-Mikó, Á., Tenorio-Baigorria, I., **Eötvös, C. B.**, Gáspár, C., Csóka, G.: Overwintering mortality of the oak lace bug (*Corythucha arcuata*) in Hungary - a field survey. *Central European Forestry Journal*. 67 (2), 108-112, 2021. EISSN: 2454-0358.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.2478/forj-2020-0024>
9. Valdés-Correcher, E., Moreira, X., Augusto, L., Barbaro, L., Bouget, C., Bouriaud, O., Branco, M., Centenaro, G., Csóka, G., Damestoy, T., Dobrosavljević, J., Duduman, M. L., Dulaurent, A. M., **Eötvös, C. B.**, Faticov, M., Ferrante, M., Fűrjes-Mikó, Á., Galmán, A., Gossner, M. M., Hampe, A., Harvey, D., Gordon Howe, A., Kadiri, Y., Kaennel-Dobbertin, M., Koricheva, J., Kozel, A., Kozlov, M. V., Lövei, G. L., Lupaștean, D., Milanović, S., Mrazova, A., Opgennoorth, L., Pitkänen, J. M., Popova, A., Popović, M., Prinzing, A., Queloz, V., Roslin, T. V., Sallé, A., Sam, K., Scherer-Lorenzen, M., Schuldt, A., Selikhovkin, A., Suominen, L., Tack, A. J. M., Tahadlová, M., Thomas, R., Castagneyrol, B.: Search for top-down and bottom-up drivers of latitudinal trends in insect herbivory in oak trees in Europe. *Glob. Ecol. Biogeogr.* 30 (3), 651-665, 2021. ISSN: 1466-822X.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/geb.13244>  
IF: 7.144 (2020)
10. Castagneyrol, B., Valdés-Correcher, E., Bourdin, A., Barbaro, L., Bouriaud, O., Branco, M., Centenaro, G., Csóka, G., Duduman, M. L., Dulaurent, A. M., **Eötvös, C. B.**, Faticov, M., Ferrante, M., Fűrjes-Mikó, Á., Galmán, A., Gossner, M. M., Harvey, D., Howe, A. G., Kaennel-Dobbertin, M., Koricheva, J., Lövei, G. L., Lupaștean, D., Milanović, S., Mrazova, A., Opgennoorth, L., Pitkänen, J. M., Popović, M., Roslin, T. V., Scherer-Lorenzen, M., Sam, K., Tahadlová, M., Thomas, R., Tack, A. J. M.: Can School Children Support Ecological Research?: Lessons from the Oak Bodyguard Citizen Science Project. *Citizen Science: Theory and Practice*. 5 (1), 1-11, 2020. EISSN: 2057-4991.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.5334/cstp.267>





11. Paulin, M., Hirka, A., **Eötvös, C. B.**, Gáspár, C., Fűrjes-Mikó, Á., Csóka, G.: Known and predicted impacts of the invasive oak lace bug (*Corythucha arcuata*) in European oak ecosystems: a review.  
*Folia Oecologica*. 47 (2), 131-139, 2020. ISSN: 1336-5266.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.2478/foecol-2020-0015>
12. Csóka, G., Hirka, A., Mutun, S., Glavendekić, M., Mikó, Á., Szőcs, L., Paulin, M., **Eötvös, C. B.**, Gáspár, C., Csepelényi, M., Szénási, Á., Franjević, M., Gninenko, Y., Dautbašić, M., Muzejinović, O., Zúbrík, M., Netoiu, C., Buzatu, A., Bălăcenoiu, F., Jurc, M., Jurc, D., Bernardinelli, I., Streito, J. C., Avtziš, D., Hrašovec, B.: Spread and potential host range of the invasive oak lace bug [*Corythucha arcuata* (Say, 1832) - Heteroptera: Tingidae] in Eurasia.  
*Agric. For. Entomol.* 22 (1), 61-74, 2019. ISSN: 1461-9555.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/afe.12362>  
IF: 1.885

#### Hungarian abstracts (2)

13. Paulin, M., Hirka, A., Kern, A., Mikó, Á., Tenorio-Baigorria, I., **Eötvös, C. B.**, Gáspár, C., Csóka, G.: A tölgycsipkésposolka Magyarországon - helyzetjelentés 2019 őszén.  
In: Növényvédelmi Tudományos Napok 2020. Szerk.: Haltrich Attila, Varga Ákos, Magyar Növényvédelmi Társaság, Budapest, 31, 2020.
14. **Eötvös, C. B.**, Lövei, G. L.: Ragadozó csoportok nyomainak elkülönítése műheryós kísérletekben.  
In: Szünzoológiai Szimpózium : Programfüzet, Előadások és poszterek összefoglalói. Szerk.: Kőrösi Ádám, Magyar Ökológusok Tudományos Egyesülete, Szeged, 15, 2013.

#### Foreign language abstracts (1)

15. **Eötvös, C. B.**, Lövei, G. L., Magura, T.: Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) react differently to urbanization than other predator groups in a riparian forest in southern Hungary.  
*ARPHA Conference Abstracts*. 2, 1-2, 2019. EISSN: 2603-3925.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.3897/aca.2.e38886>

**Total IF of journals (all publications): 19,575**

**Total IF of journals (publications related to the dissertation): 7,913**

The Candidate's publication data submitted to the iDEa Tudóster have been validated by DEENK on the basis of the Journal Citation Report (Impact Factor) database.



## Irodalomjegyzék/References

1. Redman CL. *Human impact on ancient environments*. The University of Arizona Press; 1999.
2. United Nations. *World Urbanization Prospects: The 2018 Revision.*; 2018. Elérés október 26., 2021.  
<https://esa.un.org/unpd/wup/publications/Files/WUP2018-KeyFacts.pdf>
3. McDonnell MJ, Pickett STA, Groffman P, és mtsai. Ecosystem processes along an urban-to-rural gradient. *Urban Ecosyst.* 1997;1(1):21–36. doi:10.1023/A:1014359024275
4. Niemelä J. Ecology and urban planning. *Biodivers Conserv.* 1999;8(1):119–131. doi:10.1023/A:1008817325994
5. Stracey CM, Robinson SK. Does nest predation shape urban bird communities? In: *Urban Bird Ecology and Conservation*. University of California Press; 2012:49–70. doi:10.1525/california/9780520273092.003.0004
6. Magura T, Lövei GL, Tóthmérész B. Conversion from environmental filtering to randomness as assembly rule of ground beetle assemblages along an urbanization gradient. *Sci Rep.* 2018;8(1):16992. doi:10.1038/s41598-018-35293-8

7. Newton I. *Population limitation in birds*. Academic Press; 1998.
8. Magura T, Lövei GL, Tóthmérész B. Does urbanization decrease diversity in ground beetle (Carabidae) assemblages? *Glob Ecol Biogeogr*. 2010;19(1):16–26. doi:10.1111/j.1466-8238.2009.00499.x
9. Liker A, Papp Z, Bókony V, Lendvai ÁZ. Lean birds in the city: body size and condition of house sparrows along the urbanization gradient. *J Anim Ecol*. 2008;77(4):789–795. doi:10.1111/j.1365-2656.2008.01402.x
10. Lövei GL, Magura T, Tóthmérész B, Ködöböcz V. The influence of matrix and edges on species richness patterns of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) in habitat islands. *Glob Ecol Biogeogr*. 2006;15(3):283–289. doi:10.1111/j.1466-8238.2005.00221.x
11. Sacco AG, Rui AM, Bergmann FB, és mtsai. Reduction in taxonomic and functional bird diversity in an urban area in Southern Brazil. *Iheringia Série Zool*. 2015;105(3):276–287. doi:10.1590/1678-476620151053276287
12. Forman RTT, Gordon M. *Landscape Ecology*. John Wiley and Sons Ltd.; 1986.
13. Villarroel Walker R, Beck MB. Understanding the metabolism of urban-rural ecosystems: A multi-

sectoral systems analysis. *Urban Ecosyst.* 2012;15(4):809–848. doi:10.1007/s11252-012-0241-8

14. Niemelä J, Kotze J, Ashworth A, és mtsai. The search for common anthropogenic impacts on biodiversity: A global network. *J Insect Conserv.* 2000;4(1):3–9. doi:10.1023/A:1009655127440
15. Niemelä J, Kotze DJ. Carabid beetle assemblages along urban to rural gradients: A review. *Landsc Urban Plan.* 2009;92(2):65–71. doi:10.1016/j.landurbplan.2009.05.016
16. Ishitani M, Kotze DJ, Niemelä J. Changes in carabid beetle assemblages across an urban-rural gradient in Japan. *Ecography (Cop).* 2003;26(4):481–489. doi:10.1034/j.1600-0587.2003.03436.x
17. Noske RA. Breeding biology, demography and success of the rufous-banded honeyeater, *Conopophila albogularis*, in Darwin, a monsoonal tropical city. *Wildl Res.* 1998;25(4):339. doi:10.1071/WR97070
18. Sorace A. High density of bird and pest species in urban habitats and the role of predator abundance. *Ornis Fenn.* 2002;79:60–71.
19. Gering JC, Blair RB. Predation on artificial bird nests along an urban gradient: predatory risk or relaxation in urban environments? *Ecography*

- (*Cop*). 1999;22(5):532–541. doi:10.1111/j.1600-0587.1999.tb01283.x
20. Valcarcel A, Fernández-Juricic E. Antipredator strategies of house finches: are urban habitats safe spots from predators even when humans are around? *Behav Ecol Sociobiol*. 2009;63(5):673–685. doi:10.1007/s00265-008-0701-6
  21. Stracey CM. Resolving the urban nest predator paradox: The role of alternative foods for nest predators. *Biol Conserv*. 2011;144(5):1545–1552. doi:10.1016/j.biocon.2011.01.022
  22. Gray JS. Effects of environmental stress on species rich assemblages. *Biol J Linn Soc*. 1989;37(1–2):19–32. doi:10.1111/j.1095-8312.1989.tb02003.x
  23. Fischer JD, Cleeton SH, Lyons TP, Miller JR. Urbanization and the Predation Paradox: The Role of Trophic Dynamics in Structuring Vertebrate Communities. *Bioscience*. 2012;62(9):809–818. doi:10.1525/bio.2012.62.9.6
  24. Contesse P, Hegglin D, Gloor S, Bontadina F, Deplazes P. The diet of urban foxes (*Vulpes vulpes*) and the availability of anthropogenic food in the city of Zurich, Switzerland. *Mamm Biol - Zeitschrift für Säugetierkd*. 2004;69(2):81–95. doi:10.1078/1616-5047-00123
  25. Kistner EJ, Lewis M, Carpenter E, és mtsai.

- Digital video surveillance of natural enemy activity on *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) colonies infesting citrus in the southern California urban landscape. *Biol Control*. Published online 2017. doi:10.1016/j.biocontrol.2017.10.004
26. Kidd NAC, Jervis MA. Population dynamics. In: *Insects As Natural Enemies: A Practical Perspective*. Springer Netherlands; 2005:435–523. doi:10.1007/978-1-4020-2625-6\_7
27. Greenstone MH, Weber DC, Coudron TC, Payton ME. Unnecessary roughness? Testing the hypothesis that predators destined for molecular gut-content analysis must be hand-collected to avoid cross-contamination. *Mol Ecol Resour*. 2011;11(2):286–293. doi:10.1111/j.1755-0998.2010.02922.x
28. Lövei GL, Ferrante M. A review of the sentinel prey method as a way of quantifying invertebrate predation under field conditions. *Insect Sci*. 2017;24(4):528–542. doi:10.1111/1744-7917.12405
29. Howe A, Lövei GL, Nachman G. Dummy caterpillars as a simple method to assess predation rates on invertebrates in a tropical agroecosystem. *Entomol Exp Appl*. 2009;131(3):325–329. doi:10.1111/j.1570-7458.2009.00860.x
30. *Demographia world urban areas 14th annual edition.*; 2018. Elérés október 26., 2021.

<http://www.demographia.com/db-worldua.pdf>

31. Poff NL, Allan JD, Bain MB, és mtsai. The Natural Flow Regime. *Bioscience*. 1997;47(11):769–784. doi:10.2307/1313099
32. Richter BD, Baumgartner J V., Powell J, Braun DP. A Method for Assessing Hydrologic Alteration within Ecosystems. *Conserv Biol*. 1996;10(4):1163–1174. doi:10.1046/j.1523-1739.1996.10041163.x
33. Cushing DH. Plankton production and year-class strength in fish populations: An update of the match/mismatch hypothesis. *Adv Mar Biol*. 1990;26(C):249–293. doi:10.1016/S0065-2881(08)60202-3
34. Durant J, Hjermmann D, Ottersen G, Stenseth N. Climate and the match or mismatch between predator requirements and resource availability. *Clim Res*. 2007;33:271–283. doi:10.3354/cr033271
35. Bereczki K, Ódor P, Csóka G, Mag Z, Báldi A. Effects of forest heterogeneity on the efficiency of caterpillar control service provided by birds in temperate oak forests. *For Ecol Manage*. 2014;327:96–105. doi:10.1016/j.foreco.2014.05.001
36. Montgomery WI. Population structure and dynamics of sympatric *Apodemus* species

- (Rodentia: Muridae). *J Zool.* 1980;192(3):351–377. doi:10.1111/j.1469-7998.1980.tb04238.x
37. Borenstein M, Hedges L V., Higgins JPT, Rothstein HR. *Introduction to meta-analysis*. John Wiley & Sons, Ltd; 2009. doi:10.1002/9780470743386
38. Armas C, Ordiales R, Pugnaire FI. MEASURING PLANT INTERACTIONS: A NEW COMPARATIVE INDEX. *Ecology*. 2004;85(10):2682–2686. doi:10.1890/03-0650
39. Hedges L V. Distribution Theory for Glass's Estimator of Effect Size and Related Estimators. *J Educ Stat.* 1981;6(2):107–128. doi:10.2307/1164588
40. Dunka S, Fejér L, Vágás I. *A veritékes honfoglalás. A Tisza-szabályozás története.* (Varrók E, Kaján I, szerk.). Vízügyi Múzeum, Levéltár és Könyvgyűjtemény; 1996.
41. Elek Z, Lövei G.L. Ground beetles (Coleoptera, Carabidae) assemblages along an urbanisation gradient near Soro, Zealand, Denmark. *Entomologiske Meddelelser*; 2005;73(2):115.
42. Balogh L, Dancza I, Király G. A magyarországi neofitonok időszerű jegyzéke, és besorolásuk inváziós szempontból. In: *Biológiai inváziók Magyarországon - Özönnövények.* TermészetBÚVÁR Alapítvány Kiadó; 2004:61–

92.

43. Bates DM. *lme4: Mixed-effects modeling with R* Springer.; 2010. Elérés október 26. 2021.  
[https://www.researchgate.net/profile/Douglas-Bates/publication/235709638\\_Lme4\\_Mixed-Effects\\_Modeling\\_With\\_R/links/00b4953b4105a25b49000000/Lme4-Mixed-Effects-Modeling-With-R.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Douglas-Bates/publication/235709638_Lme4_Mixed-Effects_Modeling_With_R/links/00b4953b4105a25b49000000/Lme4-Mixed-Effects-Modeling-With-R.pdf)
44. Bolker BM, Brooks ME, Clark CJ, és mtsai. Generalized linear mixed models: a practical guide for ecology and evolution. *Trends Ecol Evol*. 2009;24(3):127–135.  
doi:10.1016/j.tree.2008.10.008
45. Eötvös CB, Magura T, Lövei GL. A meta-analysis indicates reduced predation pressure with increasing urbanization. *Landsc Urban Plan*. 2018;180:54–59.  
doi:10.1016/j.landurbplan.2018.08.010
46. Ferrante M, Lo Cacciato A, Lövei GL. Quantifying predation pressure along an urbanisation gradient in Denmark using artificial caterpillars. *Eur J Entomol*. 2014;111(5):649–654.  
doi:10.14411/eje.2014.082
47. Connell JH. Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science*. 1978;199(4335):1302–1310.  
doi:10.1126/science.199.4335.1302
48. Kajak A, Breymeyer A, Petal J. Productivity

investigation of two types of meadows in the Vistula Valley. XI. Predatory arthropods. *Ekol Pol Ser A*. Published online 1971.

49. Nyffeler M, Birkhofer K. An estimated 400–800 million tons of prey are annually killed by the global spider community. *Sci Nat*. 2017;104(3–4):30. doi:10.1007/s00114-017-1440-1
50. Elek Z, Lövei GL. Patterns in ground beetle (Coleoptera: Carabidae) assemblages along an urbanisation gradient in Denmark. *Acta Oecologica*. 2007;32(1):104–111. doi:10.1016/j.actao.2007.03.008
51. Magura T, Tóthmérész B, Molnár T. Changes in carabid beetle assemblages along an urbanisation gradient in the city of Debrecen, Hungary. *Landsc Ecol*. 2004;19(7):747–759. doi:10.1007/s10980-005-1128-4
52. Tóthmérész B, Máthé I, Balázs E, Magura T. Responses of carabid beetles to urbanization in Transylvania (Romania). *Landsc Urban Plan*. 2011;101(4):330–337. doi:10.1016/J.LANDURBPLAN.2011.02.038
53. Tajthi B, Horváth R, Mizser S, Nagy DD, Tóthmérész B. Spider assemblages in floodplain forests along an urbanization gradient. *Community Ecol*. 2017;18(3):311–318. doi:10.1556/168.2017.18.3.10

54. Speakman JR. The physiological costs of reproduction in small mammals. *Philos Trans R Soc B Biol Sci.* 2008;363(1490):375–398.  
doi:10.1098/rstb.2007.2145
55. Fitch HS. Seasonal Acceptance of Bait by Small Mammals. *J Mammal.* 1954;35(1):39.  
doi:10.2307/1376071
56. Parmenter RR, MacMahon JA. Factors Influencing Species Composition and Population Sizes in a Ground Beetle Community (Carabidae): Predation by Rodents. *Oikos.* 1988;52(3):350.  
doi:10.2307/3565209