

Állatorvostudományi Egyetem

Ökológiai Tanszék

**Az emberi zavarás mértékének hatása széncinegék
kockázatvállalási és utódgondozó viselkedésére**

**The Effects of the Degree of Human Disturbance on the Risk-
Taking and Offspring Nurturing Behavior of the great tits**

Készítette: Sándor Luca

biológus MSc.

Állatorvostudományi Egyetem

Témavezető: Czikkelyné Dr. Ágh Nóra

MTA-PE Evolúciós Ökológia Kutatócsoport

Társ témavezető: Dr. Liker András

MTA-PE Evolúciós Ökológia Kutatócsoport

Belső konzulens: Dr. Berekméri Eszter

Állatorvostudományi Egyetem, Ökológiai Tanszék

Budapest, 2022

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	1
2. Anyag és módszerek.....	6
2.1. A vizsgált faj.....	6
2.2. Vizsgálati területek	6
2.3 Viselkedésadatok gyűjtése	8
2.3.1. <i>Fészkek ellenőrzése</i>	8
2.3.2 <i>Kockázatvállaló viselkedés tesztelése fiókanevelési időszakban</i>	8
2.3.3 <i>Tesztvideók elemzése</i>	9
2.4 Statisztikai módszerek.....	10
2.4.1 <i>Vizsgált változók ismételtetősége</i>	10
2.4.2 <i>Videóról gyűjtött adatok elemzése</i>	11
2.4.3 <i>Tojó fészken maradási viselkedése</i>	13
3. Eredmények	14
3.1 Ismételtetőség	14
3.2. Emberi zavarás	15
3.3. Urbanizációs index	17
3.4. Figyelési pontszámok.....	20
3.4.1. <i>Bemenetel</i>	20
3.4.2. <i>Kimenetel</i>	22
3.5. Tojó fészken maradási viselkedése.....	23
4. Következtetések	25
5. Összefoglaló.....	28
6. Summary.....	29
7. Köszönetnyilvánítás	30
8. Irodalom.....	31

1. Bevezetés

Ahogy az emberi népesség növekedik, úgy ennek következtében a városok területe is egyre kiterjedtebbé válik. Az urbán területek növekedése az egész világon folyamatos, a Föld várossal borított része becslések szerint a háromszorosára fog nőni 2000 és 2030 között [1]. A természetes élőhelyek eltűnése, illetve átalakítása az egyik legnagyobb jelenlegi fenyegetés a biodiverzitásra. Annak megértése, hogy mely tényezők azok, amik lehetővé teszik a fajok városban élését épp olyan fontosak, mint a fajok csökkenésének okai [2]

A viselkedéssel foglalkozó tanulmányok adják az alapját, annak megértésre, hogy a fajok, hogyan reagálnak egy környezeti változásra. Az ember által okozott városiasodás jelenleg az leggyorsabb és uralkodó hosszútávú környezeti változás. Eme változásra adott válasz fajonként eltérő, van, amelyik kihal, akad, mely előfordul a városban, de olyan faj is van, melynek egyedszáma növekedik városi környezetben. Felvetések szerint, amelyik faj képes benépesíteni urbán területeket, azzal kapcsolatos, hogy az egyes fajok mennyire mutatnak félelmet az emberekkel szemben [3].

A városhoz való alkalmazkodás magába foglalja a különböző jellegek változását, mint például a viselkedés. Egyedek között is eltérőek lehetnek ezek a viselkedés jellegek, és ezek az úgynevezett személyiségjegyek korrelálhatnak is egymással, viselkedés együttest (behavioral syndrome) létrehozva. Például az a széncinege, amelyik felfedező, az ennek okán agresszívabb is, illetve készen áll kockázatot vállalni [4]. Továbbá a különböző környezet más-más viselkedési együttesnek kedvez. Például a bátorság és agresszió összefügg tuskéspikók (*Gasterosteus aculeatus*) olyan populációjában melyek szimpatrikus együttélésben vannak ragadozókkal, de olyan populációkban ahol nem élnek együtt ragadozókkal ott ez az összefüggés hiányzik [5]. Meglehet, hogy az különböző urbanizáltságú területek, eltérő személyiségű és viselkedési együttesű egyedeket, populációkat szelektált ki. Ezen felül az is lehetséges, hogy az urbanizáció nagyobb arányú egyedek közötti variabilitást eredményez, mivel minél változatosabb személyiségjegyek vannak, annál változatosabb forrásokat és nicheket képesek felfedezni [4].

A városi és természetes élőhelyek az állatvilágra gyakorolt hatások tekintetében számos dologban különböznek (beépítettség, klíma, források). Az urbanizált területek tájképe (beépítettsége) az ember által jelentősen befolyásolt. Egy természetes élőhelyhez képest egy városban több az ember által alkotott mesterséges anyag, úgy, mint aszfalt, beton, üveg és egyéb

mesterséges anyagok, és az ezekből készült létesítmények (házak, épületek, utak). A növényvel borított területek aránya kevesebb városban, sziget-szerűen helyezkednek el a beton rengetegben, sokszor akár egymástól nagy távolságban. De e területeket is sokba módosította az ember. Egy városban lévő park növényzete eltér a korábban ott lévő természetes erdőtől, módosult a fajösszetétel, sok az idegenhonos faj, továbbá rendszeresen karban tartott területek. Ennek vonzata az, hogy a minőségi táplálék források szűkösebbek, nehezebben hozzáférhető a fogyasztó szervezetek számára. Városokban megfigyelték, hogy az éhezési ráta nagyobb, és a fiókák súlya is alacsonyabb. Ez arra enged következtetni, hogy a fiókák etetéséhez szükséges minőségi táplálék alacsonyabb arányban található meg, illetve az ember által biztosított etetők táplálék kínálata nem biztosít megfelelő alternatívát [6]. Sinkovics és mtsai [7] azt találták, hogy a városi széncinegék hasonló mennyiségű táplálékot képesek biztosítani fiókáknak, mint erdőben élő társaik. Ennek ellenére a városi fiókák mérete és túlélése rosszabb, köszönhetően annak, hogy az alacsonyabb minőségű tápláléknak (kisebb és kevesebb hernyó, illetve a nem rovar eredetű táplálék számának növekedése az érendben.

A városok és ezzel együtt az emberek, megváltoztatják a ragadozók fajösszetételét is. Az emberekkel együtt megjelennek házi állataik is úgy, mint a kutya vagy a macska. Továbbá sok opportunistá közepes termetű ragadozó fajnak az egyedsűrűsége is növekedést mutat urbanizált területeken, mint például varjak, szarkák és mosómedvék [8]. Az emberek is ragadozónak számítanak a madarak szempontjából, reakciónk az emberre az elrepülés, a riasztó hang kiadása, illetve akár az ember megtámadása is. Mivel a városi madarak hozzászoknak, hogy az ember nem jelent rájuk veszélyt, így a nem emberi ragadozókkal szemben is megnő a kockázatvállalásuk. Az emberrel szembeni megnövekedett kockázatvállalás és a nem emberi ragadozókkal szembeni kockázatvállalás összefüggése nem adaptív a városban, különösen akkor, ha a predációs nyomás magas, mivel magas halálozási arányt eredményezhet a madarak körében [8]. Erre lehet megoldás például, hogy a madarak képesek különbséget tenni ragadozók között és az általuk jelentett fenyegetés között. A fenyegetés specifikus kockázatvállalás hipotézis is azt sejteti, hogy az emberekkel szemben megnő a kockázatvállalás, míg a nem emberi ragadozókkal szemben (különösen a madarakra specializálódott ragadozók) megmarad az óvatosság. A fajok ezt a képességet habituáció vagy tanulás által érhetik el, vagy akár annak a képességnek a kifejlesztésével, hogy képesek a ragadozókat diszkriminálni [9]. Vincze és mtsai [10] vizsgálták széncinegék kockázatvállalását emberek és nem emberi ragadozókkal szemben (például karvaly) városban és erdőben egyaránt. A városban élő cinegék gyengébb

félelmi reakciót adtak, mint erdőben élő társaik, de a karvalyra és emberre adott válasz nem korrelált egymással.

További különbség városi és természetes élőhely között a zajszennyezettség és fényszennyezettség, mely szintén hatással van a preátor-préda kapcsolatra [11]. Ezen különbségeknek lehetnek pozitív és negatív hatásai is egyaránt. A magasabb zaj által a városi préda fajok nehezebben szűrik ki a ragadozókat [12]. Ezzel ellentétben a zaj megzavarhatja a predátort, nehezíti a zsákmány felkutatását, csökkentve a predációs arányt [13]. A mesterséges fények által a zsákmány könnyebben észrevehetővé válik a ragadozó számára, ami emeli a predációs arányt, ugyanakkor a zsákmány számára is hamarabb észrevehető a ragadozó [11].

További változás a városokban, hogy több a kihelyezett mesterséges költőláda is, amiben a madarak költhetnek. Vincze Ernő (2018) vizsgálatában azt találta, hogy a városban a természetes fészkelőhelyeket kevésbé érte predációs hatás, mint a városi mesterséges költőodúkat.

Dolgozatom szempontjából a leginkább kiemelkedő városi hatás az maga az ember, az ember sűrűsége a városokban. Az állatok számára az ember nem jelent kockázatot urbanizált területen, mivel a hozzáállás az állatokhoz vagy semleges, vagy pozitív irányú. Ennek okán az emberek tolerálása előnyös lehet, azáltal, hogy a menekülésre és bujkálásra fordított energiát a fajok más tevékenységre fordíthatják úgy, mint táplálék keresés, és utódgondozás. Továbbá az ember, mint egy pajzs védelmet nyújt a ragadozókkal szemben, így csökkentve a zsákmánnyá válás esélyét. Ez, mint emberi hatás eredményezhet bátrabb, kockázat vállalóbb egyedeket. Ezen egyedek egy emberi zavarás hatására kisebb távolságra menekülnek el, vagy hamarabb térnek vissza zavarás előtti viselkedésükhöz [13].

Az, hogy egy madár bátor, vagy félénk több tulajdonsággal lehet jellemezni. Ilyen például az, hogy egy zavaró stimulus után milyen messzire repül el az egyed. Általánosságban egy természetes, emberek által kevésbé bolygatott területen a madarak messzebb repülnek a zavaró hatás elől (például: ember), mint városban élő társaik [14]. Másik jellemző tulajdonság, amivel az egyedek bátorságát mérhetjük, az, hogy egy emberi zavarás után milyen gyorsan térnek vissza az odújukhoz, illetve milyen hamar térnek be az odúba.

A városi madarak kockázatvállalásával (például: FID) sok kutatás foglalkozik, de, hogy a városi környezet mely komponense az, amelyik a bátrabb viselkedést okozza arról keveset tudni [15]. A merészebb viselkedés oka számos tényező lehet, mint például a habituáció, a városi madarak megszokják az ember jelenlétét, nem tekintik ragadozójuknak. Másik ok lehet az, hogy a több

ember kevesebb ragadozót jelent (pajzs hatás), ezáltal csökkent az általános predátoroktól való félelem. De az is állhat a bátrabb viselkedés hátterében, hogy a korlátozott források miatt a madaraknak nagyobb kockázatot kell vállalniuk (például: megfelelő táplálék elérése, jobb költőhely felkutatása). Kevés az olyan vizsgálat, ahol ezeknek a komponenseknek a konkrét hatásait vizsgálnák a megnövekedett kockázatvállalásra. A fentiek alapján alig ismert, hogy a városi madarak nagyobb kockázatvállalása és a terület emberi zavartsága között van-e kapcsolat. Annak megismerése, hogy van-e kapcsolat a bátorság és az emberi zavarás között a fő célja ennek a tanulmánynak.

Ebben a tanulmányban arra voltunk kíváncsiak, hogy az emberi zavarás mértékének, illetve a terület beépítettségének van-e befolyása a széncinegék (*Parus major*) kockázatvállalási és utódgondozó viselkedésére.

Célkitűzések

Szakdolgozatomban a következő kérdéseket vizsgáltam:

- a) Az emberi zavarás, a beépítettség mértéke és a szülő madarak kockázatvállalási viselkedése (milyen gyorsan térnek vissza a fészekhez a zavarás után) között van-e összefüggés?
- b) A kotlás alatti fészekvédő viselkedés mutat-e összefüggést a tojóknál (rajta marad a fészken vagy lerepül) az emberi zavarással és az odú környékének beépítettségével?

Feltevésünk szerint, ahol nagyobb az emberi zavarás mértéke, illetve a jobban urbanizált területeken gyorsabb reakciókat várunk az egyedektől (például: hamarabb visszatérnek az odúhoz, gyorsabban mennek be az odúba). Továbbá nagyobb emberi jelenlét mellett a tojók gyakrabban maradnak az odú közelében az ellenőrzésekkor, illetve nagyobb arányban maradnak a fészken kotláskor (megszokták az emberi jelenlétet, az odúk ellenőrzése kevésbé zavarja meg őket).

2. Anyag és módszerek

2.1. A vizsgált faj

Választott modell fajunk ebben a vizsgálatban a széncinege (*Parus major*), mely odúlakó énekes madár. Sikeresen tud szaporodni mind városi, mind pedig természetes élőhelyeken [13]. Európában általánosan elterjedt faj, kivéve Skandinávia legészakibb területeit. Az élőhelyek szélés skáláját képes elfoglalni, ahol fészkelésre alkalmas odút talál, ott képes megtelepedni. Évente egy, vagy két alkalommal fészkel. Monitorozásukat és a fészkek ellenőrzését nagyban megkönnyíti, hogy előszeretettel választják a mesterséges költő odúkat. A két ivar egymástól tollazati különbségek alapján jól elkülöníthető [16], a leggyakrabban használt bélyeg a hasi oldalon végigfutó fekete tollsáv szélessége és kiterjedése a két láb között (1. ábra).



1. ábra: Ivarhatározás adult széncinegénél: tojó (bal oldal), hím (jobb oldal)

2.2. Vizsgálati területek

A vizsgálatainkat két városi, három erdei és egy szuburbán területen végeztük 2021-ben a költési szezonban (március közepétől július elejéig). Az erdei helyszínek közül az egyik, Vilmapuszta (47°05'06.7"N, 17°51'51.4"E; tszf. magasság: 300 m), egy száraz tölgyes erdőben található, ahol a domináns fafaj a molyhos tölgy (*Quercus pubescens*), emellett még csertölgy (*Quercus cerris*) és virágos kőris (*Fraxinus ornus*) a jellemző. A területen 110 db kihelyezett odú található, a vizsgált helyszínek közül ez a legkevésbé kitett az emberi zavarásnak. A második erdei helyszín a Bakonyban található, Szentgálhoz közel eső bükkös erdő (47°06'39.75" N, 17°41'17.94" E; tszf. magasság: 500 m), melynek domináns fafajai az európai bükk (*Fagus sylvatica*) és a közönséges gyertyán (*Carpinus betulus*). A harmadik erdei helyszín

a Budapest XII. kerületében található természetvédelmi terület, az Ördög-orom (47°29'08.6"N 18°58'44.5"E; tszf. magasság: 320 m), ahol 50 odúban végezzük a vizsgálatokat. A terület habár lakóházakhoz közel található, de nagy botanikai gazdagsága és védettsége okán természetes, nem bolygatott vegetációja erdei területekhez teszi hasonlónak. Jellemző társulása a mészkedvelő tölgyes, jellemző fafajok a korai juhar (*Acer platanoides*), a virágos kőris (*Fraxinus ornus*) és a molyhos tölgy (*Quercus pubescens*). Túraösvények indulnak ki innen, így túrázók előfordulhatnak, de számuk kevésbé mondható jelentősnek, mint a városi parkokban, ebben a tekintetben is közelebb áll a természetes állapothoz, mint az urbanizálthoz.

A szuburbán helyszín a Gulya-domb (47°05'33.7"N 17°53'13.4"E; tszf. magasság: 261 m) Veszprém határában található parkerdő. Jellemzőit tekintve inkább az erdős területekhez hasonlít, mint városi parknak, de mivel az emberek gyakran járnak ide kikapcsolódni, ezért nem tekinthetjük erdei helyszínnek. Az itt található odúk száma 50. A két városi helyszín Budapesten (47°30'14.4"N 19°01'28.9"E; tszf. magasság: 127 m) és Veszprémben (47°05'17.29"N, 17°54'29.66"E; tszf. magasság: 260 m) található.

Budapest Magyarország legnagyobb és legnagyobb lélekszámú városa. Az összes vizsgálati terület közül ez a leginkább urbanizált. Összesen 170 odút vontunk be vizsgálatunkba, amik négy parkban találhatóak: Városmajor, Vérmező, Tabán és Gesztenyés-kert (50-50-50-20 odú kiosztásban). Az emberi jelenlét ezekben a parkokban napközben folyamatos. A másik városi helyszín, Veszprém az urbanizáltságban, kiterjedésben és lakosságában is Budapesthez képest elmarad. Ebben a városban több közparkot, a Pannon Egyetem kampuszait és egy városközpontban található temetőt vizsgáltunk. Összesen 119 odú van kihelyezve városszerte. Mindkét városi helyszínre jellemző, hogy a parkok fafaj összetétele igen változatos, gyakori a korai juhar, a kislevelű hárs (*Tilia cordata*) és a vadgesztenye (*Aesculus hippocastanum*).

2.3 Viselkedésadatok gyűjtése

2.3.1. Fészek ellenőrzése

Az odúkat még költési időszak kezdete előtt, már kora tavasztól ellenőrizzük és egészen július elejéig folytatjuk, amikor az utolsó fiókák is kirepülnek. Az odúkat kezdetben hetente egy alkalommal ellenőrizzük, ahogy az első tojások megjelentek az odúban, úgy a heti ellenőrzések számát is 2-3 napra növeljük, annak érdekében, hogy a fiókák kelési idejét minél pontosabban meg lehessen becsülni. Ez azért fontos, hogy a kockázatvállalás tesztelése, akkor történjen, amikor a fiókák kora megközelítőleg azonos a vizsgált fészkekben.

A monitorozások alkalmával az odúkat leemeltük a helyükről, és a láda tetejét felemelve megszámloltuk a tojások, illetve a fiókák számát. Felírjuk, hogy látunk-e szülőket megjelenni az odú környékén, illetve ha megjelennek, akkor csendben maradnak, vagy riasztanak. Ha már lerakták az első tojást, akkor tojó zavarástűrő, fészekvédő viselkedését külön is pontozzuk egy 7 pontos skálán. A minél magasabb pontszám azt jelenti, hogy annál tovább tartózkodik a fészken a tojó ellenőrzés közben, vagyis annál bátrabbnak tekintettük az egyedet. A tojók fészken mutatott kockázatvállalása jól vizsgálható és elemezhető viselkedésforma és korábbi vizsgálat alapján nagyfokú ismételhetőséget mutat, ami a jelleg megbízhatóságát jelenti [13]. Az ellenőrzés ideje alatt feljegyeztük még az odú 15 méteres és 50 méteres körzetében az emberszámot és 50 méteres körzetben a potenciális ragadozók számát és fajtát is.

2.3.2 Kockázatvállaló viselkedés tesztelése fiókanevelési időszakban

A szülő madarak kockázatvállaló viselkedését lehetőség szerint háromszor teszteltük fészkenként a fiókanevelés időszaka alatt. Az egyik zavaró stimulust maga az ellenőrzést végző ember adta azzal, hogy megközelítette, felnyitotta és levette az odút. A másik stimulust pedig egy 80 dB standard hangerőn és minőségen lejátszódó emberi hang adta. Összesen tizenkét hangfájlból lehetett választani, amik az emberi beszéddel szimulálta az emberi zavarást, de egy odúnál ugyanaz a hangfájl sosem szerepelt többször. A tesztelések időpontja a fiókaneveléshez igazodott. Az első tesztvideók készítése akkor kezdődött mikor a fiókák elérték a 4 napos kort (kikeléstől számolva), és a harmadik tesztelésnek meg kellett történnie a fiókák 12 napos koráig. Továbbá igyekeztük a videók rögzítése és a tesztek elvégzése között minimum 1 napot kihagyni, de maximum csak 3 nap telhetett el a két teszt között. A teszteléseket videón rögzítettük, 30 percig tartott egy-egy felvétel. Amennyiben a tojó a tesztvideó rögzítésének tervezett napján az ellenőrzéskor a fiókákkal maradt, abban az esetben vagy aznap később újra

megpróbáltuk elvégezni a tesztet, vagy másik napra tettük át a hangfájlos tesztelést. Az elkészült videókról azonosítottuk a szülő egyedeket, amelyik egyed még jelöletlen volt, azokat odúra szerelhető csapdával megfogtuk, meggyűrűztük, és a genetikai vizsgálathoz kis mennyiségű vért vettünk tőlük a szárnyvénából. Minden egyed egy négy gyűrűből álló azonosítót kap, ahol az egyik gyűrű a madárgyűrűzés során használt standard, egyedi azonosítóval ellátott alumínium gyűrű, a másik három pedig különböző színű gyűrű, a felhelyezésük sorrendje adja meg az egyed színesgyűrűs azonosító kódját.

2.3.3 Tesztvideók elemzése

A videófelvételt készítő kamerákat az odúnyílás mellett lévő fekete műanyag tartóba helyeztük el, ami a különböző paraméterek feljegyzését is megkönnyíti. A kameradobozok és az odúhoz erősített lécz már jóval a költési idő előtt felkerül az odúra, így a madaraknak van idejük hozzászokni a jelenlétéhez. Az adatokat egy közös táblázatban rögzítettem, mindkét ivarra külön-külön, egy sor egy felvételen látható hím vagy tojó egyedhez tartozik. Minden tesztvideó esetében 30 perces időintervallumot jelent. A teszt kezdetét minden esetben a fészek ellenőrzését végző személy jelezte, vagy azzal, hogy bemondta azt, hogy kezdődik, vagy azzal, hogy a kamera előtt intett a rúddal, amivel a fészket visszahelyezte a helyére. Ezt az időpontot start időpontként beírtam a táblázatba perc:másodperc formátumban. Ebből számoltam ki az egyik későbbi függő változót, az első visszatérés latenciáját, mely az egyedek első odúra érkezésének időpontja a start időpontjához képest. Másik függőváltozó az egyedek hezitálása, mely az első visszatérés és első odúba való bemenetel között eltelt időt jelenti. A harmadik időbeli változó az első odúba való bemenetel időpontja volt, ami az előző kettő időpont összegének tekinthető. Az egyedek figyelését („vigilance”) is beírtam a táblázatba, az odúba való első három be-, és kimenetelnél is pontoztam, hogy mennyire néz körbe az egyed mielőtt bemegy az odúba, vagy épp elhagyja azt. Az alábbi táblázat szemlélteti, hogy az egyed milyen pontot kap.

1.táblázat: Az egyedek figyelésének pontozása az odúba való be- és kimenetele során

	Befelé	Kifelé
0	Egyből bemegy	Rögtön kirepül
1	Nem megy be egyből, nyugodtan „vár”	Kidugja a fejét legalább 1mp-ig mielőtt kirepül
2	Bemenetel előtt fejét forgatja, körül néz	Kidugja a fejét, forgatja is, körülnéz (min. 1mp-ig) mielőtt kirepül
3	Kihúzza magát, úgy nézelődik, vagy megfordul odúnyílásnak háttal nézelődik	Kilép az odúból a kilépőre, körülnéz (min. 1mp-ig) mielőtt kirepül

További változó még az egyes helyszínek, azon belül is az egyes odúk környékének urbanizációs indexe is, melyeket szintén feljegyeztünk. Az urbanizációs indexeket az MTA-PE Evolúciós Ökológiai Kutatócsoport egyik tagja, Sándor Krisztina számolta a következők szerint:

A Copernicus Land Monitoring Service 2018-as térképeit használta (<https://land.copernicus.eu/pan-european/high-resolution-layers/imperviousness/status-maps>), az odúk földrajzi koordinátái alapján válogatta le a kiszámoláshoz szükséges területet. Ez a térkép 10x10 méteres területekre (=1 pixel) határozza meg a mesterséges felszínek (impervious surfaces) százalékos arányát, jelenleg ez az elérhető legfrissebb verzió. Az urbanizációs index kiszámolásához kijelölte a térképen az odú 100 méteres körzetét [15] és térinformatikai szoftver (QGIS, v. 3.20.1.) segítségével kiszámolta a körzeten belül eső pixelek mesterséges felszínborítottságát (arányosítva) és azok átlagát vette. A végén kapott változó az egyes pixeleken belül a beépített területek százalékanak átlaga.

2.4 Statisztikai módszerek

2.4.1 Vizsgált változók ismételhetősége

Az elemzések során minden modellt és tesztelést R statisztikai környezetben végeztünk el (Version 4.1.1. R Core Team, 2021). Az elemzések során többféle viselkedési változót használtunk. A videófelvételek alapján az első megérkezés, a hezitálás és az odúba való első bemenetel latenciáját gyűjtöttük ki minden egyedhez, valamint az első három be és kimenetelnél a figyelést pontoztuk. A tojók kockázatvállaló viselkedését a fészken maradással modelleztük. A kotlási időszak alatt minden fészeknél legalább háromszor ellenőriztük a fészek

állapotát, ekkor feljegyeztük, hogy a tojó nem volt jelen a fészeknél (marad= 0) vagy rajta ült a fészken (marad=1). Minden egyes viselkedésváltozó esetén teszteltük az ismételhetőséget a „rptR” függvény segítségével [17]. A tesztelés lényege, hogy minden változónak kiszámoljuk az egyedben belüli ismételhetőséget lineáris kevert modellben, Gauss-féle eloszlással, ahol az egyed azonosítója („gyűrűszám”), mint random faktor szerepel. A későbbi modellekben használt emberszám változó ismételhetőségét is teszteltük lineáris kevert modellben, Gauss-féle eloszlással, ahol a fészekalj azonosítója („broodID”) volt a használt random faktor. Erre a tesztelésre azért volt szükség, hogy lássuk, mennyire véletlenszerű vagy jól használható változó az emberi zavarás mértékének leírására az ellenőrzések során rögzített pillanatnyi emberszám.

2.4.2 Videóról gyűjtött adatok elemzése

Az elkészített videókból kiválasztottuk azokat, amiken a szülőmadarak viselkedése értékelhető. Az elemzéshez használt mintaelemszámokat területenként és ivaronként lebontva a 2. táblázatban foglaltuk össze.

2. táblázat: A videókról gyűjtött viselkedéselemzés mintaelemszámait területenként fészekalj és ivarok szerint. A Szentgál-erdőben az egyik odúnál nem lehetett a videókról azonosítani a hímeket, egy másik odúnál pedig a tojót.

Helyszín	Σ Fészekalj	Σ Hím egyedek	Σ Tojó egyedek
Budapest (városi)	40	37	40
Ördög-orom	21	21	21
Veszprém (városi)	20	20	20
Gulya-domb	8	8	8
Szentgál-erdő	24	23	23
Vilma-pusztá	15	14	15

Az első visszaérkezés, a hezitálás és az odúba való első bemenet idejét kevert Cox modellel vizsgáltuk. A használt modell túlélési problémák vizsgálatára lett kidolgozva, de a viselkedésváltozók elemzésére is használható, úgy, hogy a halál bekövetkezésének valószínűségét megfeleltetjük a visszaérkezés vagy az odúba való bemenet bekövetkezésének. A Cox féle modell kumulatív túlélési (jelen dolgozatban a továbbiakban bekövetkezési) görbe meredekségét becsüli meg adott időintervallumban, vagyis megadott faktorok vagy folytonos változók mentén becsül relatív bekövetkezést. Az egyedek hazardja az alaphazard és a magyarázó változók egy exponenciális függvényének szorzata [18]. Mivel a vizsgálatunk során többször előfordult, hogy egy egyed nem jelent meg a 30 perc alatt, ezért a modellekben minden

esetben jelölni kellett a cenzorált adatokat, a csoportosító változó a megjelent/nem megjelent (0/1) változó volt. A három modellben a magyarázó változó az első megérkezés vagy a hezitálás vagy az odúba való első bemenetel latenciája volt. Mivel az urbanizációs index és az odúk körül megfigyelhető emberszám erős korrelációt mutatott (Pearson-féle $R = 0,393$ [$0,327;0,455$], p -érték $< 0,001$), ezért ez a két változó minden elemzésnél külön modellbe került, de a többi magyarázó változó ugyanazok voltak. A magyarázó változók az egyedek ivara, a gradiens (Budapest vagy Veszprém), az urbanizációs index vagy az emberszám, a költési időszak (első vagy másodköltés), a teszt sorszáma (1-3), valamint az ivar*gradiens és urbanizációs index*ivar vagy emberszám*ivar interakciók voltak. A random faktor az egyedek egyedi azonosítója és a fészekalj azonosítója volt egymásba ágyazva („1|broodID/gyűrűszám”). A bővebb modell elkészítése után egyenkénti kiléptetési módszerrel modellszelekciót is végeztünk és újra lefuttattuk a modelleket. A kiléptetésnél először mindig a nem szignifikáns interakciókat vettük ki a modellből. A kész modelleket többlépcsős diagnosztikának vettettük alá, először Schoenfeld-teszttel néztük meg, hogy a kovariánsok reziduálisai szignifikánsan különböznek-e a várható értékektől az esemény bekövetkezésekor. Ha a különbség szignifikáns, akkor adott változó esetén nem teljesül az arányos kockázat feltétele, adott változót ki kell zárni, ha az egész modellre ez igaz, akkor adott modell nem illeszkedik jól. Emellett még grafikusán is ábrázoltuk a Kaplan-Meier görbét az egyes fix faktorok szintjein az idő függvényében, ha a görbék több mint egyszer metszették egymást, akkor az azt jelentette, hogy nem teljesül az arányos kockázat feltétele. Végül szintén grafikus módszerrel ellenőriztük, hogy vannak-e torzító pontok a modellben. A Cox modellhez és a diagnosztikához a „coxme” csomagot használtuk [19]. Mindegyik modell esetén (bővebb és szűkített esetben is) a diagnosztikai értékek nem voltak elfogadhatóak, így az Eredmények részben közölt eredményeket tájékoztató jelleggel közöljük, a belőlük levonható következtetés óvatossággal kezelendő.

A be és kimenetelnél rögzített figyelési pontszámokat általánosított lineáris kevert modellel vizsgáltuk. A függő változóhoz a videókról rögzített figyelési pontokat binárisá alakítottuk, ahol „0” értéket kapott egy egyed, ha egyáltalán nem várt/nézett körbe be- és kimenetelkor (eredeti skála szerinti 0 érték) és „1” értéket, ha minimum egy másodpercre megállt a be- és kimenetel előtt. A magyarázó változók az egyedek ivara, a gradiens, az urbanizációs index vagy az emberszám, a költési időszak, valamint az ivar*gradiens és urbanizációs index*ivar vagy emberszám*ivar interakciók voltak. A bővebb modell elkészítése után egyenkénti kiléptetési módszerrel modellszelekciót is végeztünk és újra lefuttattuk a

modelleket. Mindegyik modell esetén a random faktor a teszt sorszáma, az egyed azonosítója és a fészkalj azonosítója volt („1|broodID/gyűrűszám/teszt sorszám”). Erre a szerkezetre azért volt szükség, mert egy egyedről több felvétel is készült, amiken a megfigyelt viselkedés nem független egymástól, akár még egy egyed összes megfigyelése egymástól sem, illetve a párok viselkedése sem független egymástól. A kapott modelleknél ellenőriztük, hogy nincs-e a változók között multikollinearitás és elvégeztük a szükséges diagnosztikákat is. A modellhez az „lme4” csomagot használtuk [20].

2.4.3 Tojó fészken maradási viselkedése

A tojók fészken maradási viselkedését általánosított kevert modellel vizsgáltuk, ahol a függő változó a fészken maradás (0/1), a magyarázó változók az emberszám vagy az urbanizációs index, a gradiens és a költési időszak, valamint az emberszám vagy az urbanizációs index és a gradiens interakciója voltak. A random faktor a fészkalj azonosítója volt. A bővebb modell elkészítése után egyenkénti kiléptetéses módszerrel modellszelekciót is végeztünk és újra lefuttattuk a modelleket. A kapott modelleknél ellenőriztük, hogy nincs-e a változók között multikollinearitás és elvégeztük a szükséges diagnosztikákat is. A modellhez az „lme4” csomagot használtuk [20]. Az elemzés során 126 fészkaljnál tudtuk vizsgálni a tojók fészekvédő viselkedését (118 első költés, 8 másodköltés).

3. Eredmények

3.1 Ismételhetőség

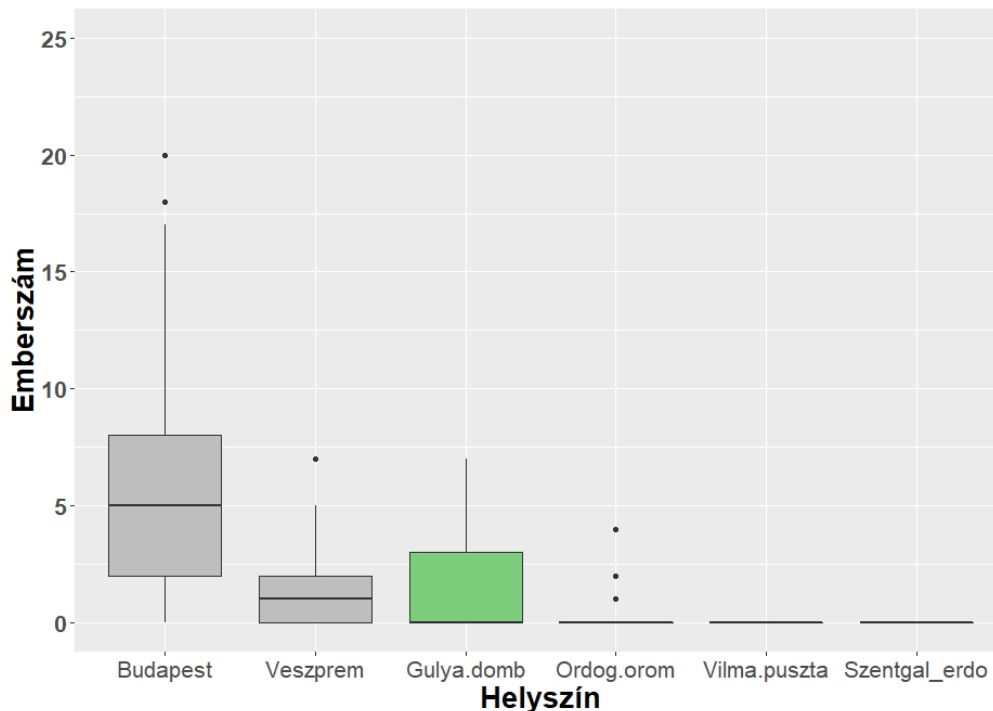
A különböző viselkedési változók ismételhetősége 15-49% közötti, a hezitálás kivételével mind szignifikánsan jól ismétlődőnek mutatkoznak. A hezitálás elemzését a továbbiak ezért nem végeztük el. Az odú körül 15 és 50 méteres körzetben felvett emberszám adatok jól használhatóak az elemzésekben (3. táblázat).

3. táblázat: A változók ismételhetőségének eredményeit összefoglaló táblázat. Az „R-érték” (repeatability), a 95%-s konfidencia intervallum és a standard hiba („SE”) a modell alapján számolt értékek. A mintaelemszám (N) jelentése minden egyes tesztnél az összes vizsgált egyed mindegyik rögzített értékét jelenti. A hiányzó értékek (pl. nem jelent meg az egyed, kevesebbszer repült be/ki) nem jelennek meg a tesztelésnél.

Változó	N	R-érték	95%-os KI	SE	p-érték
Első visszatérés lat.	626	0,204	[0,116, 0,29]	0,044	<0,001
Első bemenet lat.	621	0,184	[0,091, 0,273]	0,048	<0,001
Hezitálás	621	0,052	[0, 0,143]	0,04	0,127
Figyelés be					
• 1	595	0,309	[0,214, 0,402]	0,047	<0,001
• 2	524	0,149	[0,045, 0,252]	0,052	0,004
• 3	441	0,204	[0,081, 0,329]	0,062	<0,001
Figyelés ki					
• 1	583	0,345	[0,257, 0,437]	0,047	<0,001
• 2	506	0,329	[0,222, 0,43]	0,054	<0,001
• 3	426	0,488	[0,379, 0,587]	0,054	<0,001
Emberszám (15m)	678	0,465	[0,375, 0,542]	0,044	<0,001
Emberszám (50m)	676	0,687	[0,615, 0,747]	0,033	<0,001

3.2. Emberi zavarás

Az odúk körül megfigyelt 50 méteren belüli emberszámok tekintetében a két város kiemelkedik, de Budapesten még Veszprémhez képest is több embert számoltunk a vizsgálatokkor (2. ábra). Gulya-domb kicsit eltér a többi erdei helyszínhez képest, ami annak köszönhető, hogy ez egy szuburbán parkerdő, mely kedvelt helye a kikapcsolódni vágyóknak.



2. ábra: Az összesített emberszámok eloszlása a vizsgálati helyszínek között

A viselkedési változókat vizsgáló, emberszám hatását is tartalmazó bővebb modellek alapján (4. és 5. táblázat) a tojók korábban érkeznek vissza az odúkhöz és mennek be először a teszt után (első megérkezés (becsült érték \pm SE): $Ivar_{tojó} = -0,595 \pm 0,207$, $z = 2,87$, $p = 0,004$; első bemenetel: $Ivar_{tojó} = 0,605 \pm 0,207$, $z = 2,92$, $p = 0,035$). Továbbá a budapesti helyszíneken szignifikánsan gyorsabban érkeznek vissza és mennek be, mint a veszprémi és Veszprém környéki helyszíneken (első megérkezés: $Ivar_{tojó:gradiens_{Veszprém}} = -0,556 \pm 0,257$, $z = -2,17$, $p = 0,030$; első bemenetel: $Ivar_{tojó:gradiens_{Veszprém}} = -0,587 \pm 0,255$, $z = -2,30$, $p = 0,022$). A modellszelekció után mindkét latenciánál kiesett a modellből az emberszám változó, így azoknak a modelleknek az eredményét nem mutatjuk.

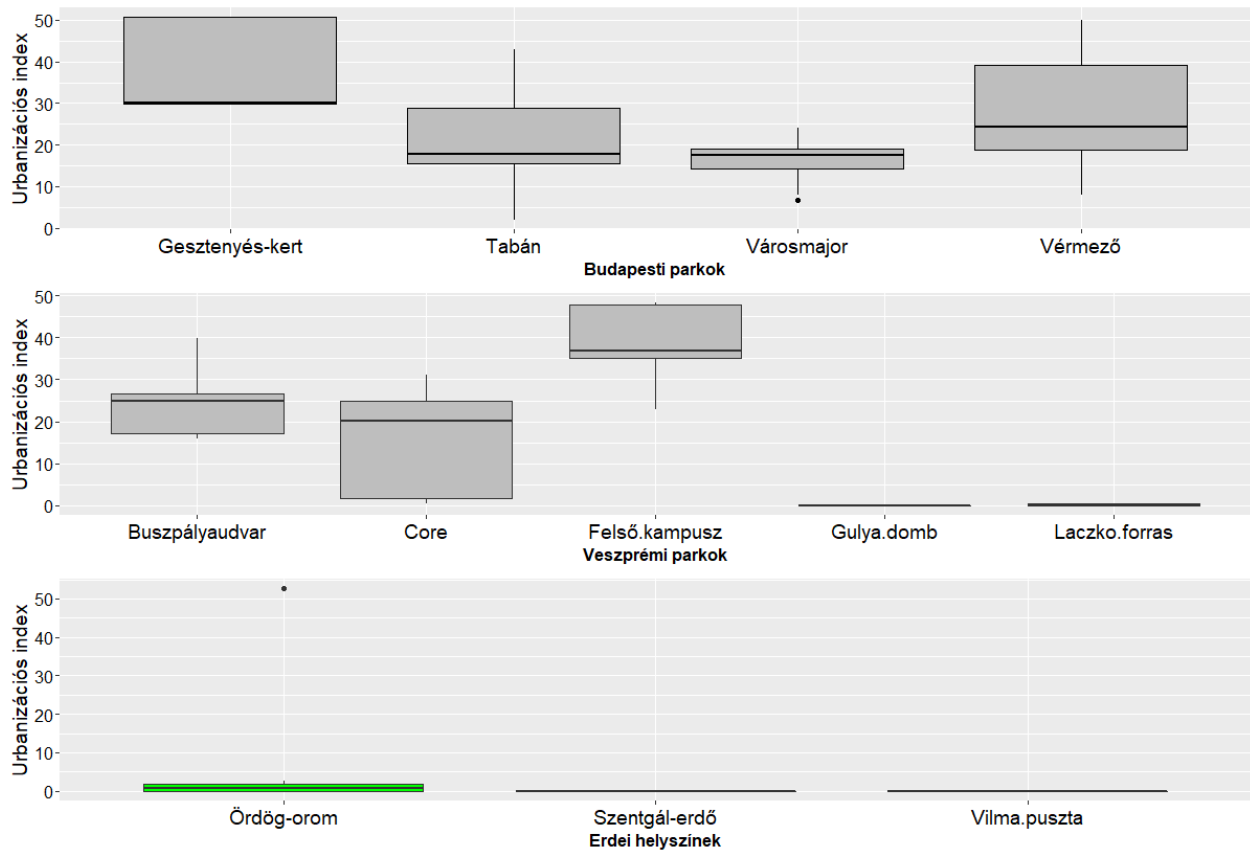
4. táblázat: A bővebb Cox modell eredményei (ANOVA), a magyarázó változók hatása az első visszatérés latenciájára. Az események száma az összes bemenetel latenciáját jelenti, zárójelben a cenzorált események száma, amikor a teszt alatt egy egyed nem jelent meg.

Magyarázó változók	Df	F-érték	p-érték
Ivar	1	8,227	0,004
Gradiens	1	0,462	0,497
Emberszám (teljes)	1	1,246	0,264
Költés (első/másod)	1	0,053	0,818
Videó sorszáma	2	4,764	0,092
Ivar*radiens	1	4,703	0,030
Ivar*Emberszám	1	2,766	0,096
Események száma (cenzorált)	626 (25)		

5. táblázat: A bővebb Cox modell eredményei (ANOVA), a magyarázó változók hatása az odúba való első bemenetel latenciájára. Az események száma az összes bemenetel latenciáját jelenti, zárójelben a cenzorált események száma, amikor a teszt alatt egy egyed nem jelent meg.

Magyarázó változók	DF	F-érték	p-érték
Ivar	1	8,547	0,003
Gradiens	1	0,613	0,434
Emberszám (teljes)	1	1,392	0,238
Költés (első/másod)	1	0,003	0,960
Videó sorszáma	2	4,660	0,097
Ivar*Gradiens	1	5,275	0,022
Ivar*Emberszám	1	2,411	0,131
Események száma (cenzorált)	620 (25)		

3.3. Urbanizációs index



3. ábra: Az urbanizációs index területenkénti eloszlása a budapesti, a veszprémi és az erdei helyszíneken. A Gulya-domb és Lackó-forrás terület a szuburbán kategóriába tartozik.

Az urbanizációs indexszel újra futatott modellben azt az eredményt kaptuk, hogy az első megérkezés latenciáját meghatározta az odú környezetének urbanizációs indexe és az egyedek ivara, a jobban beépített helyeken később érkeznek vissza a hímek (becsült érték \pm SE= -0,020 \pm 0,006, $z = -3,50$, $p < 0,001$). A tojók viszont egyre korábban érkeznek vissza a hímekhez képest, minél beépítettebb környezetben van az odú (Ivar_{tojó}:Urbanizációs index= 0,032 \pm 0,008, $z = 3,97$, $p < 0,001$; 4. ábra, 6.(a) táblázat). A modellszelekció után az ivar és az urbanizációs index interakciója maradt a modellben (6 (b) táblázat). Az eredmények hasonlóak voltak a bővebb modelléhez, a hímek szignifikánsan később érkeztek vissza a beépítettebb területeken (-0,021 \pm 0,006, $z = -3,70$, $p < 0,001$), a tojók viszont a hímekhez képest egyre korábban (0,036 \pm 0,008, $z = 4,73$, $p < 0,001$; 4. ábra).

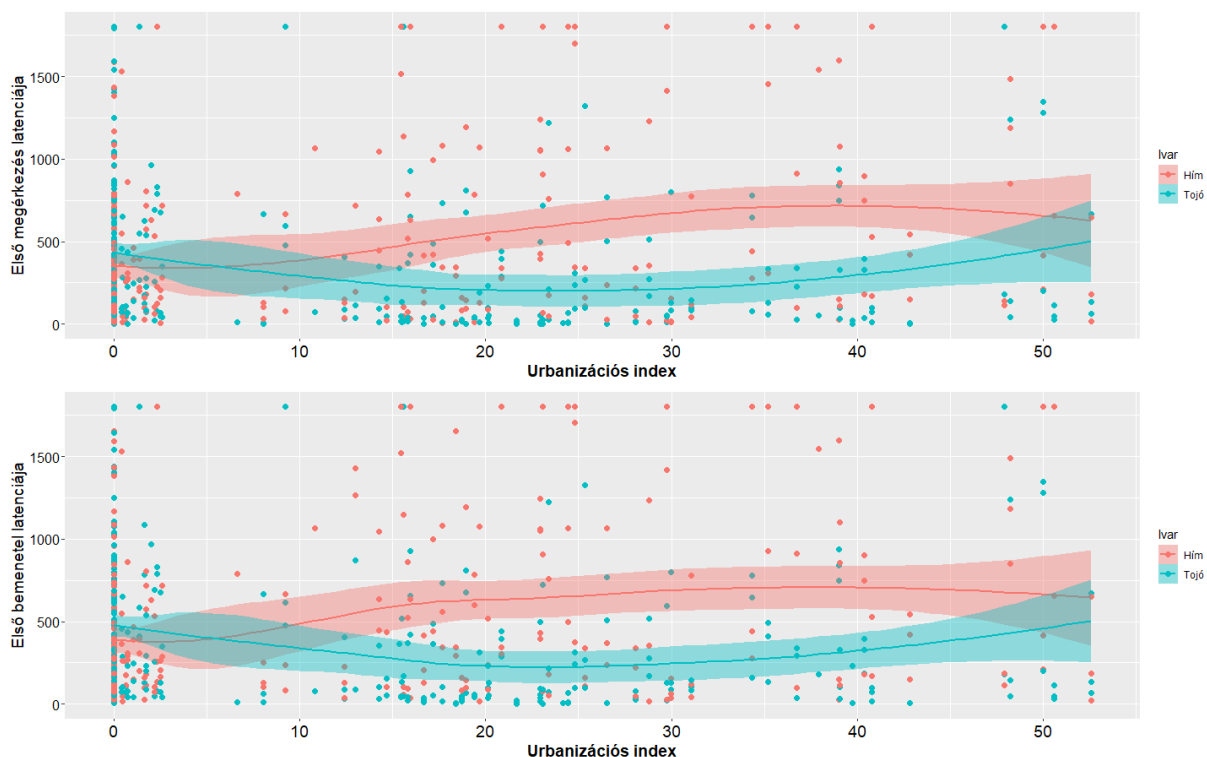
6. táblázat: A bővített (a) és a szűkített (b) Cox modell eredményei (ANOVA), a magyarázó változók hatása az első visszatérés latenciájára

Magyarázó változók	DF	F-érték	p-érték
a) Bővített modell			
Ivar	1	1,367	0,242
Gradiens	1	0,005	0,946
Urbanizációs index	1	12,228	<0,001
Költés (első/másod)	1	0,030	0,863
Videó sorszama	2	4,509	0,105
Ivar:Gradiens	1	2,873	0,090
Ivar: Urbanizációs index	1	15,797	<0,001
b) Szűkített modell			
Ivar	1	0,027	0,0868
Urbanizációs index	1	13,708	<0,001
Ivar: Urbanizációs index	1	22,417	<0,001

Az első bemenetel latenciájának vizsgálatánál is hasonlóan jártunk el, mint a visszatérési latenciánál, és ugyan azokat a paramétereket használtuk (7. táblázat). Minél jobban urbanizált volt egy odú környezete, annál később mentek be az odúba a hímek (-0.020 ± 0.006 , $z = -3,44$, $p = <0.001$). A tojók ezzel szemben minél jobban urbanizált az odú környezete, annál hamarabb mentek be a hímekhez képest (Ivar_{tojó}:Urbanizációs index = $0,031 \pm 0,008$, $z = 3,91$, $p < 0,001$). A modellszelekció után az ivar, a gradiens, az urbanizáltsági index és ez utóbbi két változó ivarral való interakciója maradt. A hímek később bementek be ($-0,020 \pm 0,006$, $z = -3,49$, $p = <0,001$), a tojók viszont gyorsabban mentek be az odúba az urbanizáltabb helyszíneken (Ivar_{tojó}:Urbanizációs index = $0,030 \pm 0,008$, $z = 3,94$, $p < 0,001$; 4. ábra). Az ivar és a gradiens között csak marginális interakció volt, a veszprémi helyszíneken valamivel később mennek be a tojók az odúba (Ivar_{tojó}:Gradiens = $-0,458 \pm 0,233$, $z = -1,97$, $p = 0,049$).

7. táblázat: A bővített Cox modell eredményei (ANOVA), a magyarázó változók hatása az odúba való első bemenetel latenciájára

Magyarázó változók	DF	F-érték	p-érték
a) Bővített modell			
Ivar	1	1,499	0,221
Gradiens	1	0,092	0,761
Urbanizációs index	1	11,838	<0,001
Költés (első/másod)	1	0,0005	0,982
Videó sorszáma	2	4,395	0,111
Ivar:Gradiens	1	3,614	0,057
Ivar: Urbanizációs index	1	15,797	<0,001
b) Szűkített modell			
Ivar	1	1,511	0,219
Gradiens	1	0,115	0,734
Urbanizációs index	1	12,184	<0,001
Ivar:Gradiens	1	3,862	0,049
Ivar: Urbanizációs index	1	15,509	<0,001



4. ábra: Első megérkezés (fent) és az odúba való első bemenet (lent) latenciája és urbanizációs index kapcsolata. A latencia esetén minél nagyobb értéket vesz fel y-tengelyen, annál később ér vissza az egyed az odúhoz vagy megy be. Az illesztett görbe és a hozzá tartozó konfidencia intervallumot az adatok alapján becsültük.

3.4. Figyelési pontszámok

3.4.1. Bemenetel

A bővített modellekben egyik változónak sem volt szignifikáns hatása az odúba való bemenetelnél a szülő madarak figyelési viselkedésére (8.és 9. táblázat). A szelekció után csak az ivar maradt a modellben mind az emberszámos, mind az urbanizációs index esetén, de ez sem mutatott szignifikáns hatást ($df=1$, $F= 3,718$, $p= 0,054$).

8. táblázat: A magyarázó változók hatása a bemeneteli figyelési pontszámokra (ANOVA), a teljes emberszámot tartalmazó bővebb kevert binomiális modell esetében. Az „N” sorban a mintaelemszámokat közöljük, a teljes mintaelemszám az összes megfigyelést jelenti.

Magyarázó változók	DF	F-érték	p-érték
Ivar	1	0,538	0,463
Gradiens	1	0,578	0,447
Emberszám (teljes)	1	0,221	0,638
Költés (első/másod)	1	0,121	0,728
Ivar*Gradiens	1	0,168	0,682
Ivar*ember (teljes)	1	0,123	0,726
	Teljes	Fészekalj	Szülők
N	1560	235	122

9. táblázat: A magyarázó változók hatása a bemeneteli figyelési pontszámokra (ANOVA), az urbanizációs indexet tartalmazó bővebb kevert binomiális modell esetében. Az „N” sorban a mintaelemszámokat közöljük, a teljes mintaelemszám az összes megfigyelést jelenti.

Magyarázó változók	DF	F-érték	p-érték
Ivar	1	2,942	0,086
Gradiens	1	0,104	0,747
Urbanizációs index	1	0,776	0,378
Költés (első/másod)	1	0,123	0,726
Ivar*Gradiens	1	0,021	0,885
Ivar*Urbanizációs index	1	1,9436	0,163
	Teljes	Fészekalj	Szülők
N	1554	235	122

3.4.2. Kimenetel

Az első modellben az emberszám szerepelt magyarázó változóként (10. táblázat), a becült értéke alapján az odúból való kijövetelkor a tojók nagyobb arányban figyelnek és néznek körbe, mint a hímek (becsült érték \pm SE= 1,232 \pm 0,303, z= 4,067, p<0,001). A veszprémi helyszíneken az egyedek nagyobb arányban néznek körbe, amikor kijönnek az odúból, mint a budapesti egyedek (1,222 \pm 0,350, z= 3,486, p<0,001). A modellszelekció után az emberszám változó nem maradt bent a modellben, csak az ivar (F= 23,622, p<0,001), a gradiens (F= 9,992, p= 0,002) és a költés sorszáma (F= 3,173, p= 0,075).

Az urbanizációs indexet tartalmazó modell (11. táblázat) becslései alapján az odúból való kijövetelkor a tojók nagyobb arányban figyelnek és néznek körbe, mint a hímek (becsült érték \pm SE= 0,943 \pm 0,324, z= 2,916, p= 0,003). A veszprémi helyszíneken az egyedek nagyobb arányban néznek körbe, amikor kijönnek az odúból, mint a budapesti egyedek (1,147 \pm 0,348, z= 3,298, p<0,001). A modellszelekció után ugyanazt az eredményt kaptuk, mint az emberszám esetén.

10. táblázat: A magyarázó változók hatása a kimeneteli figyelési pontszámokra (ANOVA), a teljes emberszámot tartalmazó kevert binomiális modell esetében

Magyarázó változók	DF	F-érték	p-érték
a) Bővített modell			
Ivar	1	16,542	<0,001
Gradiens	1	12,151	0,001
Emberszám (teljes)	1	0,232	0,630
Költés (első/másod)	1	3,066	0,080
Ivar*Gradiens	1	2,885	0,089
Ivar*ember (teljes)	1	0,210	0,645
	Teljes	Fészekalj	Szülők
N	1509	232	121

11. táblázat: A magyarázó változók hatása a bemeneteli figyelési pontszámokra (ANOVA), az urbanizációs indexet tartalmazó kevert binomiális modell esetében

Magyarázó változók	DF	F-érték	p-érték
Ivar	1	8,502	0,005
Gradiens	1	10,875	0,001
Urbanizációs index	1	0,051	0,822
Költés (első/másod)	1	2,999	0,083
Ivar*Gradiens	1	1,458	0,227
Ivar*Urbanizációs index	1	1,182	0,277
	Teljes	Fészekalj	Szülők
N	1515	232	121

3.5. Tojó fészken maradási viselkedése

A tojók fészkenmaradási viselkedésére (fészken marad-e vagy elrepül) nincs hatással az odú környékén megfigyelhető emberszám, nincs különbség a veszprémi és budapesti helyszínek között (12. táblázat). Egyedül a költsék sorszámának volt marginális hatása, a másodköltségben nagyobb valószínűséggel maradtak a fészken a tojók az ellenőrzésekkor ($1,513 \pm 0,763$, $z=1,982$, $p=0,048$). A szűkített modellekben csak a költség marad sorszáma maradt.

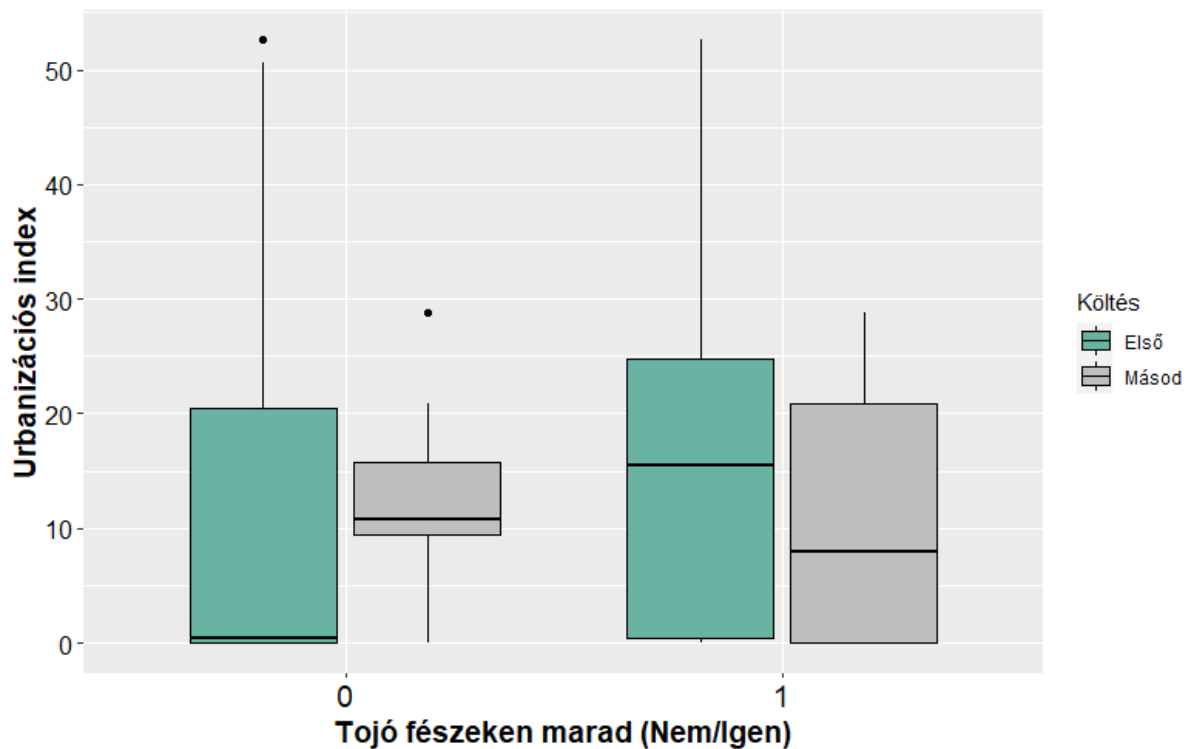
Az urbanizációs indexes bővebb modellnél hasonló eredményt kaptunk, csak a költség sorszámának volt marginális hatása ($1,558 \pm 0,780$, $z= 1,982$, $p= 0,046$; 13. táblázat). A modellszelekció után a költség sorszáma ($\chi^2= 4,329$, $p= 0,037$) és az urbanizációs index ($\chi^2= 4,409$, $p= 0,036$) maradt a modellben. Minél beépítettebb volt egy odú környéke, a tojók annál nagyobb arányban maradtak a fészken ($0,023 \pm 0,011$, $z=2,100$, $p=0,036$; 5. ábra).

12. táblázat: Bővebb kevert binomiális modell magyarázó változóinak hatása a tojó fészkenmaradási viselkedésére (ANOVA) az emberszám esetében

Magyarázó változók	DF	χ^2	p-érték
Emberszám (teljes)	1	0,076	0,783
Gradiens	1	1,578	0,209
Költés (első/másod)	1	3,929	0,047
Emberszám (teljes)*gradiens	1	1,132	0,287
	Teljes	Fészekalj	
N	522	126	

13. táblázat: Bővebb kevert binomiális modell magyarázó változóinak hatása a tojó fészkenmaradási viselkedésére (ANOVA) az urbanizációs index esetében. A mintaelkemszámnál (N) a teljes mintaelemszám az összes megfigyelést jelenti.

Magyarázó változó	DF	χ^2	p-érték
Urbanizációs index	1	0.901	0.342
Gradiens	1	0.696	0.404
Költés (első/másod)	1	3.985	0.046
Urbanizációs index*Gradiens	1	0.170	0.680
	Teljes	Fészekalj	
N	523	126	



5. ábra: Tojó fészken maradási viselkedése. A 0 jelöli azt, ha a tojó nem volt a fészken az ellenőrzéskor, 1 jelöli, ha a fészken maradt.

4. Következtetések

Napjainkban az emberi populációk méretének és egyedsűrűségének növekedésével a városok kiterjedése is egyre nagyobb. Ennek következménye a természetes élőhelyek területének csökkenése. Ennek következménye pedig a biodiverzitás csökkenése. Azonban számos állatfaj képes megtelepedni és gyarapodni a városokban [21]. Számos kutatót érdekel, hogy a városhoz alkalmazkodott fajok mely tulajdonságaiknak köszönhetik túlélésüket eme megváltozott környezetben.

Kutatásunkban arra kerestük a választ, hogy az ember, mint zavaró tényező mennyire befolyásolja a széncinegék kockázat vállaló viselkedését városban illetve természetes élőhelyen. Továbbá arra is kíváncsiak voltunk, hogy az emberi zavarás milyen hatással van a madarak éberségére (figyelésére), illetve a tojók fészken maradási viselkedésére. Az emberi zavarás mértékén túl, azt is megvizsgáltuk, hogy az odúk környékének beépítettsége (urbanizációs indexszel mérve) milyen hatással van az előbb említett változókra.

Az odúk körül megfigyelt emberek száma a várakozásunkkal ellentétben nem volt hatással a cinegék kockázatvállalási viselkedésére. Sem a latenciák (első visszatérési, első bemenetel), sem a figyelésre, sem pedig a tojók fészkenmaradására nem volt szignifikáns hatása a fészkek körül mért emberszámnak. Ennek egyik oka lehet az, hogy az emberi zavarás mértéke nem arányos azzal, hogy éppen mennyi ember tartózkodik az odú körül. Például kevés, de sokáig az odú körül maradó, intenzív zavaró tevékenységet végző ember nagyobb mértékben lehet zavaró, mint sok ember, akik csak elhaladnak az odú mellett. Olyan módon lehetne vizsgálni ezt a kérdést, hogy nem csak magát az emberek számát vesszük figyelembe, hanem az emberek által végzett tevékenységet is az odúk körül. Egy másik magyarázat az lehet, hogy a madarak az idők során hozzászoktak az emberi jelenlétnek, és sehol nem tekintenek az emberekre veszélyforrásként. Így a kockázatvállalásuk nem igazodik emberszámhoz, ami szintén oka lehet annak, hogy maga az emberszám önmagában nem volt szignifikáns hatással a cinegék kockázatvállalására. Mindegyik vizsgálati helyünkön előfordulnak időnként emberek, így a madaraknak mindenütt van lehetősége tapasztalatot szerezni az emberek jelenlétével és viselkedésével kapcsolatban.

Az emberi jelenlét és madarak személyisége között egy másik vizsgálat sem igazolta a várt kapcsolatot: Sparu és mtsai [22] azt találták, hogy a bátrabb madarak olyan helyek fordulnak

elő nagyobb számban, ahol több az autó és kevesebb a gyalogos, a félnkebb madarak ezzel szemben ott fordulnak elő, ahol sok a gyalogos és kevesebb az autó. Ezzel szemben a sárgahasú mormotáknál (*Marmota flaviventris*) azt figyelték meg, hogy nagyobb emberi zavarásnak kitett populációkban kisebb távolságról kezdtek el menekülni az ember elől. Azonban az egyedek ebben a vizsgálatban sem igazították a viselkedésüket a zavarás aktuális mértékéhez (azaz nem mutattak viselkedési plaszticitást). Habár általános, hogy a nagyobb emberi zavarásnak kitett helyeken csökkent a menekülési távolság, amiről az állatok menekülni kezdenek (FID), ez nem jelenti azt, hogy teljesen toleránsak az emberekkel szemben [23]. Keleti szürkemókusoknál (*Sciurus carolinensis*) figyelték meg, hogy különböző emberi tevékenységekre különböző menekülési reakciókat adtak. Ez jelentheti azt, hogy egyes emberi viselkedésre érzékenyebben reagálnak [24]. Ezek a példák is szemléltetik, hogy más vizsgálatok is ellentmondó eredményeket adnak arra vonatkozóan, hogy az élőhelyen előforduló emberi zavarás intenzitása milyen módon hat az állatok kockázatvállaló viselkedésére.

Ezzel ellentétben az urbanizációs indexnek észrevehető hatása van a kockázatvállalásra. A várakozással ellentétben az urbanizáltabb területeken a madarak később tértek vissza az odúhoz, mint a természetes élőhelyen élő társaik, és később is mentek be az odúba. Mind a két latenciára szignifikáns eredményt kaptunk (habár ezen eredmények némi fenntartásokkal kezelendők, mivel a modellek illeszkedése nem a legtökéletesebb). Ezek alapján a terület minősége, beépítettsége nagyobb befolyással van a madarak bátorságára, mint az odúk környékén mozgó emberek száma. Nem világos, hogy miért a természetesebb helyen gyorsabbak a madarak az odúhoz történő visszatéréskor. A terület urbanizáltsága sokféle ökológiai tulajdonsággal összefügg, például a territórium táplálék ellátottságával, a ragadozók számával, a bóvóhelyek gyakoriságával és távolságával [25]. Ezek közül több is befolyásolhatja a madarak visszatérési idejét a fiókák etetése során, és eredményezheti(k) a gyorsabb visszatérési időt a kevésbé urbanizált területen. Például a nagyon erősen urbanizált területeken nagyon alacsony a fiókák fő táplálékának, a hernyóknak az előfordulási gyakorisága [26], ami miatt a szülőknek tovább tarthat a táplálékgyűjtés az egyes gyűjtőutak során, és ez megnövelheti a visszatérési időt.

A terület beépítettsége hatással volt a tojók fészkenmaradási viselkedésére. Beépítettebb területeken a tojók inkább a fészken maradtak. Ugyan ezt az eredményt egy korábbi kutatásban Vincze és mtsai [13] is kimutatták egy másik adatsoron. Ennek oka lehet az, hogy a városi madarak hozzászoktak a rendszeres emberi zavaráshoz, így az odúk ellenőrzésekkor inkább maradnak a fészken, védve a tojásokat, illetve fiókáikat. Továbbá ismerik környezetüket, mely

alig változik, így alacsonyabb a költsége a bátorságnak, így a szülői viselkedésre több energiát lehet fordítani, ez esetben a fészken maradásra (kotlásra), és annak védelmére. Érdekes lenne tovább kutatni, hogy az élőhely urbanizáltsága pontosan miért mutat eltérő kapcsolatot a kockázatvállaló viselkedés különböző elemeivel (visszatérés, figyelés, fészken maradás).

Bár a szakdolgozatban kapott eredmények sok esetben nem igazolták az elvárásokat, értékes tapasztalattal gyarapítottak. Több helyszínen, több alkalommal megismételt viselkedés tesztek hasznosak bizonyultak abban, hogy az esetleges mintavételezési problémákat kiszűrjük, továbbá, arra is megfelelő volt, hogy az egyes magyarázó változók jövőbeni használhatóságát teszteljük. A vizsgálat alapján a következő kutatásokat ezen eredmények alapján lehet tervezni, új, esetleg jobb változókat keresni, amik jobban tükrözik, hogy a városban élő madarak bátrabbak-e természetes élőhelyen élő társaiknál.

5. Összefoglaló

Az egyre növekvő emberi népsűrűség és ezzel együtt az egyre nagyobb városok, új kihívások elé állítják az élővilágot. Az, hogy egy faj képes megtelepedni, és tartósan együtt élni az emberekkel urbán környezetben, számos kutatás szerint annak köszönhető, hogy a faj egyedei mennyire bátrak, illetve kockázat vállalóbbak. Több mechanizmus is állhat annak hátterében, hogy egy egyed mennyire kockázatvállaló. Ilyen a habituáció, az egyedek megszokják az emberi jelenlétet. Másik ok lehet a csökkent predációs nyomás, köszönhetően az embereknek, mely, mint egy pajzs védelmet nyújt, azáltal, hogy kiszorítja az egyéb ragadozókat. Az arra vonatkozó adat viszont kevés, mely az egyes komponensek konkrét hatásit vizsgálná. Kutatásunk során megnéztük, hogy az emberi zavarás mértéke az emberi számmal mérve milyen mértékben befolyásolja a széncinegék (*Parus major*) kockázatvállaló és utódgondozó viselkedését, urbanizált és természetes élőhelyeken. További hatásként megnéztük, hogy a terület beépítettsége az urbanizációs indexszel mérve hatással van-e a madarak kockázatvállaló viselkedésére. Kutatásunk eredményekén elmondható, hogy az emberszám önmagában nem magyarázta a madarak bátorságát illetve a tojók utódgondozó viselkedését. Az urbanizációs index viszont hatással volt mindkét viselkedésre (kockázatvállalás és utódgondozás). Bár szignifikáns eredmények születtek a modelldiagnosztika nem volt elfogadható, így ezen eredmények is fenntartásokkal kezelendők.

6. Summary

The growing density of human population and – with it- the larger cities, pose new challenges to wildlife. The fact that a species is able to settle down and coexist permanently with humans in an urban environment is due to the courage and risk-taking of the individuals of the species, according to numerous research. Several mechanisms may underlie in the background of an individual's risk-taking. Such as habituation, the entities become accustomed to human presence. Another reason can be the reduced predator pressure, thanks to humans, which provides a shield by displacing other predators. There is little data however, that examines the specific effects of these individual components.

In our research, we examined the extent to which the degree of human disturbance, measured by human numbers, influences the risk-taking and offspring nurturing behavior of the great tit (*Parus major*) both in urbanized and in its natural habitat.

As a further effect, we examined whether the plot ratio expressed by the urbanization index has an effect on the birds' risk-taking behavior. As a result of our research, it can be said that the number of humans itself neither did explain the birds' courage nor the nurturing behavior of the birds. However the urbanization index effected both behaviors (risk-taking and offspring-nurture). Although significant results were obtained, model diagnostics were not adequate, these results should be treated with caution.

7. Köszönetnyilvánítás

Mindenek előtt köszönöttem tartozom témavezetőimnek Cikkelyné Ágh Nórának, akinek hathatós segítsége és türelme nagyban hozzájárult diplomamunkám elkészüléséhez, és Liker Andrásnak, aki felügyelte a munkafolyamatokat, és sok hasznos ötlettel járult hozzá eme szakdolgozathoz. Tovább köszönet illeti Pipoly Ivettet is, aki az adatbevitelt felügyelte, és a statisztikai részben is sokat segített. Hálás vagyok a kutatócsoport budapesti és veszprémi munkatársainak, akik a terepi munkában és adatgyűjtésben részt vettek. Nem utolsó sorban köszönet illeti belső konzulensemét Berekméri Esztert, akinek szintén sok jó meglátása segített, hogy a dolgozat az egyetem elvárásai szerint készüljön el.

8. Irodalom

1. (2014) 2014 revision of the World Urbanization Prospects
2. Frontiers | Editorial: Behavioural and Ecological Consequences of Urban Life in Birds | Ecology and Evolution. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fevo.2018.00050/full>. Accessed 29 Apr 2022
3. Behavioral correlations associated with fear of humans differ between rural and urban burrowing owls - Google-keresés. <https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=Behavioral+correlations+associated+with+fear+of+humans+differ+between+rural+and+urban+burrowing+owls>. Accessed 29 Apr 2022
4. Bókony V, Kulcsár A, Tóth Z, Liker A (2012) Personality Traits and Behavioral Syndromes in Differently Urbanized Populations of House Sparrows (*Passer domesticus*). PLOS ONE 7:e36639. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0036639>
5. Behavioural differences between individuals and two populations of stickleback (*Gasterosteus aculeatus*) - PubMed. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15715852/>. Accessed 29 Apr 2022
6. Ornithology BT for (2010) Avian productivity in urban landscapes: a review and meta-analysis. In: BTO - British Trust for Ornithology. <https://www.bto.org/our-science/projects/gbw/publications/papers/monitoring/ibis151>. Accessed 29 Apr 2022
7. Sinkovics C, Seress G, Pipoly I, Vincze E, Liker A (2021) Great tits feed their nestlings with more but smaller prey items and fewer caterpillars in cities than in forests. Sci Rep 11:24161. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-03504-4>
8. How Nature-Based Tourism Might Increase Prey Vulnerability to Predators - PubMed. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26475119/>. Accessed 29 Apr 2022
9. Vincze E, Papp S, Preiszner B, Seress G, Bókony V, Liker A (2016) Habituation to human disturbance is faster in urban than rural house sparrows. BEHAVIORAL ECOLOGY 27:1304–1313
10. Vincze E, Pipoly I, Seress G, Preiszner B, Papp S, Németh B, Liker A, Bókony V (2019) Great tits take greater risk toward humans and sparrowhawks in urban habitats than in forests. Ethology 125:686–701. <https://doi.org/10.1111/eth.12922>
11. Templeton CN, Zollinger SA, Brumm H (2016) Traffic noise drowns out great tit alarm calls. Current Biology 26:R1173–R1174. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2016.09.058>
12. Noise Pollution Changes Avian Communities and Species Interactions - ScienceDirect. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960982209013281>. Accessed 29 Apr 2022
13. Consistency and plasticity of risk-taking behaviour towards humans at the nest in urban and forest great tits, *Parus major* - ScienceDirect. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S000334722100213X>. Accessed 29 Apr 2022

14. delBarco-Trillo J (2018) Shyer and larger bird species show more reduced fear of humans when living in urban environments. *Biology Letters* 14:20170730. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2017.0730>
15. Growing in the city: Urban evolutionary ecology of avian growth rates - Corsini - 2021 - *Evolutionary Applications* - Wiley Online Library. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/eva.13081>. Accessed 29 Apr 2022
16. Identification Guide to European Passerines. <https://www.nhbs.com/identification-guide-to-european-passerines-book>. Accessed 29 Apr 2022
17. Stoffel MA, Nakagawa S, Schielzeth H (2017) rptR: repeatability estimation and variance decomposition by generalized linear mixed-effects models. *Methods Ecol Evol* 8:1639–1644. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12797>
18. Cox DR (1972) Regression Models and Life-Tables. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)* 34:187–202. <https://doi.org/10.1111/j.2517-6161.1972.tb00899.x>
19. No ID: Therneau, T. (2012). coxme: mixed effects Cox models. R package version 2.2-3. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. | BCO-DMO. <https://www.bco-dmo.org/related-resource/770714>. Accessed 29 Apr 2022
20. Bates D, Mächler M, Bolker B, Walker S (2014) Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4. *ArXiv e-prints arXiv:1406*: <https://doi.org/10.18637/jss.v067.i01>
21. Tolerance of Auditory Disturbance by an Avian Urban Adapter, the Noisy Miner - Lowry - 2011 - *Ethology* - Wiley Online Library. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1439-0310.2011.01902.x>. Accessed 29 Apr 2022
22. *Frontiers | An Approach to Distinguish between Plasticity and Non-random Distributions of Behavioral Types Along Urban Gradients in a Wild Passerine Bird | Ecology and Evolution*. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fevo.2017.00092/full>. Accessed 29 Apr 2022
23. Uchida K, Blumstein DT (2021) Habituation or sensitization? Long-term responses of yellow-bellied marmots to human disturbance. *Behavioral Ecology* 32:668–678. <https://doi.org/10.1093/beheco/arab016>
24. Bateman PW, Fleming PA (2014) Does human pedestrian behaviour influence risk assessment in a successful mammal urban adapter? *Journal of Zoology* 294:93–98
25. Seress G, Liker A (2015) Habitat urbanization and its effects on birds. *Acta zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae* 61:373–408. <https://doi.org/10.17109/AZH.61.4.373.2015>
26. Impact of urbanization on abundance and phenology of caterpillars and consequences for breeding in an insectivorous bird - PubMed. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29679462/>. Accessed 29 Apr 2022

Alulírott Berekméri Eszter Igazolom, hogy Az emberi zavarás mértékének hatása széncinegék
kockázatvállalási és utódgondozó viselkedésére (Sándor Luca)

című diplomamunkát ismerem, azt beadásra és védésre alkalmasnak tartom.

Budapest, 2022 április 27.



.....

Dr. Berekméri Eszter

Ökológiai Tanszék

Alulírott Liker András Igazolom, hogy Az emberi zavarás mértékének hatása széncinegék kockázatvállalási és utódgondozó viselkedésére (Sándor Luca)

című diplomamunkát ismerem, azt beadásra és védésre alkalmasnak tartom.

Budapest, 2022. április 29.



.....
Dr Liker András

Pannon Egyetem, Mérnöki Kar,
Természettudományi Központ MTA-PE
Evolúciós Ökológiai Kutatócsoport

Alulírott Czikkelyné Dr. Ágh Nóra igazolom, hogy Az emberi zavarás mértékének hatása széncinegék kockázatvállalási és utódgondozó viselkedésére (Sándor Luca) című diplomamunkát ismerem, azt beadásra és védésre alkalmasnak tartom.

Budapest, 2022. április 29.



.....

Czikkelyné Dr. Ágh Nóra

a témavezető neve és aláírása

Pannon Egyetem, Mérnöki Kar, Természettudományi

Központ

MTA-PE Evolúciós Ökológia Kutatócsoport