

**Összetett vizuális ökológiai csapdák és a zebracsíkos
bőrfelületek ökológiai és fiziológiás tulajdonságainak
vizsgálata**

Doktori értekezés tézisei

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar
Környezettudományi Doktori Iskola,
Környezetbiológia Program

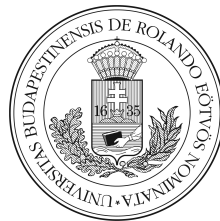
Készítette:

Pereszlényi Ádám

Témavezetők:

Dr. habil. Kriska György, Dr. habil. Horváth Gábor

EÖTVÖS LORÁND TUDOMÁNYEGYETEM
TERMÉSZETTUDOMÁNYI KAR
BIOLÓGIAI FIZIKA TANSZÉK, KÖRNYEZETOPTIKA LABORATÓRIUM



Budapest, 2020.

1. Bevezetés

Doktori dolgozatom első három fejezetében a poláros fényszennyezés okozta ökológiai csapdákkal kapcsolatos vizsgálataimat ismertetem. Ökológiai csapdának tekintjük az emberi tevékenység nyomán rövid idő alatt, a környezeti viszonyokban bekövetkező olyan változásokat, amelyek hatására valamely populáció egyedei korábban adaptív viselkedési mintákat követve alkalmatlan vagy a közeljövőben alkalmatlanná váló élőhelyet választanak maguknak vagy utódaiknak. Ennek hatására a populáció mérete csökken, vagy akár ki is halhat. Az ökológiai csapdák egyik fajtája a poláros fényszennyezés, ami kifejezetten a vízirovarokat veszélyezteti. A tipikus poláros fényszennyezők általában erősen (azaz nagy polarizációfokú) és vízszintesen poláros fényt reflektálnak. Ha egy vízirovarnak egy poláros fényszennyező felület és a vízfelszín között kell választania, akkor gyakran az előbbit választja, mert az erősen és vízszintesen poláros fény szupernormális ingerként hat rá. A mesterséges, poláros fényszennyező felületek evolúciós léptékben rendkívül gyorsan jelentek meg és terjedtek el, így a vízirovaroknak nem volt idejük az új optikai környezethez alkalmazkodni. A poláros fényszennyezés miatt a vízfelszínről tükröződő fény vízszintes polarizációján alapuló, korábban adaptív vízkeresési stratégia előnytelené válik azon területeken, ahol sok a poláros fényszennyező felület.

Kompenzációs repülésükkor a kérész nőstények a vízszintesen poláros fényt reflektáló vízfelszín fölött igyekeznek repülni. A dán kérésznél (*Ephemera danica* Müller, 1764) megfigyelhető, hogy amint elveszítik a vízszintesen poláros jelet, a magasba emelkednek, hogy könnyebben visszataláljanak a vízhez. Ha egy patakot keresztező, aszfaltúttal burkolt híd felszíne közel van a vízhez, akkor a felemelkedő kérészek az út fölé emelkednek. A szintén vízszintesen poláros fényt reflektáló út megtéveszti a kérészeket, emiatt ezek a kompenzációs repülésüket az út fölött folytatják. Az utat követő kérészek eltávolodhatnak a pataktól, és a repülést egészen addig folytatják, amíg a petézésüket kiváltó erősebb poláros jelet nem találnak az úton. Ilyen jel lehet például egy aszfaltúton lévő pocsolyáról tükröződő poláros fény. A dán kérész ezen ökológiai csapdájának mechanizmusát terepkísérletben vizsgáltuk.

Az éjszaka rajzó dunavirág (*Ephoron virgo* Olivier, 1791) nőstényeinek kompenzációs repülését szintén megzavarják a folyó fölött átívelő hidak. Amikor a kompenzációs repülést végző egyedek elérnek egy hidat, pozitív fototaxisuk miatt felrepülnek a hídlámpákhoz, illetve a hidak melletti, közvilágítást biztosító utcalámpákhoz. A rajzás előrehaladtával a kimerült kérészek a folyó helyett a szintén vízszintesen poláros fényt tükröző aszfaltútra rakják tojáscsomóikat, amelyek kiszáradnak és elpusztulnak. Feltételeztük, hogy a hídról lelógatott, a folyó folyásirányába néző erős fényű lámpák (fénySOROMPÓK) képesek megakadályozni, hogy a nőstény dunavirág kérészek elhagyják a folyót, ezért a kimerülő kérészek a folyóba hullanak, így oda is petéznek. Az Ipolyon és a Rábán végzett terepkísérleteinkben a fénySOROMPÓ

prototípusát teszteltük, és arra kerestük a választ, hogy ez valóban képes-e a folyó fölött tartani a nőstény dunavirág kérészeket.

Minden év április közepétől június elejéig a budapesti Duna-parti üvegépületeknél nagy számban jelennek meg a dunai tömegtegzések (*Hydropsyche pellucidula* Curtis, 1834). Ezen rovarok nappal az épületek előtt rajzanak, illetve az épületek homlokzatán és ablakain pihennek. Mivel nagy számban vannak jelen, és az épületek homlokzata gyenge menedéket biztosít számukra, ezért egyes madárfajok könnyedén kiaknázhathják a tegzések tömeges megjelenésével kialakuló táplálékforrást. Egy korábbi vizsgálat négy madárfajt mutatott ki, amelyek rajzó dunai tömegtegzésekkel táplálkoztak. Ezt követően, doktori kutatásom során a korábbi fajok mellett megfigyeltem nagy fakopáncsot (*Dendrocopos major* Linnaeus, 1758), házi rozsdafarkút (*Phoenicurus ochruros* Gmelin, 1774) és dolmányos varjút (*Corvus cornix* Linnaeus, 1758) is dunai tömegtegzessel táplálkozni.

Doktori értekezésem második része a zebracsíkos felületek ökológiai és fiziológiai hatásaival foglalkozik. A zebracsíkok szerepéről legalább 18 hipotézis létezik. Ezek négy fő csoportra oszthatók:

1. ragadozók elleni védelem, amely magába foglalja a rejtőzködést és a ragadozók vizuális összezavarását,
2. szociális interakciók megkönnyítése,
3. vérszívó rovarok (bögölyök és cecelegyek) támadásának csökkentése és
4. testhőmérséklet szabályozása.

A 3. csoportba sorolt hipotézisek már korábban terepkísérleti bizonyítást nyertek. Ezek a kísérletek a bögölyök és cecelegyek négylábú gazdaállataikhoz való vonzódását vizsgálták. Egyes bennszülött törzsek tagjai tradicionális testfestésük során többnyire világos festéket kennek a sötétbarna bőrükre, a testfestés számos motívuma a zebrák csíkjaira emlékeztet. Mivel az emberek oszlopszerű alakja jelentősen eltér a korábbi kísérletekben modellként használt négylábú gazdaállatok alakjától, ezért az ott kapott eredmények nem feltétlenül érvényesek a bögölyök testfestésre adott reakcióira. Feltételeztük, hogy a csíkos testfestés a zebracsíkokhoz hasonlóan csökkenti a bögölytámadások számát. Ezen hipotézis ellenőrzése céljából egy terepkísérletben embernagyságú bábuk bögölyvonzó-képességét vizsgáltuk.

A zebracsíkok feltételezett előnyének 4. csoportja (miszerint a zebracsíkok fölött kialakuló periodikus légáramlások hűtik az állatot) már több korábbi vizsgálatnak is tárgya volt, ezek azonban egyszerű megfigyeléseken vagy elterjedési adatok korrelációján alapultak. A hipotézist terepkísérletekkel ellenőriztük, amelyekben különböző színű és mintájú állatbőrökkel bevont, vízzel töltött fém hordók maghőmérsékletét vizsgáltuk.

2. Célkitűzések

A doktori értekezésemben a következő kérdésekre kívántam választ adni:

- Megmenthető-e azon kérészegyedek utódai, amelyeket eltérített a pataktól az azt keresztező híd és a rajta átvezető aszfaltút gyengén és vízszintesen poláros fénye?
- Megelőzhető-e a dunavirág (*Ephoron virgo*) kivilágított hidakon történő tömeges pusztulása a hídszerkezetre helyezett mesterséges fényforrásokkal?
- Milyen madárfajok és hogyan képesek kihasználni a Duna-parti üvegépületeknél nagy tömegben rajzó tegzesek által biztosított, könnyen kiaknázható táplálékforrást?
- A bennszülött törzsek által használt tradicionális csíkos testfestés csökkenti-e a bögöly-támadások számát?
- Van-e kimutatható hűtő hatása a zebracsíkoknak?

Ezek mellett a következő természetvédelmi problémák megoldására teszek javaslatot:

- Miként menthető meg a különböző pataklakó kérészfajok utódgenerációja vízszintesen poláros fényt reflektáló rovarcsapdák alkalmas helyre történő kihelyezésével?
- Hogyan kerülhető el a dunavirág tömeges pusztulása a Duna mentén lévő kivilágított műtárgyaknál?

3. Anyag és módszer

3.1. A dán kérész (*Ephemera danica*) összetett ökológiai csapdája

Egy patakot keresztező hídnál vizsgáltuk a kompenzációs repülésüket végző nőtény dán kérészek (*Ephemera danica*) viselkedését. Kísérleteinkben poláros rovarcsapdákat (olajtálcákat, valamint fényes fekete és piros felületeket) helyeztünk ki különböző elrendezésekben. A terepkísérletekben megfigyelt leszállások, olajtálcás fogások és tojászsomók számát χ^2 homogenitás teszttel elemeztük. A rovarcsapdáról és az aszfaltútról visszaverődő fény polarizációs mintázatát képkalkotó polarimetriával mértük a spektrum vörös (650 nm), zöld (550 nm) és kék (450 nm) tartományában.

3.2. A dunavirág (*Ephoron virgo*) túlélési esélyeinek növelése hidak környezetében

A nőtény dunavirág (*Ephoron virgo*) kérészek védelmére kifejlesztett fénysorompót két helyszínen, az Ipolyon és a Rábán teszteltük. A hidakhoz két legközelebbi utcalámpáról 20 másodpercenként fényképeket készítettünk, amivel megbecsültük, hogy mennyi kérész hagyta el a folyót. A rajzás ideje alatt rövid időre lekapcsoltuk a fénysorompót, hogy bizonyítsuk,

valóban a fénySOROMPÓ miatt nem jelentek meg a kérészek az utcalámpáknál. A fényképeken manuálisan számoltuk meg a kérészeket.

3.3. Madárfajok atipikus táplálkozása a Duna-parti üvegépületeknél

A megfigyeléseket szabad szemmel végeztük, és fényképezőgéppel dokumentáltuk az ELTE TTK Északi épületének második emeleti teraszán. Amikor egy madár megjelent vagy elszállt, mindig fényképet készítettünk, amely alkalmak pontos időpontját a fényképek exif adataiból olvastuk ki.

3.4. A csíkos testfestés véd a bögölyök ellen

A terepkísérleteket Szokolya mellett egy réten végeztük, amelyekben homogén sötétbarna, bézs és sötétbarna alapon fehér csíkos, életnagyságú műanyag bábukat használtunk. A csíkos bábu csíkjait fehér olajfestékkel festettük fel az egyik sötétbarna bábura, amivel afrikai és ausztrál testfestést utánoztunk. A festék száradását követően mindhárom bábút átlátszó, színtelen és időjárásálló ragasztóval vontuk be vékony rétegben. A terepkísérletek közel 2 hónapig tartottak, ezalatt minden második nap begyűjtöttük a bábuk által csapdázott bögölyöket. Faktoriális ANOVA és Tukey HSD post-hoc teszttel elemeztük az egyes bábuk által fogott bögölyök számát. A bábukról visszaverődő fény polarizációs mintázatát képalkotó polarimetriával mértük a spektrum vörös (650 nm), zöld (550 nm) és kék (450 nm) tartományában.

3.5. A zebracsíkok hűtő hatásának terepkísérleti cáfolata

Egy gödi lovastanyán négy, egyenként háromhetes terepkísérletben vizsgáltuk, hogy a zebracsíkoknak van-e kimutatható hűtő hatása a vízzel töltött hordók maghőmérsékletére. A hordókat különböző színű és mintázatú bőrökkel vontuk be, a hordókba hőmérő loggert helyeztünk, ami 5 percenként mérte a hordók maghőmérsékletét. Emellett a hordókról és állatkerti zebrákról hőképeket készítettünk, valamint megmértük a hordókat borító bőrökről visszaverődő fény spektrumát, amiből kiszámoltuk a bőrök fehérségi indexét. A terepkísérletek teljes ideje alatt 5 percenként mértük a léghőmérsékletet és a szélesebbeséget meteorológiai állomás segítségével. A mérési eredmények kiértékeléséhez saját fejlesztésű programokat használtunk, valamint ANOVA-t, és Wilcoxon párosított teszteket végeztünk.

4. Eredmények

4.1. A dán kérész (*Ephemera danica*) összetett ökológiai csapdája

- Megállapítottam, hogy a patakot keresztező híd képes eltéríteni a patak fölött kompenzációs repülésüket végző nőtény dán kérészeket, aminek eredményeként a kérészek az aszfaltút fölött folytatják repülésüket.
- Bizonyítottam, hogy a patakot a hídnál hagyták el a kérészek, és mivel azok az út fölött nem voltak képesek megállapítani a folyásirányt, ezért mindkét irányba folytatták repülésüket.
- Megmutattam, hogy az eltérített kérészek utódgenerációja megmenthető az út szélére kihelyezett, vízzel töltött fekete vagy piros tálcákkal.

4.2. A dunavirág (*Ephoron virgo*) túlélési esélyeinek növelése hidak környezetében

- Bizonyítottam, hogy a működő fénysorompó miatt nem hagyták el a kérészek a folyót.
- Megmutattam, hogy a fénysorompó használatával megelőzhető az éjszaka rajzó kérészek kivilágított hídtesteken történő tömeges pusztulása.

4.3. Madárfajok atipikus táplálkozása a Duna-parti üvegépületeknél

- Megfigyeltem nagy fakopáncsot (*Dendrocopos major*), házi rozsdafarkút (*Phoenicurus ochruros*) és dolmányos varjút (*Corvus cornix*) dunai tömegtegzessel táplálkozni az ELTE TTK Duna-parti üvegépületeinél.
- Leírtam a megfigyelt madárfajok táplálkozási viselkedését.

4.4. A csíkos testfestés véd a bögyök ellen

- Kimutattam, hogy az álló bábukról főként függőlegesen poláros fény verődik vissza, míg a fekvő bábuk nagyrészt vízszintesen poláros fényt reflektálnak.
- Megállapítottam, hogy a bábuk polarizációs mintázatával magyarázható, hogy az álló bábuk kizárólag gazdakereső nőtény bögyöket vonzottak, míg az elfektetett bábuk a vizet kereső hím bögyöket is vonzották.
- A fehér csíkos sötétbarna bábu kevesebb bögyöt vonzott, mint a homogén sötétbarna vagy a homogén bézs színű bábuk. Ezzel bizonyítottam, hogy a bennszülött törzsek tradicionális testfestése a zebracsíkokhoz hasonlóan véd a bögyőtámadások ellen.

4.5. A zebracsíkok hűtő hatásának terepkísérleti cáfolata

- Megállapítottam, hogy a terepkísérletekben használt hordók maghőmérsékletében tapasztalt különbséget a hordókat borító bőrök fehérségi indexe határozta meg: minél sötétebb volt a bőr, annál jobban melegedett fel a hordó vize.
- Kimutattam, hogy a kísérletekben használt csíkos bőrökkel (valódi zebrabőrrel, valamint fekete és fehér marhabőrcsíkokból varrt műzebrabőrrel) borított hordók maghőmérséklete nem tért el a fehérségi index alapján várt értéktől.
- A hipotézis szerinti hűtő hatás akkor sem volt mérhető, amikor a mérési adatokat a magas léghőmérsékletű és kis szélességű időszakokra szűkítettem.
- Terepkísérletekkel cáfoltam a termoregulációs hipotézist: a zebracsíkok nem hűtik az állatot.

5. Közlemények

5.1. A doktori értekezés alapját képező közlemények

1. EGRI Á., PERESZLÉNYI Á., FARKAS A., HORVÁTH G., PENSZKA K., KRISKA GY. (2017) How can asphalt roads extend the range of in situ polarized light pollution? A complex ecological trap of *Ephemera danica* and a possible remedy. *Journal of Insect Behavior* 30(4), pp. 374–384.
2. EGRI Á., SZÁZ D., FARKAS A., PERESZLÉNYI Á., HORVÁTH G., KRISKA GY. (2017) Method to improve the survival of night-swarmer mayflies near bridges in areas of distracting light pollution. *Royal Society Open Science* 4, p. 171166.
3. PERESZLÉNYI Á., HORVÁTH G., KRISKA GY. (2017) Atypical feeding of woodpeckers, crows and redstarts on mass-swarmer *Hydropsyche pellucidula* caddisflies attracted to glass panes. *Urban Ecosystems* 20(6), pp. 1203–1207.
4. HORVÁTH G., PERESZLÉNYI Á., ÅKESSON S., KRISKA GY. (2019) Striped body-painting protects against horseflies. *Royal Society Open Science* 6, p. 181325.
5. HORVÁTH G., PERESZLÉNYI Á., SZÁZ D., BARTA A., JÁNOSI I. M., GERICS B., ÅKESSON S. (2018) Experimental evidence that stripes do not cool zebras. *Scientific Reports* 8, p. 9351.

5.2. A doktori értekezéshez kapcsolódó további közlemények

1. HORVÁTH G., SZÖRÉNYI T., **PERESZLÉNYI Á.**, GERICS B., HEGEDŰS R., BARTA A., ÅKESSON S. (2017) Why do horseflies need polarization vision for host detection? Polarization helps tabanid flies to select sunlit dark host animals from the dark patches of the visual environment. *Royal Society Open Science* 4, p. 170735.
2. HORVÁTH G., **PERESZLÉNYI Á.**, TÓTH T., POLGÁR SZ., JÁNOSI I. M. (2019) Attractiveness of thermally different uniformly black targets to horseflies: *Tabanus tergustinus* prefers sunlit warm shiny dark targets. *Royal Society Open Science* 6, p. 191119.
3. EGRI Á., SZÁZ D., **PERESZLÉNYI Á.**, BERNÁTH B., KRISKA GY. (2019) Quantifying the polarised light pollution of an asphalt road: an ecological trap for the stonefly, *Perla abdominalis* (Guérin-Méneville, 1838) (Plecoptera: Perlidae). *Aquatic Insects* 40(3), pp. 257–269.
4. **PERESZLÉNYI Á.**, HORVÁTH G., KRISKA GY. (2017) ÉT-Etológia: A poláros fény-szennyezés haszonélvezői. *Élet és Tudomány* 72(12), p. 604.
5. HORVÁTH G., **PERESZLÉNYI Á.**, ÅKESSON S., KRISKA GY. (2019) Csíkos védelem a vérszívók ellen: bennszülöttek testfestésének áldásos parazitaellenes hatása. *Természet Világa* 150(9), pp. 390–396.
6. HORVÁTH G., **PERESZLÉNYI Á.**, SZÁZ D., BARTA A., JÁNOSI I. M., GERICS B., ÅKESSON S. (2019) Zebracsíkok feltételezett hűtő hatásának kísérleti cáfolata (1. rész). *Fizikai Szemle* 69(4), pp. 117–121.
7. HORVÁTH G., **PERESZLÉNYI Á.**, SZÁZ D., BARTA A., JÁNOSI I. M., GERICS B., ÅKESSON S. (2019) Zebracsíkok feltételezett hűtő hatásának kísérleti cáfolata (2. rész). *Fizikai Szemle* 69(5), pp. 147–154.