Száz Dénes, Kriska György, Farkas Alexandra,
Horváth Gábor, Egri Ádám

Kérészvédő fénysorompó kialakítása a Dunán

A dunavirág (Ephoron virgo) nevű védett kérészfaj egykor évtizedekre eltűnt a Dunából, az elmúlt évtizedben azonban visszatért a vízminőség javulásának következtében. A vízfelszíni párzást követően a nőstények folyó fölötti repülését a vízfelszínről visszavert vízszintesen poláros fény irányítja, amely a hidak előtt, azok tükörképénél hirtelen megszűnik, ezért a feltorlódó kérésztömeg kivilágított hidak esetében a híd lámpáihoz vagy a vízparti lámpákhoz repül. Emiatt a nőstények a lámpa alatti aszfaltfelületre rakják a petéiket, amelyek így elpusztulnak. Mindez veszélyezteti a következő generáció kifejlődését. Az ELTE és az ÖK Duna-kutató Intézetének munkatársai több éve végeznek kísérleteket, hogy megoldást találjanak erre a problémára. Olyan több lámpából álló fénysorompót fejlesztettek ki, amely képes a hidaknál összegyűlő kérészeket a víz felett tartani, hogy a nőstények végül le tudják rakni petéiket a vízbe.

Ephoron virgo is a protected river-dwelling mayfly species inhabited in the river Danube. It had been absent from the Danube for decades, but reappeared after the improvement of the water quality in the last decade. After copulation, the flight of E. virgo females, prior to oviposition, is driven by the polarization signal of the light reflected from the river surface. This signal abruptly breaks at the mirror image of bridges, thus the mass of mayflies are attracted to the high-intensity bridge-lamps, where they start to swarm around the light sources. Consequently, the mayflies oviposit on the asphalt road where millions of eggs perish because of dehydration. The researchers of ELTE and the CER Danube Research Institute have been working on a solution to reduce the effect of this ecological trap. They have developed a light barrier of downstream-facing LED beacon lights that guide egg-laying females to the river surface and prevent them from perishing outside the river near urban lights.

1. BEVEZETÉS

A 2010-es évek elejének nagy szenzációja volt, hogy a Dunában őshonos, védett dunavirág (*Ephoron virgo)* kérészfaj (természetvédelmi értéke 10 ezer Ft/egyed) ötven év után újra tömegrajzásokat produkált. Ez elsősorban a vízminőség javulásának köszönhető. E kérészfaj ugyanis erősen érzékeny a szennyeződésekre, ezért a vízminőség hatékony bioindikátora. A dunavirág nagyon hasonló életmódot folytat a nála közismertebb és szintén védett tiszavirághoz (*Palingenia longicauda*), ugyanakkor vannak jelentős különbségek is a két faj között. A dunavirág lárvák Észak-Afrika és Európa folyóiban az aljzatban kialakított U alakú járataikban élnek és szűrögető életmódot folytatnak. A lárvák fejlődése egy évig sem tart, a nyár végén lerakott tojásokból a következő év áprilisában bújnak elő a lárvák, amelyek augusztus közepére érik el a kifejlett, kirepülés előtti állapotot. A dunavirág néhány hetes rajzási időszaka többnyire július végén - augusztus közepén kezdődik. A rovarok kirepülése sötétedéskor 20 óra körül kezdődik és kb. 22 óráig tart. A rajzás első szakaszában a nimfa (utolsó lárvaalak) a víz felszínére úszik, ahol előbújik a szárnyas rovar. A tiszavirághoz hasonlóan a hímek esetében itt is szubimágók, míg a nőstények esetében párzóképes nőstény imágók jelennek meg. A hím szubimágók a partra repülnek, ahol imágóvá vedlenek, majd visszatérnek a folyó fölé, hogy párzótársra találjanak. Az első nimfa-imágó átalakulások után mintegy 0,5-1 órával a nőstények laza szerkezetű rajokba szerveződnek, és megkezdik a petéik elsodródását megakadályozó kompenzációs repülésüket. Ekkor a folyó középvonala mentén haladva néhány kilométer megtétele után találják meg tojásrakó helyüket, ahol lerakják a vízbe az egyenként több ezer tojást tartalmazó tojáscsomóikat, melyekből a következő tavaszra újabb lárvák fejlődnek.

2. HÍDLÁMPÁKNÁL KIALAKULÓ ÖSSZETETT ÖKOLÓGIAI CSAPDA

Közismert, hogy számos vízirovar, ahogy a dunavirág is, a vízfelszíneket a róluk visszavert erősen és vízszintesen poláros fény optikai jele alapján érzékelik [1-2]. Kompenzációs repülése során a dunavirág e jelet követve képes a folyó középvonala fölött maradni. Ha ez a jel valamilyen módon megszakad, akkor a repülő kérésztömeg összezavarodik, és nem képes továbbhaladni az eredeti repülési irányba. Ilyen eset állhat fenn hidak környezetében, ahol a híd tükörképe és vízre vetülő árnyéka módosítja a visszavert fény polarizációs tulajdonságait, így a kérészek számára megszakad a folyó egyértelmű, jól követhető optikai jele. Ezt a jelenséget először Málnás és munkatársai [3] figyelték meg tiszavirág kérészek kompenzációs repülése során. E kérészfaj rajzása és tojásrakása naplemente előtt történik. Kompenzációs repülésük során a híd előtt feltorlódik a tojásrakás előtt álló nőstényeket tartalmazó kérésztömeg, majd összezavarodva, örvénylő mozgásba kezdenek. Ebben elfáradva végül a híd előtti folyószakaszba rakják tojásaikat.

A dunavirág rajzása a tiszavirágéval ellentétben naplemente után, már sötétben kezdődik, ezért számukra a hidaknak a korábban említett probléma mellett egy másik káros hatása is van. Sötétben a hidak közvilágítási lámpái be vannak kapcsolva, amelyek magukhoz vonzzák és ott tartják a nagy tömegben érkező kérészeket. Az erős intenzitású fény vonzó hatása olyan nagy, hogy a lámpák körül örvénylő kérészek nem képesek elhagyni azokat, így elfáradva a hídon futó aszfaltútra rakják tojásaikat. Régóta ismert, hogy az aszfaltutak poláros fényszennyező felületek [4-7], azaz a róluk visszavert vízszintesen poláros fény vizet utánoz a vízirovarok számára. A dunavirág tehát repülés közben egy összetett ökológiai csapda áldozatául eshet. Az útjukba kerülő híd tükörképe megszakítja a víz folytonos poláros jelét, amit addig követtek, a nagy intenzitású hídlámpák pedig magukhoz vonzzák őket. A rajzásban elfáradva pedig a híd aszfaltútjára szállnak le, aminek vízszintesen poláros jele tovább erősíti a csapdahatást, így tojásaikat a víz helyett a hídfelszínre helyezik. Ez esetben a lerakott tojások és az elfáradt, leszállt nőstények kiszáradás miatti pusztulása elkerülhetetlen. A nyilvánvaló ökológiai kár mellett a lakosság számára is problémát okoz a nagy mennyiségű kérésztetem, hiszen az utak felületét csúszóssá, síkossá téve balesetveszélyes helyzetet teremt.

3. KÉRÉSZVÉDŐ FÉNYSOROMPÓ

A kialakult ökológiai csapda megszüntetésére vagy mérséklésére talán a legkézenfekvőbb megoldás lenne a hídlámpák lekapcsolása a rajzás időszakára. Egy ilyen intézkedés minisztériumi és önkormányzati jóváhagyásához nagyon pontos

tervezés szükséges, a dunavirág pontos rajzási idejét azonban nehéz megjósolni, hiszen ebben évről évre akár többhetes eltérések is lehetnek. E változékonyság pontos okai egyelőre nem ismertek, lehetnek meteorológiai, csillagászati, illetve vízkémiai eredetűek is. Ráadásul más-más folyószakaszokon eltérő időszakokban mehet végbe a tömegrajzás.

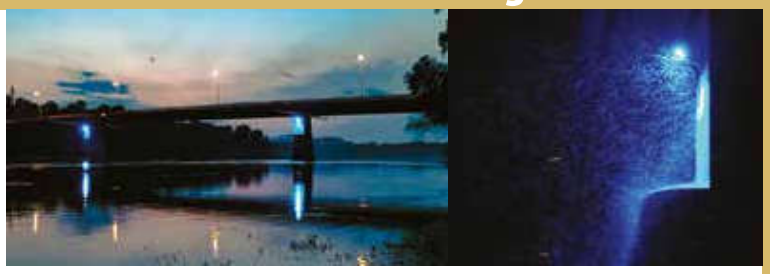
Az ELTE Környezetoptika Laboratóriumának és az Ökológiai Kutatóközpont Duna-kutató Intézetének munkatársai egy alternatív megoldással álltak elő. A hídról lelógatott erős fényű reflektorok képesek lehetnek vonzóbb optikai hatást kiváltani a híd lámpáinál, és ezzel a vízfelszín fölött tartani a kérészeket, miáltal a rajzásban elfáradt kérész nőstények nem az aszfaltfelszínre, hanem a vízre szállnak le, és a természetes élőhelyükre rakják a tojásaikat. Az ötlet megvalósítását számos terepkísérlet és prototípus tesztelés előzte meg, amelyek a Duna kisebb mellékfolyóin, a Rábán és az Ipolyon történtek, ahol a dunavirág szintén gyakori. A koncepció tesztelése során kiderült, hogy ilyen lelógatott lámpákkal sikeresen képezhető egy fénysorompó a kérészek számára, amely meggátolja őket a közúti lámpákhoz való továbbhaladásban, és az utódgenerációt képző tojások millióit mentheti meg a pusztulástól [8].

Az elmúlt évek fontos megfigyelése volt, hogy a nagyobb tömegrajzások alkalmával a dunavirág kérészek a folyóparti középületek (pl. MÜPA, Duna Aréna) kék színű díszkivilágításainál is meglepően nagy számban csapdázódtak. Felmerült tehát az a kérdés is, hogy milyen hullámhosszú fényforrással lehet a legvonzóbb optikai hatást kiváltani a számukra. A fénysorompó tesztvizsgálatai során az derült ki, hogy a hullámhossz csökkenésével nő a vonzódás, vagyis a kék és UV spektrális tartományok vonzzák a legtöbb dunavirág kérészt.

Az így szerzett tapasztalatokat felhasználva, a Farkas Alexandra által elnyert Nemzet Fiatal Tehetségeiért Ösztöndíj támogatásával és Tahitótfalu önkormányzatának együttműködésével 2019 nyarán a Tahitótfalu határában lévő Tildy Zoltán hídon épült ki az első kérészvédő fénysorompó, amely két kék fényű LED-ekkel ellátott, a híd oldalára felszerelt reflektorból áll. E reflektorok úgy lettek beállítva, hogy a település lakosságát nem zavarják, és csak sötétedés után, a rajzási időszakban üzemelnek. Ugyanebben az időszakban a híd közvilágításának intenzitását 30%-kal csökkentik, így biztosítva, hogy a korábbi években megfigyelt ökológiai csapda hatása minél inkább mérséklődjön, és a kérészek védelmét szolgáló fénysorompó minél hatékonyabban működjön.

A kialakított optikai megoldás hatására 2019 nyarán jelentősen kevesebb kérész és tojás pusztult el az említett hídnál, mint a korábbi években. Az új optikai védőrendszer természetvédelmi jelentőségén túl lehetőséget biztosít további kutatómunka elvégzésére is a fényforrások ökológiai hatásaival kapcsolatban, amire az elkövetkező években fog sor kerülni. A módszer további tökéletesítésével pedig elérhetővé válik az a távlati cél is, hogy minél több hídra kerüljön fel hasonló, a kérészek és tojásaik védelmét célzó optikai megoldás, minimalizálva az emberi jelenlét okozta rovarpusztulást és az utódgenerációt érintő természetvédelmi kárt.

A fénysorompó kialakítását megalapozó terepkísérletek a Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból biztosított támogatással, a PD_19 pályázati program (131738 számú projekt) és az EFOP-3.6.2-16- 2017-00014: Nemzetközi kutatási környezet kialakítása a fényszennyezés vizsgálatának területén című projekt finanszírozásában valósultak meg.



1. ábra *Kérészvédő fénysorompó a tahitótfalui Tildy Zoltán hídon*
(Fotó: Száz Dénes – balra, Farkas Alexandra – jobbra)

Irodalomjegyzék

[1] **Szaz, D., Horvath, G., Barta, A., Robertson, B. A., Farkas, A., Egri, A., Tarjanyi, N., Racz, G., & Kriska, G. (2015).** Lamp-lit bridges as dual light-traps for the night-swarming mayfly, Ephoron virgo: interaction of polarized and unpolarized light pollution. *PloS One*, *10*(3), e0121194.

[2] **Farkas, A., Száz, D., Egri, Á., Barta, A., Mészáros, Á., Hegedüs, R., Horváth, G., & Kriska, G. (2016).** Mayflies are least attracted to vertical polarization: A polarotactic reaction helping to avoid unsuitable habitats. *Physiology & Behavior*, *163*, 219–227.

[3] **Málnás, K., Polyák, L., Prill, É., Hegedüs, R., Kriska, G., Dévai, G., Horváth, G., & Lengyel, S. (2011).** Bridges as optical barriers and population disruptors for the mayfly Palingenia longicauda: an overlooked threat to freshwater biodiversity? *Journal of Insect Conservation*, *15*(6), 823–832.

[4] **Kriska, G., Horváth, G., & Andrikovics, S. (1998).** Why do mayflies lay their eggs en masse on dry asphalt roads? Water-imitating polarized light reflected from asphalt attracts Ephemeroptera. *The Journal of Experimental Biology*, *201*(Pt 15), 2273–2286.

[5] **Horváth, G., & Varjú, D. (2004).** Why Do Mayflies Lay Eggs on Dry Asphalt Roads? Water-Imitating Horizontally Polarized Light Reflected from Asphalt Attracts Ephemeroptera. In *Polarized Light in Animal Vision* (pp. 229–240). https://doi.org/10.1007/978-3-662-09387-0_22

[6] **Horváth, G., Kriska, G., Malik, P., & Robertson, B. (2009).** Polarized light pollution: a new kind of ecological photopollution. *Frontiers in Ecology and the Environment*, *7*(6), 317–325.

[7] **Egri, Á., Pereszlényi, Á., Farkas, A., Horváth, G., Penksza, K., & Kriska, G. (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. In *Journal of Insect Behavior* (Vol. 30, Issue 4, pp. 374–384). https://doi.org/10.1007/s10905-017-9623-3

[8] **Egri, Á., Száz, D., Farkas, A., Pereszlényi, Á., Horváth, G., & Kriska, G. (2017).** Method to improve the survival of night-swarming mayflies near bridges in areas of distracting light pollution. *Royal Society Open Science*, *4*(11), 171166.

Dr. Száz Dénes
Tudományos munkatárs
ELTE BDPK Fizikai Tanszék
szaz.denes@gmail.com

Dr. Kriska György
Egyetemi docens, ELTE TTK Biológiai Intézet, Biológiai Szakmódszertani Csoport
Tudományos főmunkatárs, Ökológiai Kutatóközpont, Duna-kutató Intézet
kriska@ludens.elte.hu

Dr. Farkas Alexandra
Tartalommenedzser, tudományos újságíró
Szent István Egyetem
farkasalexandra@gmail.com

Dr. Horváth Gábor
Egyetemi tanár
ELTE TTK Biológiai Fizika Tanszék
Környezetoptika Laboratórium
gh@arago.elte.hu

Dr. Egri Ádám
Tudományos munkatárs
Ökológiai Kutatóközpont
Duna-kutató Intézet
adam.egri@estrato.hu

Elektrotechnika

A MAGYAR ELEKTROTECHNIKAI EGYESÜLET HIVATALOS LAPJA ■ ALAPÍTVA: 1908
JOURNAL OF THE HUNGARIAN ELECTROTECHNICAL ASSOCIATION ■ FOUNDED: 1908

A VILÁGÍTÁS KÖRNYEZETI HATÁSAI

Betekintés a
25 éves Világítástechnikai Társaság
kutatási és tevékenységi területeibe

A fényszennyezés problémakörének kapcsolódása az ENSZ Fenntartható Fejlődési Céljaihoz

■

A fényszennyezések és alvásproblémák kapcsolata Európában

■

Kritikusan a fényforrások színi jellemzőiről, különös tekintettel a LED, OLED fényforrásokra

■

A LED-technológia alkalmazása a növénytermesztésben: lehetőségek és kihívások

■

Kérészvédő fénysorompó kialakítása a Dunán

■

A koronavírus-járvány ellenére alig csökkent a hazai áramfogyasztás

113. ÉVFOLYAM
2020/4
www.mee.hu