

KÖZÚTI MŰTÁRGYAK SZEREPE AZ AUTÓPÁLYÁK ÁTJÁRTHATÓSÁGÁBAN SZŐRMÉS RAGADOZÓFAJOK ESETÉBEN

Tari Tamás & Reinhoffer István

Soproni Egyetem, Vadgazdálkodási és Vadbiológiai Intézet,
University of Sopron, Institute of Wildlife Biology and Management
H-9400 Sopron, Bajcsy-Zs. u. 4, Hungary; e-mail: tari.tamas@uni-sopron.hu

ABSTRACT

TARI, T. & REINHOFFER, I. (2022): THE ROLE OF ROAD STRUCTURES IN THE PERMEABILITY OF HIGHWAYS FOR CARNIVORE SPECIES. *Hungarian Small Game Bulletin* **15**: 1–9. <http://dx.doi.org/10.17243/mavk.2023.001>

Habitat fragmentation is one of the factors that have a negative influence on the ecosystem and is caused primarily by human activities. In this process, natural habitats (biotopes) may disappear or break up. Isolation is mainly caused by linear transportation networks. Motorways and expressways have the highest isolation effect due to the existence of fences, the wide carriageway and the intensive traffic. In our research, we investigated medium-sized concrete box culverts using sand benches. The recorded traces were used to determine the species that used the culverts. Based on our results, we could not describe a linear increase in culvert use. However, we observed seasonal variation. We distinguished a summer-autumn season with high use and a winter-spring season with low use. The most frequent species was the red fox, followed by small carnivores and, last, the badger. Among these, the results for badger suggest that the opening rate of the passages was not optimal, since this species had the highest rate of return. Our results suggest that the road structures we studied are suitable for reducing habitat fragmentation effects.

KULCSSZAVAK: vadátjárók, közlekedés, fragmentáció, beton vízáteresz

KEYWORDS: wildlife crossing structures, traffic, fragmentation, concrete box culvert

1. BEVEZETÉS

Az élőhely fragmentáció az ökoszisztémát negatívan érintő hatások egyike, ami szorosan kötődik az emberi tevékenységekhez (FAHRIG 2003). A folyamat során eltűnhetnek, illetve feldarabolódhatnak természetes élőhelyek (CROOKS *et al.* 2017). A feldarabolódás miatt az eredeti élőhelyfoltok között nehezedik vagy teljesen meg is szűnik az állatfajok szabad mozgása (ARROYO-RODRÍGUEZ *et al.* 2013). Abban az esetben, ha egy faj mozgása nem akadályozott a felszabdalt élőhelyen életképes metapopulációk jöhetnek létre (HANSKI & AGIOTTI 2004). Azonban az élőhelyfoltok közötti kapcsolat megszűnése vagy a kontaktusok számának minimálisra csökkenése egyes fajok fennmaradására is hatással lehet (CHEPTOU ET AL, 2017). Az izolációs hatás megjelenéséért leginkább a vonalas közlekedési hálózatok felelősek (WHITE *et al.* 2007). Ez a jelenség egyike az utak okozta indirekt negatív hatásoknak (BISSONNETTE 2002), ami fokozódik leggyakoribb direkt hatás, a vad gépjármű-ütközések (FEDORCA *et al.* 2021) mérséklése érdekében telepített kerítések meglétekor (CLEVENGER *et al.* 2001). A kerítések megléte, a széles pályatest és az intenzív forgalom miatt az autópályák és autó utak fejtik ki a legnagyobb izolációs hatást (JAEGER & FAHRIG 2004). Az izolációs hatás csökkentésében az útpálya alatt vagy felett áthaladó különböző közlekedési műtárgyak kiemelkedő szerepet játszanak. Ezek egy része közlekedési és vízelvezetési célt szolgál, de mérettől és elhelyezéstől függően különböző állatfajok számára is átjárást biztosítanak (CLEVENGER 1999, HUIJSE *et al.* 2007). Mivel azonban nem jelentenek teljeskörű megoldást,

létrehozásra kerülnek a vadátjárók, amelyek karakterisztikájukat tekintve alkalmasak a különböző állatfajok átjárásának biztosítására (JACKSON 2000). Ezek lehetnek hullók és kétéltűek számára létrehozott átjárók (JADWIGA 2005), kisméretű aluljárók (SCHRAG 2003), kötélhidak (GOOSEM *et al.* 2005) vagy vizes átjárók (JENSEN *et al.* 2001). Nagyméretű emlősök részére nagyméretű aluljárók (MYSŁAJEK 2016), úttesten elhelyezett átjárók (LEHNERT & BISSONNETTE 1997) és úttest feletti átjárók kerülnek elhelyezésre (WÖLFEL & KRÜGER 1995, BALLÓK *et al.* 2010). A vadátjárók szerepe az utak okozta izolációs hatás csökkentésében elvitathatatlan, ugyanakkor mivel kialakítási költségük magas, ezért telepítésük rendkívül körültekintést igényel (CLEVENGER & WALTHO 2005). A tervezés folyamatában elengedhetetlen megismerni egy adott útszakasz már meglévő átjárhatóságát, amit a korábban említett közlekedési műtárgyak (vízátereszek, közúti- és vasúti aluljárók, vízfolyások) jelentenek. Ezek hatásának ismerete nagyban hozzásegíthet a vadátjárók megfelelő elhelyezéséhez. Magyarországon az utóbbi évtizedben jelentősen emelkedett az autópályák és autóutak hossza, a következő évtizedben további fejlesztések várhatók. Ezek az utak kerítéssel ellátottak, ezzel csökkentve a vad gépjárműütközések valószínűségét. Ugyanakkor az úthálózat rohamos fejlődése az élőhelyfragmentáció rövid időszak alatti fokozódását is maga után vonta (TARI 2021).

Vizsgálatunk célja volt, megismerni, az elsődlegesen vízátvezetési célt szolgáló közúti műtárgyak izolációs hatás csökkentésében játszott szerepét. Mindezt egy újonnan átadott gyorsforgalmi út szakaszának példáján keresztül, a területen előforduló szarvasfélékre, vaddisznóra és kistestű ragadozókra vonatkozóan.

2. ANYAG ÉS MÓDSZER

A vizsgálat Győr-Moson-Sopron megyében történt. A vizsgálatba bevont útszakasz az M85-ös gyorsforgalmi út Rőjtökmuzsaj-Pereszteg közötti szelvényének (59km+441m – 71km+622m) része, Ebergőc település vonzáskörzetében (N47°34'45"; E16°48'20"). A szakasz 2020. december 16-án került átadásra. 2×2 sávós autópályaként épült középen fizikai elválasztással (szalagkorlát), leállósáv nélkül, 24,60 m koronaszélességgel és 2,50 m stabilizált padkával, maximális sebesség 110km/óra. A útpálya mindkét oldalán 210 cm magasságú fonott drótkerítés található, alsó 40 cm-en 10*15cm-es háló mérettel. A lebonyolított forgalom nagysága 6937 jármű/nap (MAGYAR KÖZÚT 2022). A vizsgált útszakasszal szomszédos terület síkvidéki erdő-mező élőhely komplex, vízfolyás az útpálya mindkét oldalán hozzáférhető. A terület vadgazdálkodási tevékenységgel érintett, vadászati hasznosítás és kiegészítő takarmányozás folyik. A területen rendszeresen előforduló emlősök gímszarvas (*Cervus elaphus*), dámszarvas (*Dama dama*), őz (*Capreolus capreolus*), vaddisznó (*Sus scrofa*), róka (*Vulpes vulpes*), borz (*Meles meles*), kisragadozók (nyest (*Martes foina*), görény (*Mustela putorius*), mezeinyúl (*Lepus europeus*). Ritkán megfigyelhető fajok: aranyasakál (*Canis aureus*), vidra (*Lutra lutra*).

A vizsgálat 2021. március 1. és 2022. február 28. között, egy éven keresztül zajlott. A kijelölt szakaszon 4 db kisméretű úttest alatti közlekedési műtárgy (közepes méretű vízáteresz) került vizsgálatra (**1. ábra**).

A műtárgyak 1,25 méter (4,1ft) szélesek (W), 2 méter (6,56 ft) magasak (H) voltak, hosszuk (L) 33 méter (108 ft). Nyitottsági arányuk ($OI=(H*W)/L$) $OI_m=0,075$, $OI_{ft}=0,248$ volt (BRUDIN 2003). Az átjárók két bejáratánál homokpadok kerültek kialakításra, méreteik a következők voltak: 125 cm széles, 125 cm hosszú és 5 cm mély, a felhasznált homok mérete 1-3 mm volt. Telepítéskor és ellenőrzéseket követő helyreállítás során megfelelő állag elérése érdekében a homokpadok mechanikai lazítása és nedvesítése egyaránt megtörtén, majd simítóval lettek elegyengetve. Homokpadok ellenőrzése heti rendszerességgel történt,

telepítést követően összesen 51 alkalommal. Az ellenőrzések során feljegyzésre került a megfigyelt nyomok darabszáma valamint azok haladási iránya. A nyomok ismeretlen és meghatározható kategóriába kerültek besorolásba. A meghatározható nyomokat méret és formai jellemzők alapján fajszerint meghatározása megtörtént. A vizsgálatba a róka, borz, kisoragadozók által hagyott nyomok kerültek bevonásra.



1. ábra: Vizsgálatba bevont közúti műtárgy képe

Figure 1. Image of the road structure

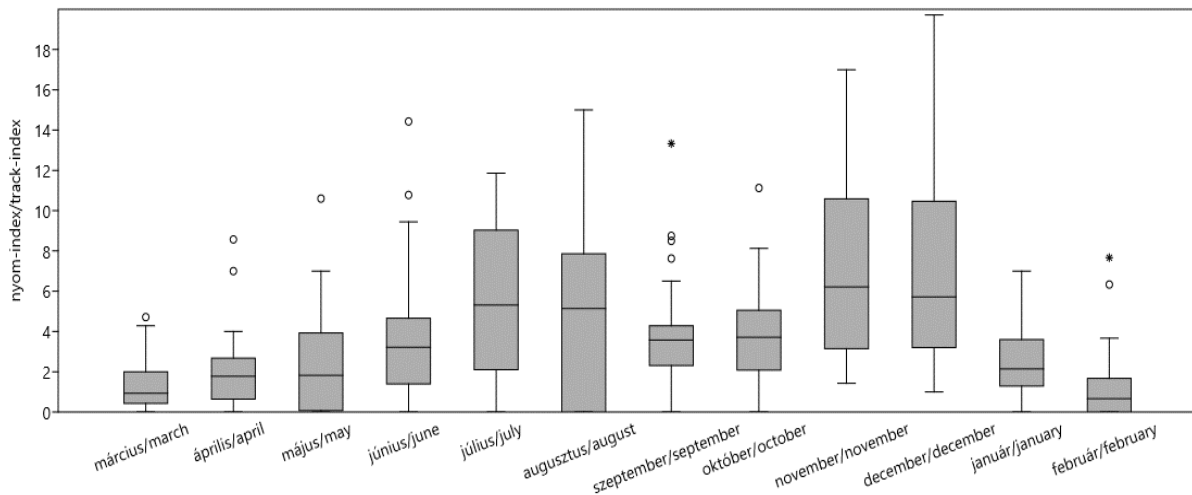
A terepi jegyzőkönyvek adatai MS Excel programban kerültek rögzítésre. Az egyes ellenőrzési szakaszok összehasonlítása érdekében éjszakára vonatkoztatott átlagos nyom-index került kiszámolásra.

$$\text{Nyom index} = \frac{(\text{két ellenőrzés között keletkezett nyom} + \text{vizsgált homokpadok száma})}{\text{két ellenőrzés között eltelt éjszakák száma}}$$

A fajszerinti átjáróhasználat vizsgálatakor az egyes fajok gyakorisága % értékben került megadásra az összes vizsgálatba bevont fajhoz tartozó nyomszámhoz viszonyítva. A visszafordulások arányának meghatározásánál igazolt áthaladásnak minősült átjáróban elhelyezett egyik homokpadon befele haladást mutató nyom majd a másik homokpadon kifelé haladást mutató nyom megléte.

3. EREDMÉNYEK

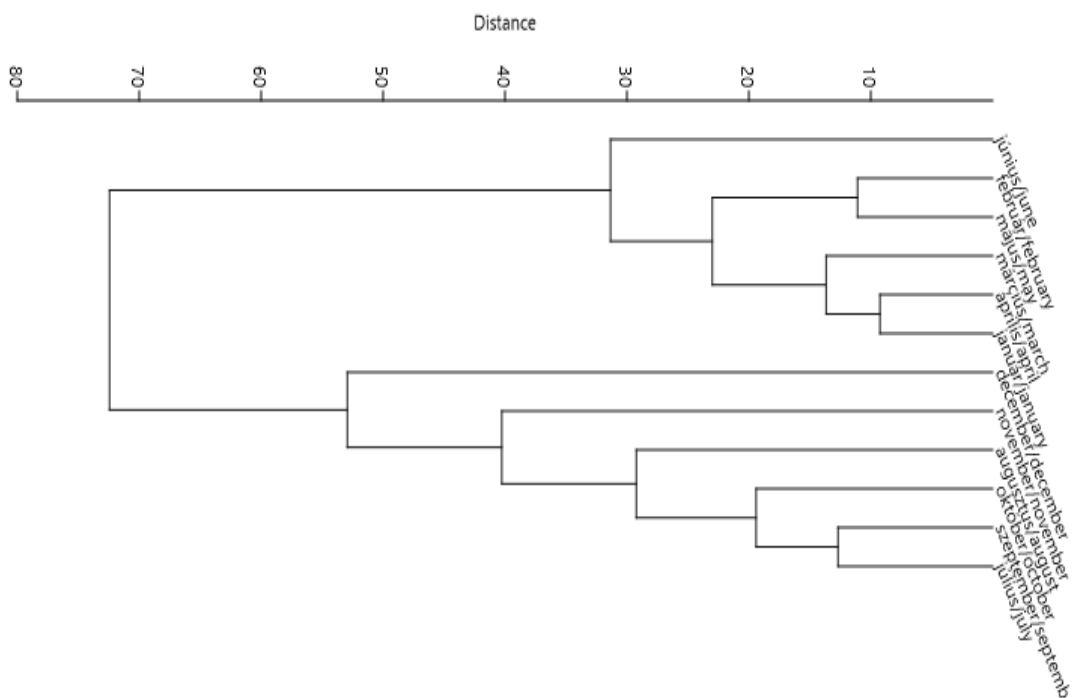
A vizsgálati periódusban 51 ellenőrzés során az átjárókban összesen 15540 állati és 297 emberi nyom került rögzítésre, az emberi nyomok ellenőrzésenkénti előfordulási gyakorisága 43,14% volt. Az Anyag és módszer fejezetben ismertetett, vizsgálat részét képző fajokhoz köthető felismerhető nyomok száma 10985 db volt. Az ellenőrzésenkénti átlagos ragadozó nyom index a vizsgált periódusban $3,89 \pm 3,74$ értéként alakult (0,00-19,71). A nyom index ellenőrzésenkénti alakulásának trendjében nem volt felismerhető lineáris összefüggés (Spearman rank korreláció. $D=17590$; $r=0,204$; $p=0,151$). Szezonális eltérések azonban megfigyelhetők voltak (**2. ábra**).



2. ábra: Nyom-index értékek alakulása a vizsgált időszakban

Figure 2. Average track-index values during the study period

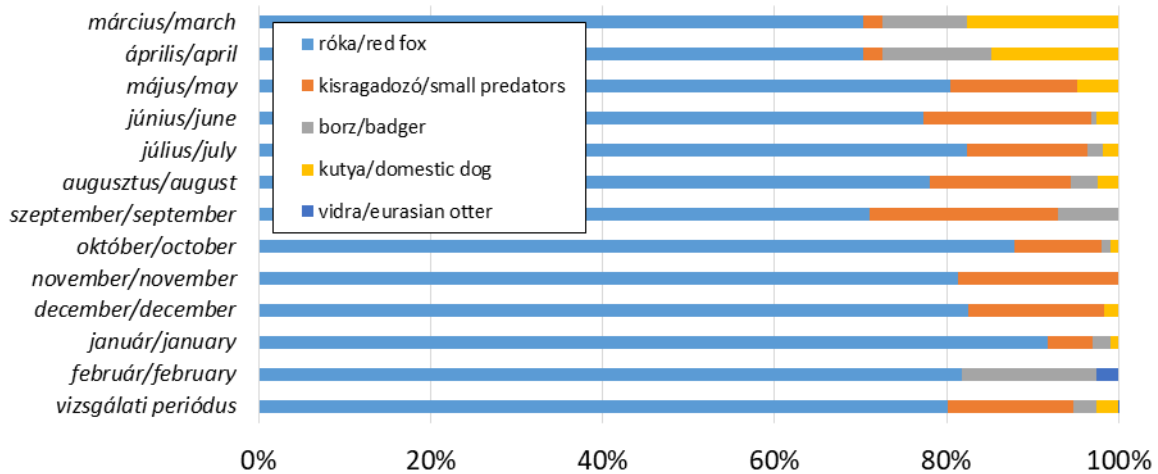
A vizsgált hónapokhoz tartozó nyomszámok alapján, igazolható volt a vizsgálati perióduson belüli különbség (Kruskal-Wallis test: $H=109,6$; $p \leq 0.001$). Az egyes hónapok átlagos nyomindex (nyom/éj) értékei az alábbiak szerint alakultak: március: 1,37; április: 2,05; május: 2,38; június: 3,66; július: 5,49; augusztus: 5,26; szeptember: 3,91; október: 7,13; november: 7,02; december: 7,02; január: 2,52; február: 1,33. A hónapok közötti tényleges eltéréseket Mann-Whitney pairwise teszttel vizsgáltuk, a 66 elvégzett páros összehasonlítás közül 43 esetben statisztikailag igazolható volt az eltérés. Ezek alapján a január-június és a július-december időszak elkülönült egymástól, előbbi hónapok tekinthetők az alacsonyabb használati intenzitású periódusnak, míg az utóbbiak a magas használati intenzitásúnak. Ezt erősíti meg az elvégzett hierarchikus cluster elemzés (Ward's method) (3. ábra).



3. ábra: A cluster analízis eredményei

Figure 3. Results of the cluster analysis

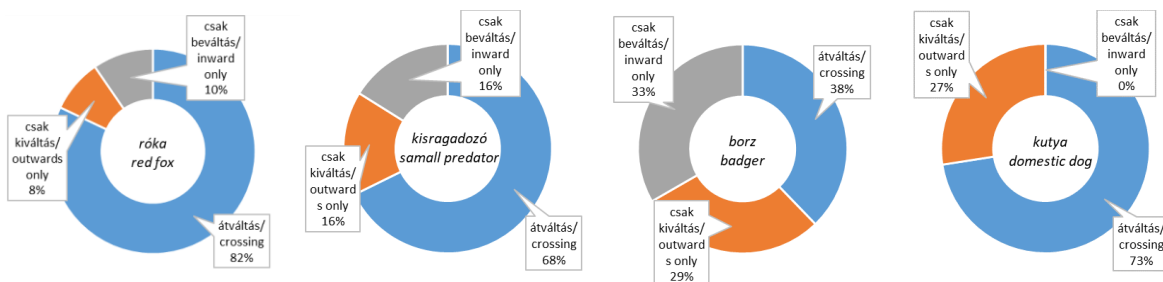
A vizsgálati eredmények alapján megállapítható továbbá, hogy nem csak a nyomok számának alakulásában, hanem az egyes fajok jelenlétében is eltérések voltak. Az összes felismerhető ragadozó nyom 80,2%-a vörös rókaéhoz tartozott, ezt követte 14,53%-kal a kisragadozók, majd 2,75%-ban a borz. Az átjárókban előfordult továbbá a kutya, amely az össznyom 2,44%-át adta, szükséges azonban megemlíteni, hogy a kutya nyomok jelenléte az esetek nagyrésztében emberi nyomokhoz kötődött, minimálisnak tekinthető a kóbor ebek jelenléte. A vizsgálati periódusban mindössze egy ellenőrzés során fordult elő az átjáróban vidra, ez az összes nyomok 0,08%-át jelentette. A fajok eloszlása havonta eltérő képet mutatott (4. ábra).



4. ábra: Nyomok fajok szerinti szezonális eloszlása

Figure 4. Seasonal distribution of traces by species

A róka nyomok aránya 70,3–91,8% között alakult, a kisragadozóké 0–22%, a borz 0–15,7%, míg a kutya 0–17,7% között változott. Megállapítható, ezek alapján, hogy a róka az egyedüli vadfaj, amelyik valamennyi hónapban megfigyelhető volt az átjárókban, a kisragadozók egy hónapban (február) maradtak teljes mértékben távol, a borz esetében három hónapban (május, november, december) nem volt megfigyelhető a jelenlét, a kutya esetében szintén három hónapban maradt el a megjelenés (szeptember, november, február). Az átjáróban rögzített nyom, viszont nem minden esetben tekinthető igazolt átkelésként. Azokban az esetekben, amikor befelé vezető nyomhoz nem társul kifelé vezető nyom a másiok oldalon, abban az esetben nem tekinthető igazoltnak az átkelés. Így megkülönböztetünk csak beváltásos jelenlétet, csak kiváltásos jelenlétet és átváltásos előfordulást, amelyben fajok között eltérés figyelhető meg (5. ábra).



5. ábra: Vizsgált fajok sikeres átkelései

Figure 5. Successful crossings of the species studied

Megállapítható volt, hogy a róka esetében a legmagasabb az igazolható átváltások aránya (82%), ezt követi a kutya (73%) majd a kisragadozók (68%), a borz esetében jelentősen elmarad az arány, mindössze 38%. Itt tartjuk szükségesnek megemlíteni, hogy egyéb – jelen feldolgozás tárgyát nem képző vadfajok – igazolt áthaladásának aránya nem haladta meg az 50%-ot (öz 33%, vaddisznó 50%, mezeinyúl 0%).

4. KÖVETKEZTETÉSEK

Vizsgálatunk kezdetekor az volt a célkitűzés, hogy különböző ragadozó fajok példáján keresztül meghatározzuk közepes méretű beton vízátereszek átjárhatóságát. Mindezt egy újonnan átadott, kerítéssel ellátott gyorsforgalmi út vizsgálatával. Az eredményink alapján kijelenthető, hogy ezen közúti műtárgyak alkalmasak a vizsgált fajok (róka, borz és kisragadozók) átjárásának biztosítására. Ugyanakkor szezonális és faji eltérések erősen korlátozzák azok hatékonyságát. Az átadástól eltelt idő esetében, nem volt igazolható lineáris kapcsolat, tehát a vizsgált vadfajok nem a hozzászokás mértékétől függően használták intenzívebben a vízátereszeket az éves perióduson belül. Eredményeink alapján egy alacsonyabb használati intenzitású periódus (2,3 nyom/éj, január-június) volt megfigyelhető. Ez különösen érdekes annak szemszögéből, hogy a legalacsonyabb használati értékkel jellemezhető január-február időszak a róka koslatási időszakába esik, amely fokozott mozgásaktivitással jár. Ennek ellenére az átjárók használata elmaradt a magas használati intenzitású periódustól (5,4 nyom/éj, július-december). A két periódus közötti különbség egyrészt következhet a téli időszakban uralkodó alacsonyabb hőmérséklettől, az átjáró napfénytől zárt belső szakasza ekkor alacsonyabb hőmérsékletet jelent, mint a külső környezet, amihez a kis keresztmetszet és relatív hosszú terjedeleme szeles időjárás esetében még a szél sebességének erősödésével is hozzájárul. Az alacsonyabb téli használatot, még az optimálisabb abiotikus jellemzőkkel bíró, nagyobb aluljárók esetében is ismert jelenség (WAZNA *et al.* 2020). A magasabb intenzitású periódusban nyári és őszi hónapok, valamint a december is helyt kap. A nyári időszakban a vízhez való hozzáférés játszhat fontos szerepet, míg a őszi kora téli szezonban a társasvadászatok zavaró hatása lehet jelentős. A fajok között is eltérések voltak megfigyelhetők, egyrészt egyedül a róka volt az amely esetében kijelenthető, hogy egész évben használta az átjárókat. A róka rendszeres kisméretű vízáteresz használatát az M3-as autópálya Gödöllő és Bag közötti 41+461 km-nél esetében is leírták (MARKOLT 2009) A többi faj esetében voltak hónapok, amelyek során távol maradtak. Így tehát bár biztosított az átjárás nem éves rendszerességgel használják azt, valamint a használat intenzitása elmarad a rókától. A sikeres átjárás nagyban függ az átjáró nyitottsági arányától, minél sötétebb egy átjáró annál gyakoribb a visszafordulás arány, közepes testű emlősökre pl. az ajánlott arány egy amerikai vizsgálatban (OI_{ft}) 0,4 (ARIZONA GAME AND FISH MANAGEMENT 2006) amitől jelen átjárók elmaradnak. És bár az igazolt, hogy a kis és közepes testű ragadozók a kisebb vízátereszeket kedvelik, a nagy aluljárókhhoz képest (SERVHEEN 2003), mégis megállapítható volt eredményeink alapján, hogy a négy vizsgált csoport között van különbség a nyitottsági arányhoz való viszonyulásban. A legkevésbé érzékeny az átjáró fényvel való ellátottságára a róka, a faj esetében a felüljárók vizsgálatánál is a legmagasabb intenzitást írták le más fajokkal összehasonlításban (RENARD *et al.* 2008). A következő a kutya és a kisragadozók. A borz esetében közel a megjelenések 2/3-ában nem volt igazolható az átkelés, valószínűsíthető, hogy ennek a fajnak az esetében az $OI_{ft}=2,75$ nyitottsági arány nem tekinthető optimálisnak. A vizsgált időszakban mindössze egy alkalommal jelent meg a vidra, amely átkelése igazolt volt. Összességében elmondható, tehát, hogy a vizsgált ragadozófajok esetében a közepes méretű beton vízátereszek képesek

mérsékelni a gyorsforgalmi utak okozta izolációs hatásokat, ezzel biztosítani a géncserélődés lehetőségét. Továbbá esetenként hozzájárulhatnak olyan fajok terjedéséhez is, amelyek nem állandó jelleggel vagy csak alacsony számban vannak jelen a területen, ez utóbbi körbe tartozik a vidra. Viszont az is kijelenthető – bár nem volt a vizsgálat céljai között –, hogy a területen állandó jelleggel előforduló mezei nyúl bár 7 alkalommal is megjelent az átjáró bejáratánál, egyetlen esetben sem került rögzítésre átkelés. Így e faj esetében például nem elegendők ezek a műtárgyak a fragmentációs hatás mérséklésére. Ezért is tartjuk rendkívül fontosnak, hogy a gyorsforgalmi utak tervezésénél, nem csak és kizárólag a vadátjárók helyének kialakítását kell ökológiai szemlélettel végezni, hanem egyéb közlekedési műtárgyakét is. Ezek jelenthetik, egy-egy faj számára az egyedüli lehetőséget a gyorsforgalmi utakon történő átjutásra.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatás az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-21-4-II-SOE-70 Kódszámú Új Nemzeti Kiválósági Programjának a Nemzeti, Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült

IRODALOMJEGYZÉK

- ARIZONA GAME AND FISH DEPARTMENT (2006): Guidelines for culvert construction to accommodate fish and wildlife movement and passage. Arizona Game and Fish Department, USA
- ARROYO-RODRÍGUEZ, V., MORAL, E.CD., MANDUJANO, S., CHAPMAN, C.A., REYNA-HURTADO, R. & FAHRIG, L. (2013): Assessing Habitat Fragmentation Effects on Primates: The Importance of Evaluating Questions at the Correct Scale. In: MARSH, L. & CHAPMAN, C. (eds.): *Primates in Fragments. Developments in Primatology: Progress and Prospects*. Springer, New York, NY. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-8839-2_2
- BALLÓK, ZS., NÁHLIK, A. & TARI, T. (2010): Effects of building a highway and wildlife crossings in a red deer (*Cervus elaphus*) habitat in Hungary. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica* **6**: 67–74.
- BISSONETTE, J. A. (2002): Scaling roads and wildlife: the Cinderella principle. *Zeitschrift für Jagdwissenschaft* **48** (Suppl 1): 208–214. <https://doi.org/10.1007/BF02192410>
- CHEPTOU P.O., HARGREAVES A. L., BONTE D. & JACQUEMYN H. (2017): Adaptation to fragmentation: evolutionary dynamics driven by human influences. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* **372**: 20160037. <http://doi.org/10.1098/rstb.2016.0037>
- CLEVINGER, A. P. (1999): Dry drainage culvert use and design considerations for small- and medium-sized mammal movement across a major transportation corridor. In: EVINK, G., GARRETT, P., ZIEGLER, A.D. (Eds.): *Proceedings of the International Conference on Ecology and Transportation*, Missoula, Montana, USA, pp. 448–460.
- CLEVINGER, A. P. AND WALTHO, N. (2005): Performance indices to identify attributes of highway crossing structures facilitating movement of large mammals, *Biological Conservation* **121**: 453–464. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2004.04.025>
- CLEVINGER, A. P., CHRUSZCZ, B. AND GUNSON, K. E. (2001): Highway mitigation fencing reduces wildlife-vehicle collisions, *Wildlife Society Bulletin* **29**(2): 646–653. <https://www.jstor.org/stable/3784191>
- CROOKS, K.R., BURDETT, C.L., THEOBALD, D.M., KING, S,R,B, DI MARCO, M., RONDININI, C. & BOITANI, L. (2017): Quantification of habitat fragmentation reveals extinction risk in terrestrial mammals. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **114**(29): 7635–7640. <http://doi.org/10.1073/pnas.1705769114>.

- BRUDIN, C. D. (2003): Wildlife use of existing culverts and bridges in north central Pennsylvania. In: IRWIN, C.L., GARRET P. & MCDERMOTT, K.P. (Eds.): *Proceedings of the 2003 International Conference on Ecology and Transportation*. Center for Transportation and the Environment, North Carolina State University. Raleigh, NC., pp. 344–352.
- FAHRIG, L. (2003): Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* **34**: 487–515.
<https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.34.011802.132419>
- FEDORCA, A., FEDORCA, M., IONESCU, O., JURJ, R., IONESCU, G. & POPA, M. (2021): Sustainable Landscape Planning to Mitigate Wildlife–Vehicle Collisions. *Land* **10**: 737.
<https://doi.org/10.3390/land10070737>
- GOOSEM, M., WESTON, N. & BUSHNELL, S. (2005): Effectiveness of rope bridge arboreal overpasses and faunal underpasses in providing connectivity for rainforest fauna. In: IRWIN, C.L., GARRET P. & MCDERMOTT, K.P. (Eds.): *Proceedings of the 2005 International Conference on Ecology and Transportation*. Center for Transportation and the Environment, North Carolina State University. Raleigh, NC., pp. 304–316.
- HANSKI, I. & GAGGIOTTI, O. Eds. (2004): *Ecology, genetics and evolution of metapopulation*. Burlington, MA: Elsevier Academic Press, Amsterdam.
- HUIJSER, M. P., KOCIOLEK, A., MCGOWEN, P., HARDY, A., CLEVINGER, A. P. & AMENT, R. (2007): *Wildlife-vehicle collision and crossing mitigation measure: a toolbox for the Montana department of transportation*. Final Report, The U. S. Department of Transportation Federal Highway Administration
- JACKSON, S. D. (2000): Overview of transportation impacts on wildlife movement and populations. In: MESSMER, T.A. & WEST B. (eds.): *Wildlife and highways: Seeking solutions to an ecological and socio-economic dilemma*. The Wildlife Society, p.7–20.
- JADWIGA, B. (2005): Wildlife tunnels and fauna bridges in Poland: past, present and future, 1997–2013. In: IRWIN, C.L., GARRET P. & MCDERMOTT, K.P. (Eds.): *Proceedings of the 2005 International Conference on Ecology and Transportation*. Center for Transportation and the Environment, North Carolina State University. Raleigh, NC., 448–460.
- JAEGER, J. A. G. & FAHRIG, L. (2004): Effect of road fencing on population persistence, *Conservation Biology* **18**(6): 1651–1657. <https://www.jstor.org/stable/3589047>
- JENSEN, P. G., CURTIS, P. D., LEHNERT & HAMELIN, D. L. (2001): Habitat and structural factors influencing beaver interference with highway culverts. *Wildlife Society Bulletin* **29**(2): 654–664. <https://doi.org/10.2307/3784192>.
- LEHNERT, M. E. & BISSONETTE, J. A. (1997): Effectiveness of highway crosswalk structures at reducing deer-vehicle collisions, *Wildlife Society Bulletin* **25**(4): 809–818.
- MAGYAR KÖZÚT (2022): *Az országos közutak 2021. évre vonatkozó keresztmetszeti forgalma*. Budapest
- MARKOLT, F. (2009): *Az M3-as autópálya Gödöllő és Bag közötti szakaszának vadvédelmi és vadgazdálkodási szempontú vizsgálata*. Diplomadolgozat, Szent István Egyetem, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar, Gödöllő
- MYSŁAJEK, R., NOWAK, S., KUREK, K., TOLKACZ, K. & GEWARTOWSKA, O. (2016): Utilisation of a wide underpass by mammals on an expressway in the Western Carpathians, S Poland. *Folia Zoologica* **65**(3): 225–232. <https://doi.org/10.25225/fozo.v65.i3.a8.2016>
- RENARD, M., VISSER, A. A., DE BOER, F. & VAN WIEREN S. E. (2008): The use of the 'Woeste Hoeve' wildlife overpass by mammals. *Lutra* **51**(1): 5–16.
- SCHRAG, A. M. (2003): *Highway and wildlife: Review of mitigation projects throughout Europe, Canada and the United State*. Thesis, California State Polytechnic University, Pomona,
- SERVHEEN, C. (2003): A sampling of wildlife use in relation to structure variables for bridges and culverts under I-90 between Alberton and St. Regis, Montana. In: IRWIN, C.L., GARRET P. & MCDERMOTT, K.P. (Eds.): *Proceedings of the 2003 International Conference on Ecology and Transportation*. Center for Transportation and the Environment, North Carolina State University. Raleigh, NC., 331–341.

- TARI, T. (2021): Élőhelyfragmentációs hatások vadgazdálkodási vonatkozásai The game management aspects of habitat fragmentation effects. In: BORS, R., GÖBÖLÖS, P., KOVÁCS, T. & KÖTELES, P. (szerk.): *Egy a természettel. A Nemzetközi Vadászati és Vadgazdálkodási Konferencia Emlékkönyve*, Budapest, Magyarország, pp. 202–206.
- WAŻNA, A., KAŻMIERCZAK, A., CICHOCKI, J., BOJARSKI, J., GABRYŚ, G. (2020): Use of underpasses by animals on a fenced expressway in a suburban area in western Poland. *Nature Conservation* **39**: 1–18. <https://doi.org/10.3897/natureconservation.39.33967>
- WHITE, P. A, MICHALAK, J. & LERNER, J. (2007): Linking Transportation and Conservation: How the State Wildlife Action Plans can Help Protect Wildlife from Road Development. *UC Davis: Road Ecology Center*. <https://escholarship.org/uc/item/61t1b2xq>
- WÖLFEL, H. & KRÜGER, H. H.(1995): Zur Gestaltung von Wilddurchlässen an Autobahnen. *Zeitschrift für Jagdwissenschaft* **41**, 209–216. <https://doi.org/10.1007/BF02239950>

