

működött a VAHAVA (változás – hatás – alkalmazkodás) projekt. Ez a projekt pontosan azt célozta meg, amit kezdetől fogva a legfontosabbnak tartottam: azt, hogy fel kell készülni az elkerülhetetlen változásokra, fel kell mérni a hatásokat, és behatóan tanulmányozni kell a legmegfelelőbb tudományos/politikai/társadalmi/technikai válaszok lehetőségeit.

2005 májusában Láng Istvánnal közösen látogatást tettünk a Meteorológiai Világszervezet 2003-ban megválasztott új főtitkáránál, Michael Jarraud úrnál. Végigjártuk a WMO Titkárság tudományos és technikai főosztályait. Mindenhol alapos tájékoztatást kaptunk a folyamatban lévő változásokról, új programokról és tervekről. A klimatológiai szolgáltatások fejlesztésével kapcsolatos tudományos és technikai fejlődés észrevehetően felgyorsult.

Ez a látogatás nagyon jól sikerült. Teljes volt a nézetazonosság köztünk és a beszélgetőpartnereink között abban is, hogy az elkerülhetetlen klímaváltozásokra való felkészülés kiemelt figyelmet érdemel, legalább annyira, mint az emisszió csökkentésre irányuló közös nemzetközi törekvés.

Mivel fejezhetném be? A fejlődés ebben az irányban halad tovább, habár lassan. Egy francia és svájci felmérés szerint, a lakosság 80%-a úgy véli, hogy a klímakérdés életbevágó. Ez akár igaz is lehet. A klímászektipusok aránya csökken.

Egy dologban van hiányérzetem. Abban, hogy a jelek szerint kevesen akarják felfogni, hogy a klímáügynek van egy elhanyagolt témaköre: az élővilág érintettsége és szerepe. Nem volna szabad mellékesen kezelni azt, hogy a Föld felszínének durván 30%-a szárazföld (összesen 150 millió km²), amiből nagyjából ¼ rész erdő, 1/8 rész mezőgazdasági és lakott terület, ¼ rész sivatag, a többi meg főleg tundra, és van ezen kívül mocsár, láp, tó, folyó. Amiből az következik, hogy alaposan kellene foglalkozni azzal, hogy milyen szerepet játszik a változatos szárazföldi felszín élővilága a klímaváltozásban, akár mint résztvevője, akár mint elszennvedője a változásoknak.

Abban nincs kétség, hogy a klímáügy, ahogy Guy Turchany professzor barátom mondja: egy hiper-komplex stratégiai kérdés, mely mindenki számára mást jelenthet. Más okból érdekelt benne a tudományos kutató, a mezőgazda, az erdész, a vízmérnök, az energetikus, az építész, az orvos, az idegenforgalmi szakember, a horgász és a politikus. Ha egyetérteni nem is, de – morogva – együttműködni egyszer majd képesek leszünk. Ennyiben optimista vagyok.

Az interjút készítette: JANKÓ FERENC

ESTÓK PÉTER – BOLDOGH SÁNDOR ANDRÁS

Denevérek átalakuló szálláshelyei

A laikus ember szemében a barlangok jelentik a természetes denevérszállásokat. Sokan ma is úgy gondolják, hogy nincsen barlang denevér nélkül, és denevér sincs barlang nélkül. Ez persze a nagyobb hazai barlangok esetében részben fedi is – pontosabban szólva néhány évtizede még fedte – a valóságot, ugyanis a kiegyenlített hőmérsékletű és páratartalmú barlangoknak kitüntetett szerepe volt és van a denevérek életében. A barlangok nemcsak nyári szállások és telelőhelyek, hanem az őszi nász idején párzóhelyek is. Bár a barlangokhoz történő ragaszkodás fajonként eltérő, a hazánkból eddig leírt 28 denevérfaj többsége legalább időnként megfordul barlangokban, vagyis hemitroglofil fajnak tekinthető.

Földalatti szálláshelyek

A barlanglátogató denevéreket különböző csoportba lehet osztani aszerint, hogy melyik részeit használják a barlangoknak. Vannak, melyek szaporodásuk és telelésük során rendszeresen behatolnak a barlang mélyebb részeibe, ezek a hemiantrofil¹ fajok, míg mások alapvetően csak a bejárati szakaszokban fordulnak meg, ők hemichasmofilok². Az első csoportba tartozik a szinte kizárólagosan föld alatti szálláshelyeken élő hosszúszárnú denevér, míg a másik csoportba többek között a *közönséges kései denevért* vagy a *közönséges törpedenevért* sorolhatjuk. A denevéreknek sajátos párzási módja van, ősszel az akár több tíz vagy száz kilométeres távolságból is összegyűlő állatok a nagyobb barlangok (úgynevezett nászbarlangok) szájadékat, bejárati szakaszait keresik fel. Ebben az időszakban azok a denevérfajok is kötődnek a barlangokhoz, melyek más időszakban alig vagy egyáltalán nem (pl. tavi denevér, nagyfülű denevér), így ezeket időszakos troglofileknek, pontosabban mondva temporális hemichasmofilnak tekintjük.

A régi feljegyzések szerint több hazai barlangban hatalmas denevértömegek éltek. Vass Imre például *Az agteleki barlang*

leírása című, 1831-ben kiadott munkájában részletesen beszámol a Denevér-ágban tanyázó denevérekről: „... de most a mézszívargásoknál és a 'kőoldalak' rendellen formájánál egyebet semmit sem látni, mint a' legvégső és tágas üregben azon számtalan denevéreket, melyek télen által főképp tavasz nyíltával olly vastagságu csomóban egy másba kapaszkodva, a' boltozatról függeni tapasztaltat-



A kis patkósdenevér leginkább meleg padlásokon hozza világra kicsinyét
(Boldogh Sándor felvétele)

nak, hogy az néha egy ölnyi vastagságu méhrajhoz hasonlik. Egy lövés itt szörnyű zavart okoz. A' denevérek szétoszolván, az egész oduban szanaszét repkednek, a' fáklyáknak repülvén, azok' világát is eloltják, és azért futva megyen kiki innen vissza a' nagy templomba, különben is a' rakásra halmozott ezen állatok tisztatlansága miatt ott a' levegő szennvedhetlen bűdös.”. Nem egy helyen, leginkább az 1870-es években, az évszázadok alatt felhalmozódott több méter vastag denevérguanót hazánkban is iparszerűen termelhették ki. Ebben az időszakban alakult például a Lábatlani Guanó Társaság, mely a Pisznice-barlang kitermelésével foglalkozott, és a Baradlából is ekkor hordták ki az értékes anyagot az edelényi cukorgyár részére.

1 antron: a barlang belső része, ahol a külvilág hatása már nem mutatható ki

2 chasma: bejárati szakasz, ahol a külvilág hatása (pl. fény) még kimutatható

Napjainkban barlangi szaporodó állományokat már nagyon keveset találunk hazánkban, aminek főbb oka a megfelelő, zavartalan szálláshelyek számának drasztikus csökkenése. A legfontosabb hajdani szállások többségét turisztikai hasznosításba vonták, a bejáratokat lezárták, átalakították, illetve jelentős részüket legalább részben kivilágíthatóvá tették. A denevérek nagyon érzékenyek az ilyen jellegű zavarásra, így nagyon sok barlangból teljesen kiszorultak. A korábbi népes állományokra ma már csak régi feljegyzések, illetve az itt-ott még fellelhető nyomok (guanóhalmok, „denevértemetők”, kalcium-hidroxilapatitfoltok) utalnak.

A közvetlen emberi zavaráson kívül van azonban egy másik, közvetített antropogén hatás is, mely néhány barlangi faj esetében érdekes módon összekapcsolódik a barlangok elnéptelenedésével. Ez pedig az, hogy megjelentek azok a nagy sötét belső terekkel (padlásokkal) rendelkező épületek, melyek klimatikusan sokkal jobb feltételeket biztosítanak az alapvetően melegigényes denevéreknek, mint a barlangok. A szálláshelyváltási folyamat a szemünk előtt játszódik le, napjainkban már olyan barlangi fajok megtelepedését is észleljük épületekben, mint a *kereknyergű patkósdenevér*, melyről korábban azt gondoltuk, hogy kizárólagosan barlanglakó. Egy faj azonban, a *hosszúszárnyú denevér* most is rendkívüli módon ragaszkodik a földalatti szálláshelyekhez. Nagyon igényli a tágas bejáratokat, a nyílások denevérrácsos lezárását – mely más barlanglakó fajok esetében sikerrel alkalmazható – nem viseli el, ezért nagyon nehéz a faj állományainak és szálláshelyeinek hatékony védelme.

Van viszont a barlangoknak nyáron már hátat fordító denevérek életében egy időszak, amikor a föld alatti üregek elérhetősége még ma is létfeltétel a túlélés szempontjából. Ez a telelés, melyet a denevérek teljes nyugalomban kell, hogy eltöltsenek egy hűvös, ugyanakkor fagymentes és magas páratartalmú helyen. Ilyen adottságokat nagyobb számban csak a barlangok képesek nyújtani, ezért a megfelelő barlangvédelem (pl. bejárhatóság biztosítása, zavartalanság) kulcskérdés a földalatti szálláshelyekhez kötődő fajok megőrzésében.

Épületek

A fiatalok fejlődése és túlélése szempontjából különösen nagy jelentősége van a szaporodási időszak hőmérsékleti adott-

ságainak. Tapasztalataink azt mutatják, hogy a közép-európai épületlakó kolóniák a gyorsan felmelegedő lemeztetős épületeket előnyben részesítik a pala-, cserép- vagy zsindelytetős szálláshelyekkel szemben. Az erős besugárzású napokon azonban igen kedvezőtlen mikroklimatikus viszonyok alakulhatnak itt ki (45–47 °C), a hőmérséklet messze meghaladja a mér-



Közönséges késeidenevérek egy padlason
(Estók Péter felvétele)

sékelővi denevérek 40 °C körüli hőtolerancia-határát. A denevérek persze aktívan védekezni próbálnak a túlmelegedés ellen, a magas hőmérsékletű helyekről a hűvösebbek felé húzódnak a szálláshelyen belül. A túlmelegedést azonban csak akkor tudják elkerülni, ha fejlettségük miatt fizikailag képesek az elhúzóódásra, illetve találnak hűvösebb részt a szálláshelyen belül. A denevérekölykök a születést követő időszakban képtelenek a megfelelő szintű termoregulációra, kezdetben gyakorlatilag poikilotermiások, ezért a hirtelen túlmelegedő szálláshelyeken a fiatal állatok nagy eséllyel elpusztulnak. Súlyosbíthatja a helyzetet, hogy a nőtények összehangolják ellésüket a kolónián belül, a kölykök így nagyjából egyidősek, ami viszont azt eredményezi, hogy a legérzékenyebb időszakban kialakuló hőhullám akár a teljes adott évi szaporulatot megsemmisítheti.

A hazai tapasztalatok szerint a legintenzívebben a *közönséges kései denevér*, a *közönséges törpedenevér* képes a túlmele-

gedett helyekről elhúzódni. A *patkósdenevérek*, a „nagy *Myotis*”-ok és a *csonkafülű denevér* sokkal kisebb mértékben képesek eltávolodni az ilyen helyekről, ami arra utal, hogy az eredetileg barlanglakó fajoknak sokkal kevesebb az evolúciós stratégiájuk arra, hogy a szálláshelyek túlmelegedése ellen védekezni tudjanak.

Az első, egyértelműen a túlmelegedés okozta denevérpusztulást 2007-ben tapasztaltuk Magyarországon. Ez az év hőmérsékleti adottságait tekintve példa nélküli volt a korábbiakhoz képest, ekkor mértek először Magyarországon 30 °C feletti átlaghőmérsékletű napokat, illetve a detektált 41,9 °C egyben abszolút hőmérsékleti rekord is volt. Az ellési időszak hőmérséklete kb. 2,5 °C-kal magasabb volt az átlagnál. Mivel a meteorológiai adatok elemzése alapján a hőhullámok számának és tartamának növekedése várható, a lemeztetős szállásépületek egyre gyakrabban túlmelegedhetnek, így a bennük szállásfoglaló denevéreközösségek egyre veszélyeztetettebbé válnak. Egyes szállásépületek ökológiai csapdaként működhetnek, ahol az egyébként kedvező adottságok hirtelen leromlása hatalmas mennyiségű denevér pusztulását okozhatják.

A jelenség elleni védekezés kifejezetten nehéz, mivel alapvetően kedvező a lemeztetős épületek jobb hőelnyelése, így gyorsabb és nagyobb mértékű felmelegedése. Más tetőhéjazat kiépítésével éppen ezt a kedvező tulajdonságot veszítenénk el. Ennek megfelelően csak azok a techni-

kai megoldások a jók, amelyek a választás lehetőségének megteremtését eredményezik a szálláshelyen belül, illetve csak a legkedvezőtlenebb időszakban lépnek működésbe. Így megoldást jelenthet lassabban felmelegedő padlásrészek kialakítása, a tetőborítástól távolabb lévő kapaszkodóhelyek beépítése, esetleg eltérő tónusú színek használata a tető egyes részein. Technikailag komolyabb előkészítést kíván pl. hőmérséklet-vezérelt szellőztető rendszer kialakítása, ami egy hőfokszabályzóra kötve a kritikus hőmérséklet elérésekor átszellőzteti a padlásteret.

Az épületekbe költözött denevéralományoknak sajnos egyéb újkeletű kihívásokkal, például a szállásépületeik kivilágításával is szembe kell nézniük. Ma már a legkisebb településen is alig találunk olyan kastélyt és templomtornyot, melyet dekorációs céllal ne világítanak meg legalább az éjszaka egy részében. Közismert, hogy a lámpák fénye óriási tömegben gyűjti össze az éjjeli rovarokat, melyek rövid időn

belül odavonzzák a rájuk vadászó denevéreket is. A mesterséges megvilágításnak azonban nemcsak a vadászati stratégiára, hanem – jelentős részben éppen hazai kutatási eredmények alapján –, a kirepülési aktivitásra, illetve ezen keresztül az egyed-fejlődésre is komoly hatása van.

A világítással nem zavart szálláshelyekről általában röviddel alkonyat után az összes denevér eltávozik, a megvilágított helyekről azonban többségük késve repül ki, és akár az is előfordulhat, hogy egészen a reflektorok lekapcsolásáig a szálláshelyükön maradnak az állatok. (Persze az erős reflektorokkal történő megvilágítás zavaró hatása esetenként elviselhetetlen lehet a denevérek számára, megtörtént, hogy a szülőkolónia rövid időn belül elköltözött szálláshelyéről a padlástérbe közvetlenül bevilágító reflektorok telepítését követően.) Mivel alkonyatkor különösen nagy a rovarok egyedsűrűsége, ezért az időben kirepülő denevérek jól kihasználhatják a rovarfogásra legalkalmasabb időszakot. A mesterséges megvilágítás azonban késlelteti a denevérek kirepülési idejét, ami nem csupán a táplálkozási idő jelentős lerövidülésével, de a legkedvezőbb vadászati időszak elvesztésével is jár.

Jelentősen nehezítette a megvilágítás következményeinek feltárását és értékelését az, hogy csak az éjszaka egy részét érintő, nem túl intenzív megvilágítási gyakorlatnál a denevérek kitartanak megszokott szálláshelyeik mellett, vagyis egyedszámváltozásuk alapján nem lehet következtetni a megvilágítás zavaró hatására. Az eltérő adottságú helyeken született állatok testméreteinek összehasonlítása azonban azt mutatta, hogy a fiatal, néhány hetes denevérek alkarjának hossza lényegesen kisebb a megvilágítással terhelt épületekben, mint a nem megvilágítottakban. Ezt a különbséget a kétféle élőhelyen élő fiatalok között az önállóvá válást követően azonban már nem lehetett kimutatni, nem úgy, mint a testtömegben tapasztalt különbséget, mely még nyár végén is számottevő maradt a megvilágított, illetve a kontroll épületek fiataljai között.

Az alkarok hosszában tapasztalt különbség azt mutatja, hogy az ellési időszak később kezdődik és/vagy a fejlődés sebessége alacsonyabb a kivilágított épületekben (eddigi tapasztalatok mindkét következményt valószínűsítik). Mivel össze az alkarok hosszában már nincs lényegi különbség a különböző adottságú szálláshelyeken élő állatok között, ez arra utal, hogy hátrányukat a zavart helyen születő denevérek kompenzálni tudják. A testsúly változása azonban sokkal jobban jelzi a környezetminőséget – esetünkben a megvilágított épületekben élő szoptató nőtények rosszabb

táplálkozási feltételeit –, mint a csöves csontok növekedése. A testtömegben tapasztalt különbség egyértelműen arra utal, hogy a fiatalok össze sem képesek



Kereknýergű patkósdenevér

hátrányukat kompenzálni, így lényegesen kisebb eséllyel kezdik meg a telelést, mint a nem kivilágított épületekben felnövő társaik.

Eredményeink alapján a világítás okozta káros hatások mérséklésére tett természetvédelmi intézkedések iránya egyértelmű: szaporodási időszakban a



Különlegesen szép színű fajunk a fehér-törkű denevér

szálláshelyek kivilágítását teljesen meg kell akadályozni! A kivilágítási idő lerövidítése csak minimálisan csökkenti a negatív hatásokat, így ez nem megfelelő védekezési eljárás.

Denevérek és erdők

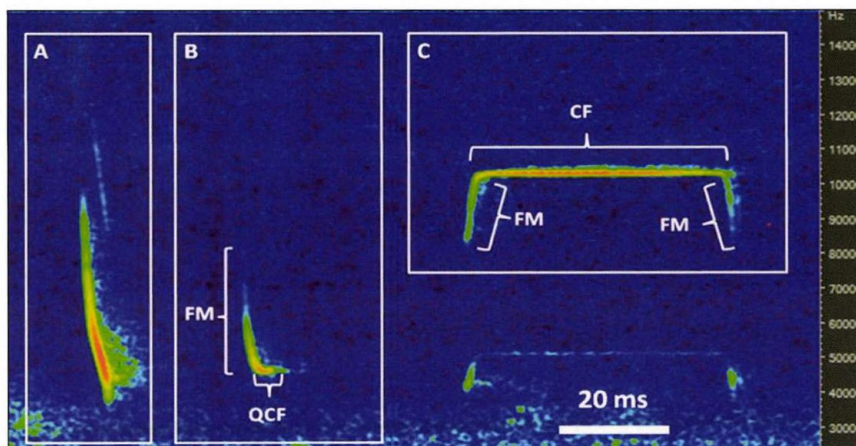
Erdőlakó denevérfajaink nyáron faodvakban, a törzsről leváló fakéreglemezek alatt bújnak meg, az általában szülőkolóniákat képező nőtények itt hozzák világra utódaikat. Az erdőlakó fajok búvóhelyhaszná-

lata nagyon sajátos. Az énekesmadarakkal ellentétben – melyek egy faodvat használnak utódaik felnevelése során – az odúlakó denevérek nagyon gyakran, akár naponta búvóhelyet váltanak. A nőtények természetesen magukkal cipelik kicsinyüket is új tanyahelyükre. A szállások folyamatos cserélgetésének legfontosabb célja a paraziták és a predátorok elkerülése. Ahhoz, hogy egy szülőkolónia hosszú távon fenn tudjon maradni egy adott erdőrészen, alkalmas odvak hálózatának kell a denevérek rendelkezésére állnia. Több erdőlakó denevérfaj számára a faodvak nemcsak nyáron fontos szálláshelyek, hanem télen is, az arra alkalmas odvakban képesek hibernálni. A megfelelő számú odú, a dinamikus búvóhelyhasználat lehetősége éppen ezért kulcskérdés az erdőlakó denevérek megőrzése szempontjából. A fiatal, korhomogén erdőkben nincsenek ilyen adottságok, ezért csak a természetes erdőszerkezetet megközelítő, az adott termőhelyre jellemző, őshonos fajokból álló vegyes korösszetételű erdők fenntartása, a folyamatos erdőborítást biztosító erdőgazdálkodási módszerek alkalmazása megfelelő. Emellett fontos, hogy egyes erdők esetében – rezervátum jelleggel – teljes érintetlenséget biztosítsunk.

Az erdőlakó fajok között igazi búvóhely-specialistának számít a fokozottan védett *nyugati piszcedenevér*, mely elsősorban álló holtfák elváló fakéreglemezei alatt búj meg. E faj számára alapvető, hogy az erdőben elegendő mennyiségű álló holtfa legyen.

Az erdők kiemelkedően fontos táplálkozóhelyet jelentenek más búvóhelyigényű (barlang- és épületlakó) fajok számára is, tehát csaknem minden hazai denevérfajunk kötődik a fás élőhelyekhez. Táplálkozásuk során a különböző fajok eltérő stratégiákat használnak, vannak, amelyek nagy magasságban vadásznak repülő rovarokra, mások az erdők belsejében, a lombkoronaszint alatt, a falevelekről, faágakról, esetenként a talajról felszedve fogyasztják a különböző ízeltlábúakat. Ez utóbbi, ún. gyűjtögető stratégiával élők számára nagyon fontos a természetes erdőstruktúra, hiszen echolokációs rendszerük az evolúció során ehhez az összetett környezethez alkalmazkodott. A természetes komplexitást nélkülöző, fiatal, kor- és fajhomogén erdőkben sokszor egyszerűen a térszerkezet miatt képtelenek hatékonyan repülni és táplálkozni.

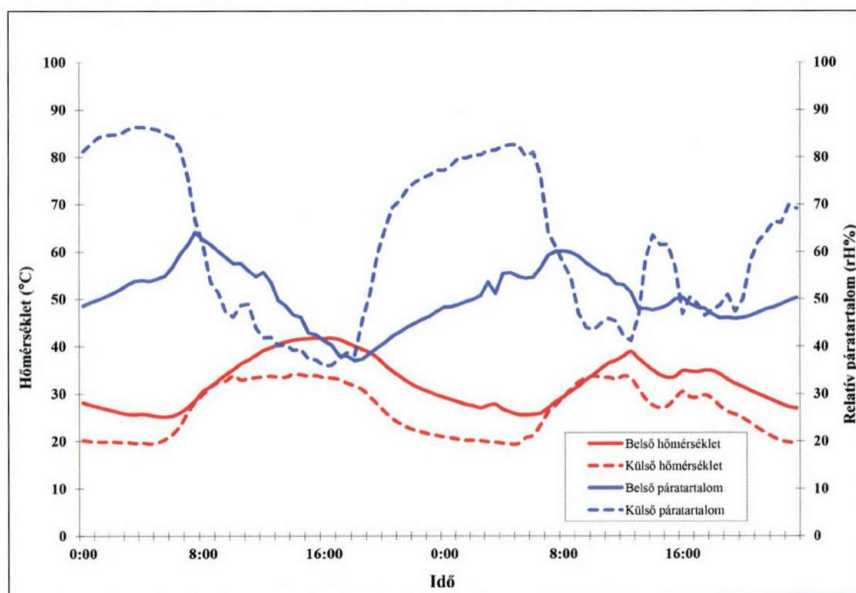
Az erdőlakó denevérek kutatása nagy kihívást jelent a chiropterológusok számára, hiszen a viszonylag jól felderíthető barlangi vagy épületlakó kolóni-



Különböző típusú denevérhangok szonogramjai (A: frekvenciamodulált /FM/, B: FM-kvázi konstans, C: FM-konstans-FM impulzusok)

ákhoz képest ezeknek a fajoknak térben és időben is jóval szétszórtabban találhatók meg a közösségei. Az utóbbi évtizedekben hazánkban is előtérbe kerültek az akusztikai módszerek és a rádiós nyomkövetés, melyek komoly segítséget jelentenek. A denevérek tájékozódásukhoz echolokációt használnak, vagyis az

menyiségű adatot gyűjteni, melyek aztán nem csupán egy adott terület denevérfaunájának feltárásában, de az ott tapasztalható denevértaktivitás megállapításában is jól használhatók. Korlátot jelent azonban, hogy több faj esetében egyelőre nem lehetséges a hang alapján történő határozás.



Az épületekben általában sokkal kedvezőbb klimatikus adottságokat találnak a denevérek

általuk kiadott magas frekvenciájú hangok visszhangjait fogják fel. A visszaverődés elemzésével alkot képet agyuk környezetükről. A denevérek hangjait speciális detektorok segítségével rögzíteni lehet, melyek aztán számítógépes programokkal meg is jeleníthetők. Az egyes fajok, fajcsoportok jellegzetes hangimpulzusokat bocsátanak ki, ami sok esetben lehetővé teszi a hang alapján történő határozást is. A módszerrel az állatok zavarása nélkül lehet nagy-

A rádiós nyomkövetés során éjjel, a táplálkozóterületen befogott denevérekre kis rádióadót helyeznek, melyek segítségével napközben lokalizálhatóak a denevérek pihenőhelyei, míg éjszaka folytatott mérésekkel az egyedek mozgáskörzete, területhasználata állapítható meg. Az így szerzett információk alapvető fontosságúak az egyes fajokkal kapcsolatos természetvédelmi kezelések tervezésében, az erdőhasználat szabályozásában. A miniatűr adók, melyek

nem haladják meg a jelölt állatok testtömegének 3–5%-át, kb. egy hét után maguktól leesnek.

Az erdőlakó denevérek megtelepedése mesterséges módszerekkel, műodvak kihelyezésével is segíthető. Ezek a műodvak azonban csak átmeneti megoldást nyújthatnak az erdőlakó denevérfajok számára, hiszen mikroklimájuk általában kedvezőtlenebb, mint a természetes odvaké, és megfelelő számban történő telepítésük, majd rendszeres karbantartásuk nagyon jelentős erőforrásokat igényel.

Érdekes szálláshelyváltásokat persze a fákhöz kötődő denevérek esetében is tapasztalni. Az utóbbi évtizedekben jelentős egyedszámban költözött be panelépületek réseibe a *rőt koraidenevér*, mely alapvetően odúlakó denevérfaj. A panelépületek rései vonzó szálláshelyeket jelentenek ennek a fajnak, néha – a lakók nem éppen nagy öröme – akár százas példányszámban is betelepülhetnek. A panelszigetelési programok során ezeket a réseket megszüntetik, amivel tömeges denevértpusztulást okozhatnak, ha nem megfelelő körültekintéssel végzik a munkát. Ezért csak hatósági engedéllyel, hozzáértő szakemberek felügyelete mellett, megfelelő időszakban és módszerrel végezhető el a denevérek által lakott épületek szigetelése.

Köszönetnyilvánítás

A kutatások és a gyakorlati védelmi munkák a Svájci Hozzájárulási Program keretében végrehajtott „Erdei életközösségek védelmét megalapozó többcélú állapotértékelés a Kárpátokban (SH/4/13)” című projektben történtek.

Irodalom

- Boldogh, S., Dobrosi, D. & Samu, P. 2007. The effects of the illumination of buildings on house-dwelling bats and its conservation consequences. *Acta Chiropterologica* 9: 527–534.
- Estók, P., Gombkötő, P. & Cserkés, T. 2007. Roosting behaviour of Greater Noctule *Nyctalus lasiopterus* Schreber, 1780 (Chiroptera, Vespertilionidae) in Hungary as revealed by radio-tracking. *Mammalia* 71 (1-2): 86–88.
- Jones G., Jacobs D., Kunz T. H., Wilig M. R., & Racey, P. A. 2009. “Carpe Noctem: the importance of bats as bioindicators,” *Endangered Species Research*, vol. 8: 3–115.
- Sherwin, H.A., Montgomery, W.I. & Lundy, M.G. 2013. The impact and implications of climate change for bats. *Mammal Review*, 43 (3): 171–182.