Ornis Hungarica 5:33-64. 1995

Rádiós nyomkövetés és biotelemetria használata az ornitológiában

Fuisz Tibor István

Fuisz, T. I. 1995. The use of radiotracking and radiotelemetry in ornithology. - Ornis Hung. 5:33-64. (In Hungarian with English abstract.)



This paper reviews the technical background and field techniques of radiotelemetry and radiotracking, as well as the data analysis methods with special attention to ornithological application. As the transmitters might strongly affect the behaviour, flight-prformance and survival of the tagged animals, the advantages and disadvantages of the different tagging techniques and attachment are thoroughly analysed, and the main findings are summarized in a bilingual table. The literature survey revealed that the most often applied harness design, as a consequence of the constrain on breathing and wing beats, may cause several serious problems for the tagged bird, and hence their flight-performance, reproductive success and survival is often significantly reduced. The different glueing techniques - especially in the case of smaller birds e.g. passerines - seems to be safer when the transmitters fall of after 3-4 weeks. The most problematic points of data-gathering and analysis are also discussed.

T. I. Fuisz, Ecological Research Group, Hungarian Natural History Museum, Budapest, Baross u. 13. H-1088, Hungary.

1. Bevezetés és történeti áttekintés

Az elmúlt évtizedek technikai fejlődése lehetővé tette a madarakon végzett megfigyelések eszköztárának jelentős kibővítését, s a végzett megfigyelések pontossága (egyes esetekben azok hatótávolsága, és időtartama) is nagyságrendekkel megnőtt. Az új technikák révén sok – a madarak viselkedésének eddig csak közvetetten, rendkívül nagy idő és energia-befektetés árán; vagy egyáltalán nem megfigyelhető – aszpektusa is elérhetővé vált a kutatók számára. Ezen módszerek egy része a hazai madártani kutatások kivitelezésében is szerepet kapott. Ezek közé tartozik például a madarak vonulásának meteorológiai radarral történő megfigyelése (Szép 1992). A fészkelési időszak folyamán végzett automatizált megfigyelések a táplálékhordás gyakoriságáról, mennyiségéről számítógéppel összekötött mérleg segítségével (Tóth *et al.* 1991), illetve a fészekhez érkező szülők be és kilépésének fotódiódával és saját memóriával rendelkező automatizált berendezéssel (Tóth & Török 1993) történhet. A mérleggel történő adatrögzítés és a rádiótelemetria érdekes összekapcsolását ismerteti Török és Könczey (1993): a nagy területű odútelepen a több fészeknél párhuzamosan gyűjtött adatokat rádióhullámok útján juttatják az adattárolást végző számítógéphez. Az izotópos méréstechnika használata lehetőséget nyújt az oxigénfogyasztás, ezen ke-

resztül pedig a madarak különböző tevékenysége során történő energia-felhasználás pontos mérésére (Gessaman 1991, Gessaman & Nagy 1988). Az előbbieknél régebben feltalált, de Magyarországon az ornitológiai kutatásokban kevéssé elterjedt módszer a rádiótelemetria és rádiolokáció, bár a Madártani Egyesület védelmi programjának keretében parlagi sasok migrációját ilyen módszerrel követik (Kalotás 1993).

A biotelemetria szó szerinti fordításban valamilyen biológiai paraméter távolról történő megmérését jelenti. Ezt még a telemetria modern értelmezése szerint kiegészíthetjük azzal, hogy a vizsgált állat mozgásszabadsága és természetes viselkedése a lehető legkevésbé legyen korlátozott, illetve a mérés a legkisebb zavarással történjék, s így a mért adatok ne a méréssel összefüggő stressz hatására keletkező műtermékek legyenek. Ez a feltétel úgy érhető el, ha a vizsgálat tárgyát nem kötik vezetékek a mérőkészülékhez. Ezért a biotelemetria gyakorlati kivitelezése során az állatba beépített érzékelők, műszerek mérési adatait sugározható jelekké kell alakítani, s ezeket a jeleket leggyakrabban rádióhullámok, illetve fény, vagy víz alatti mérések esetén ultrahang segítségével juttatják a vevő és adattároló készülékhez. Az első ilyen irányú kísérletek még gyakorlatilag orvosi jellegűek voltak, és emberi szív hangokat, elektrokardiogramokat juttattak telefonon vagy rádión nagyobb távolságra (Einthoven 1903, Barker 1910). A rádió első alkalmazását 1921-ben Winters hajtotta végre, aki egy hajóról a hajórádió segítségével szívhangokat sugárzott. Az első ilyen céllal kifejlesztett hordozható adók alkalmazása állatokon Fuller és Gordon (1948) nevéhez fűződik, emberekén pedig Holter és Gengerelli (1949) végzett ilyen kísérleteket. Ezek a berendezések még a vizsgálati alanyok testsúlyának 50%-ára rúgó súllyal bírtak, így a fenti legkisebb zavarás elvének nem feleltek meg maradéktalanul.

A tranzisztor feltalálása 1948-ban, illetve kereskedelmi forgalmazása 1952-től forradalmasította a rádiótelemetria fejlődését, ezért ezeket a tranzisztoros berendezéseket második generációs eszközöknek nevezik. Hamarosan elfogadható méretű és súlyú felszereléseket fejlesztettek ki, és a bio-rádiótelemetria mellett egyéb módszerek is bekerültek a biológusok eszköztárába.

A megfigyelni kívánt állatok helyének meghatározására kifejlesztették a rádiólokáció (nemzetközi irodalomban „radiotracking", azaz rádióadó alapján történő követés néven írják le) módszerét (Le Muyen *et al.* 1959, Harper 1959, Cochran & Lord 1963). A szennyezett és tengervízben a rádióhullámok kevésbé alkalmasak a jelek átvitelére, ezért a halak nyomon követésére ultrahang jelátvitelt fejlesztettek ki (Trefthen *et al.* 1957, Baldwin 1963). A madarak nagytávolságú vándorlásának követésére kidolgozták a radarral történő követés módszerét (Lack 1959, Eastwood 1967). Érdemes megemlíteni, hogy a radarokat egészen korán felhasználták rovarok vándorlásának követésére is (Crawford 1949, Rainey 1955).

A biotelemetria további fejlődésében a berendezések tömegének csökkenése lehetővé tette a bőr alá, vagy a hasüregbe ültethető, lenyelethető adók kifejlesztését, és így a külső rögzítésből adódó problémák is leküzdhetővé váltak (Mackay & Jacobson 1957). A laboratóriumokban történő jelátvitelre infravörös fény felhasználását

Kimmich (1969) vezette be a különböző helyiségekben működő rádióadók interferencia problémáinak leküzdésére. További fejlődést hozott a megfigyelő és az adóval jelölt kísérleti alany közötti kétirányú információcsere kifejlesztése („interaktív" vagy „two way telemetry system", Young & Naylor 1964), valamint a tárolásos adatrögzítés és jelsugárzás kombinációja („storage telemetry", Holter 1961). A számítógépek robbanásszerű fejlődése és elterjedése utat tört a rádiótelemetria területén is, az adatok automatikus tárolása, az állatok egyedi felismerését elősegítő különböző frekvenciák tárolása és automatikus megkeresésük nagy segítséget jelent a terepi kutatók számára. Egyes cégek rádióvevői eleve számítógéppel egybeépítve készülnek, vagy közvetlen kapcsolat létesítésére alkalmas kimenettel rendelkeznek, és persze a legkülönbözőbb „illesztő" szoftverek is rendelkezésre állnak. Napjainkra a rádiótelemetria az űrkorszakba lépett: egyes madarak vonulásának vagy a hatalmas távolságokra elkalandozó albatroszok mozgásának megfigyelését műholdakra telepített vevőrendszer segítségével követik. A madárra rögzített adó által sugárzott jeleket a vevő műhold értékeli, a Doppler-effektus segítségével meghatározza a madár helyét, majd egy földi központba sugározza az adatokat. A Magyar Madártani és Természetvédelmi Egyesület Gyűrűző Szakosztálya német segítséggel egy fiatal parlagi sas megfigyelését kezdte ezzel a módszerrel 1992-ben (Kalotás 1993). Ilyen nagy teljesítményű adók csak nagytestű madárfajokra szerelhetők, de a madarak habitatszelekciójának, territórium-méretének, vagy viselkedésének vizsgálata során kisebb méretű, földről követhető adók is felbecsülhetetlen segítséget nyújtanak. Az elektronika fejlődése révén ma már 0.4 gramm tömegű adók készítése is lehetséges, és így akár a kisebb énekesmadarak (pl. cinegék) is felszerelhetők adóval (Naef-Daenzer 1993).

A rádiótelemetria és a rádiólokáció rendkívül sokoldalúan felhasználható a madártani megfigyelésekben a vándorlástól a habitatszelekción és aktivitás mintázatok rögzítésén keresztül élettani paraméterek terepen történő vizsgálatáig. Emlősök vizsgálatára már több éve használják ezeket a módszereket hazánkban is (Szemethy *et al.* 1991). A lehetőségek ismerete segítséget nyújthat mind a terepi vizsgálatokat végző ornitológusok, mind a laborkísérleteket végző kutatók hatékonyabb munkavégzéséhez. Ebben a cikkben a rádiólokáció (és érintőlegesen a rádiótelemetria) módszerének ismertetését, valamint a technika használatának előnyeit és buktatóit szeretném ismertetni abban a reményben, hogy az amatőr és hivatásos madarászok a jövőben felhasználhatják ezt a hatékony módszert. Főleg azokat a problémákat szeretném ismertetni, amelyek a terepi vizsgálatok megtervezése, a felszerelés kiválasztása, beszerzése és üzemeltetése során merülnek fel, és kisebb súlyt helyezek a műszerek és berendezések működésének aprólékos technikai elemzésére.

2. A rádiótelemetrikus vizsgálatok megtervezése

Lássuk tehát, milyen mozzanatokból áll egy rádiós nyomon követés vagy rádiótelemetriás vizsgálat. A könnyebb áttekinthetőség érdekében azt a leggyakrabban felmerülő problémát tisztázzuk, hogyan lehet felhasználni ezt a módszert egy állat

helyének meghatározására. (Ha más információkat is gyűjtünk (aktivitás-, élettani-, környezeti adatok), ez főleg az adók beültetése, adattárolás és a kiértékelés fázisában fog technikai eltérést okozni.)

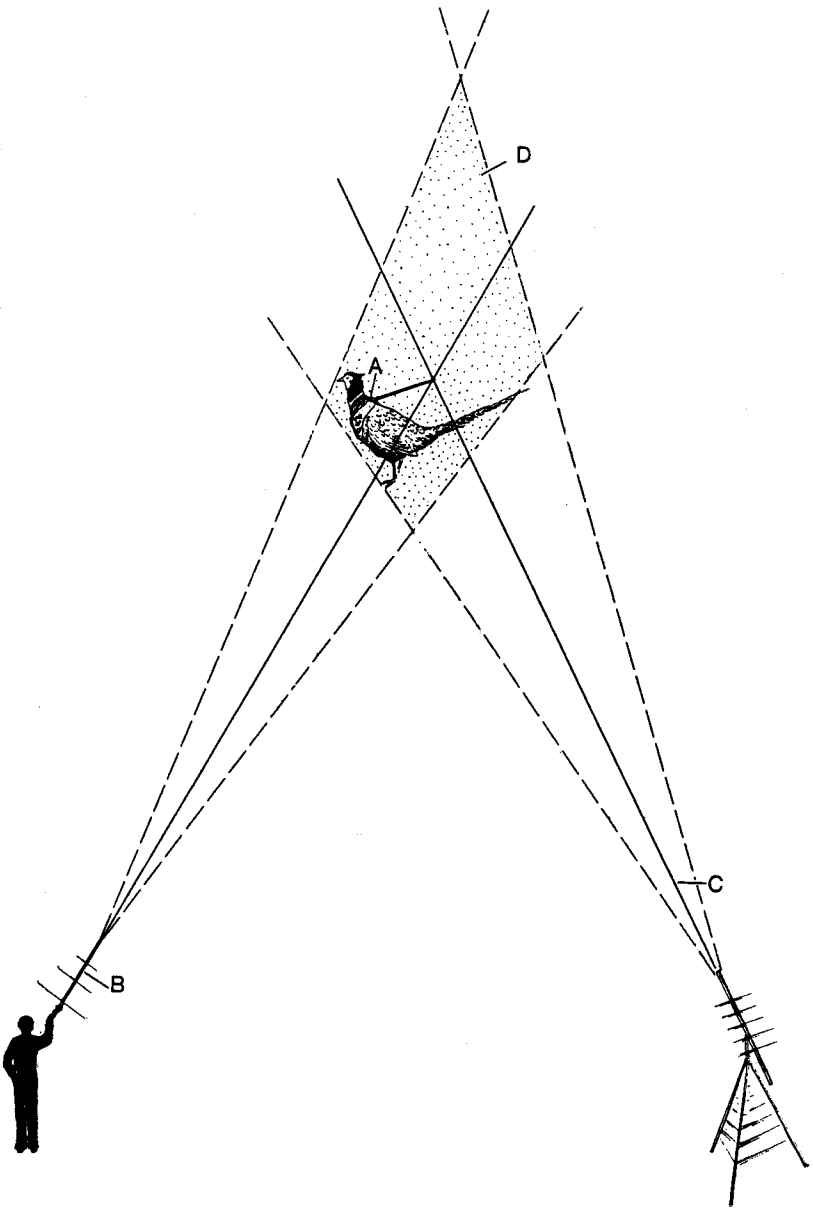
A vizsgálni kívánt állatfajnak és az általunk gyűjteni kívánt adatoknak leginkább megfelelő adók és a megfelelő vevőrendszer beszerzése után a követendő állatokat be kell fogni, és fel kell rájuk szerelni az adókat. A szabadon engedett példányokról érkező jeleket meg kell találnunk a terepen, és a vett jelek segítségével meghatározni, milyen irányból észleljük legnagyobb intenzitással az adó által sugárzott jeleket. A helymeghatározás során alapvetően két különböző módszert használnak: direkt keresést és háromszögelést. A direkt keresés során a megfigyelő az intenzívebb jelerősség irányába haladva addig követi az állatot, amíg azt vizuálisan is megfigyelheti, és helyét pontosan meghatározhatja. A háromszögelés során a keresett állat irányát két eltérő helyről egy idő pontban, szimultán bemérik, és az észlelt irányok metszéspontja határozza meg az állat helyét. Ha a mérést két megfigyelő végzi, illetve helyváltoztatással ugyanaz a személy, akkor a vevő helyét ismerve a háromszögelés módszerével a kapott két iránytartomány metszéspontja megadja az állat pillanatnyi tartózkodási helyét. Ezeket az adatokat térképen vagy koordináták formájában tároljuk, s az adatokat feldolgozzuk (1. ábra).

Mind a háromszögelés, mind a direkt keresés esetén a terület pontos és lehetőség szerint részletes térképe a munka elengedhetetlen feltétele.

Természetesen ez a munka csak akkor járhat eredménnyel, ha a vizsgálat elindítása előtt pontosan megtervezzük, hogy az egyes lépéseket hogyan hajthatjuk végre. A legtökéletesebb felszerelés sem küszöböli ki a tervezés során elkövetett hibákat. A legnagyobb veszélyt a túl nagy tömegű, vagy méretű, a madarat zavaró felerősítésű adó jelenti, hiszen ilyenkor egy mozgásában jelentősen korlátozott, atipikus viselkedésű egyedről gyűjtünk információkat, s ezeket az adatokat próbáljuk a normális egyedek megismerésére felhasználni. Ha nem rendelkezünk ismeretekkel a vizsgált fajról, akkor megeshet, hogy az általunk befogott egyed a kishatósugarú, és méregdrága adóval együtt, egy hét múlva többszáz kilométerre elvándorol a vizsgálati területről. Az állandóan földön vagy sűrű aljnövényzetben tartózkodó állat jelei sokkal kisebb távolságról vehetők, és csak folyamatos zavarás árán követhetjük állatainkat. Egy nagyméretű nádasban, vagy más megközelíthetetlen élőhelyen, ha az adó kisteljesítményű, nem sugároz elég távolra, egyáltalán nem tudunk helymeghatározást végezni. Mivel a terepi vizsgálatok minden buktatója mellett itt még a technikai felszerelés is további komplikációkat okoz, fokozatosan érvényesül a Murphy törvény: „Ami elromolhat, az el is romlik!". Ezért feltétlenül szükséges az illető faj és a vizsgálati terület alapos ismerete, illetve a módszer egyes elemeinek előkísérletekkel történő tesztelése. A megvásárolt adókat érdemes kihelyezni különböző magasságokra a terepen, majd próba beméréseket végeztetni egy „naiv kollégával" különböző távolságokról, napszakokban és eltérő időjárási viszonyok között. Az adókat az általunk kiválasztott módszerrel erősítsük fel a vizsgálati alanyokra, és lehetőség szerint pár napos röpdében végzett megfigyelésekkel győződjünk meg arról, hogy az adó a madáron marad, nem

1. Ábra. A háromszögelés módszere. A) Adóval felszerelt madár. B) A vevő rendszer antennája. C) Az antenna érzékenységétől függő szögtartomány, amely az adó irányát jelöli. D) A két pontról mért szögtartományok metszete adja a hibapoligont, amiben az állat tartozkódik, az állat helyét nem reprezentálja a a szögtartományok felezőjének metszete!

Fig. 1. The method of triangulation. A) Bird with transmitter. B) The antenna of the reciever. C) The error of the reciever system. D) The error poligon arising from triangulatuion, within which the exact place of the animal can not be found. The section of bisectrixes do not represent the location of the animal.



zavarja a táplálkozásban, repülésben, s a fajtársaknak, illetve magának a madárnak nem sikerül azt megrongálni (pl. letörni az antennáját), vagy eltávolítani az egész adót.

Ezekre az elővizsgálatokra érdemes plusz egy hetet - vagy többet - tervezni, s ez fontos lehet a felszerelés beszerzésénél. Az adóval felszerelt egyedek atipikus viselkedést mutathatnak a kezelést követően, de pár nap, egy hét elteltével – mikorra megszokták az adókat – ismét normális viselkedésük. Ezért meg kell győződnünk arról, hogy az általunk vizsgálni kívánt viselkedést (pl. ha a napi mozgásmennyiséget, a fiókaetetés során megtett repülési távolságokat tanulmányozzuk) mennyi idő elteltével fogja a rádióval jelölt egyed ismét normális módon végezni. Az adatgyűjtésből ezt az időszakot természetesen ki kell hagyni, és ez a kistermetű madarakon végzett vizsgálatok tervezése során különös figyelmet érdemel, ahol az adó és telep súlya – ebből kifolyólag az adó aktív élettartama is – erősen korlátozott. Gondosan megválasztott méretű adó és felerősítési módszer esetén egyes fajok rendkívül gyorsan megszokják az adókat. A gyászos gerléken (*Zenaida macroura*) végzett vizsgálatok szerint a háttolakra cyanoakrilát ragasztóval felerősített adókat egy óra alatt megszokták a madarak, s nem mutattak abnormális viselkedést.

Mindig érdemes túlbiztosítással tervezni, mert ha egy darab vevőre és két adóra volt csak elég a pénzünk, akkor az egyik biztosan egy tó közepébe pottyan, mivel a madárnak sikerült kihúznia a tartó tollakat, a másik pedig egy rókavárban mélyen a föld alatt köt ki.

Végül azt is le kell szögezni, hogy a rádiótelemetria rendkívül költséges, nagy emberi munkaerőigényű módszer. A tervezés fázisában pontosan definiálnunk kell a megoldandó problémát, a tesztelendő hipotéziseket, s el kell dönteni, hogy valóban megéri-e ezt a módszert választani. Természetesen az általunk használható módszerek érzékenységét, felbontóképességét is figyelembe kell vennünk, és nagyon fontos, hogy ne becsüljük túl a rádiótelemetria révén gyűjthető adatok pontosságát, és pontosan ismerjük az egyes módszerek költségigényét.

Talán segítséget nyújthat ennek eldöntésében az is, hogy a rádiótelemetria előnyeit és hátrányait sorra vesszük.

Előnyök:

1. A vizsgálati alany gyakorlatilag bármikor megtalálható, azaz pl. rossz látási körülmények, és az éjszaka folyamán is (jelentős lehet éjjel aktív madarak esetén).
2. A madarak egyéb egyedi jelölésével ellentétben a megjelölt egyedről vizuális kontakt nélkül, annak helyéről, viselkedéséről, élettani paramétereiről, környezetének fizikai paramétereiről nagy távolságból gyűjthetünk információkat az állat zavarása nélkül. Egyes információk automatikusan is gyűjthetők és tárolhatók.
3. Lakott területektől távoli nehezen megközelíthető helyeken, vagy nagy vándorlási távolságok esetén gyűjtendő nagymennyiségű adat megszerzése már anyagilag is előnyösebb pl. műholdakkal végzett telemetria esetén.

Hátrányok:

1. Magas kezdeti befektetést kíván még az alapfelszerelés beszerzése is.
2. A közvetlen vizuális megfigyeléshez vi-

szonyítva kisebb felbontóképességű, és kevesebb információt nyújt.
3. A vizsgált állatokat legalább egyszer be kell fognunk, adókat kell szerelni rájuk (befogási- és kezelési-stressz csökkentésére igyekezzünk a lehető legrövidebbre korlátozni a kezelési időt), és az adóval terhelt egyedek atipikus viselkedése folytán a populáció egészére nem jellemző adatok gyűjtése soha sem kizárható.

3. Az adó kiválasztása

3.1. Az adók felépítése

Az adók gyakorlatilag három fő részből állnak: egy rádióhullámokat előállító áramkörből, ennek a frekvenciáját stabilizáló kvarckristályból, a jeleket kisugárzó antennából és áramforrásból (a rezgőkört bemutató részletes kapcsolási rajzokat lásd: pld. MacDonald és Amlaner 1980, valamint Naef-Daenzer, 1993). Ezek az úgynevezett egy lépcsős („one stage") adók (egy tranzisztoros multivibrátor). Egyszerűek, kicsi a súlyuk, és 1.2 volt feszültségű NiCad akkumulátorokkal is működtethetők. A szárazföldi vizsgálatok esetében használt frekvencia tartomány általában 148-218 MHz. (Víz alatti jelek sugárzására általában speciális terjedési tulajdonságai miatt alacsonyabb frekvenciájú jeleket használnak, kis konduktivitású vízben 6 méteres vízmélységig halak esetében 40-49 MHZ frekvenciájú jelek bizonyultak a legalkalmasabbnak. Ezt a szempontot érdemes figyelembe venni, ha valaki pl. víz alatt halászó madarak merülési mélységét kívánja vizsgálni.)

Az egyes állatok azonosítását az teszi lehetővé, hogy eltérő frekvenciájú adókat szerelünk fel az egyedekre. Természetesen megbízható adókat kell beszereznünk, amelyek nem hangolódnak el az elem fokozatos lemerülése, illetve a külső hőmérséklet változása miatt. Egy vevő általában csak meghatározott számú egyed párhuzamos követésére alkalmas, mivel az egyes adók frekvenciája között megfelelő különbséget (általában minimum 5, de inkább 10 KHz) kell biztosítani. A Lotek és Televilt cég egyes vevői egy frekvencián sugárzó adók elkülönítésére is képesek, mivel száz darab, azonos frekvencián sugárzó adó digitális kóddal megkülönböztethető. Sajnos ezek az adók nagyobb tömegűek, nagyobb fogyasztásúak, és ráadásul drágábbak is. Ennek ellenére használatuk gazdaságos lehet, hiszen így egy vevőkészülékkel akár többszáz állat is követhető, aminek azért van nagy jelentősége, mert egy jó minőségű vevőkészülék ára általában ezer dollár felett van.

A fenti összeállítású adók a legegyszerűbbek, és ezért a legkisebb tömegűek. Ezek az adók jelenleg már egy gramm alatti tömegben is kaphatók kereskedelmi forgalomban (pl. a Holohil cég ajánl ilyen adókat). Ha az állat teherbíró-képessége ezt lehetővé teszi, akkor egy erősítőt építenek még az adóhoz, ami megnöveli az adó kimenő teljesítményét, azaz a jelek nagyobb távolságból is észlelhetők. Ezek a két lépcsős („two stage") adók (két tranzisztoros multivibrátor). Ezek az adók határozottabb jelalakkal rendelkeznek, ezért jobban megkülönböztethető a jel a zajtól. Sajnos nagyobb áramfogyasztásuk mellett hátrányuk az is, hogy minimum 2.4 Volt feszültség szükséges működtetésükhöz.

A kimenő teljesítményen túl az állatra szerelt adó antennája is befolyásolja a jelek vételének hatótávolságát. A madarak esetében általában gitárhúrból készült os-

tor antennákat („whip antenna") alkalmaznak, a madár teste mellett vezetett drót a fej mellett vagy a faroktollak felé nyúlik, az adó rögzítési módjától függően. Mivel mind a felszerelt madár, mind a fajtársak csipkedhetik az antennát, fontos, hogy rugalmasan rögzüljön az adó testéhez. Mivel ez a pont viseli a legnagyobb igénybevételt, az adótestből kilépésnél drót spirál vagy rugalmas műanyag hüvely fedje az antennát. Az adók rendelésénél fel kell hívni a gyártó figyelmét a lehetséges fokozott igénybevételre, vagy speciális terhelésre (pl. odúlakó madarak antennája az odú szélében elakadhat, vízimadaraknál a fokozott vízállóság elengedhetetlen, stb.). Az antenna letörése esetén az észlelési távolság akár pár méterre is csökkenhet. Általában az antenna hosszát egy hatod hullámhossz körüli értékre állítják be, ha ezt a vizsgálati alany testméretei megengedik. Ez a madarak követésére leggyakrabban használt frekvenciák esetén 30-40 cm körüli antenna hosszt jelent. A főleg kisemlősökön (de néha madarakon is) alkalmazott testüregbe ültetetett adók esetén az antenna a adó csomagban feltekerve található. Egyes esetekben az antenna a rögzítő nyakörvben vagy hámokban futó hurokból állnak („loop antenna"). Ez a két megoldás kisebb hatótávolságot tesz csak lehetővé.

3.2. Az adó élettartama

Az adók élettartamát adott kapacitású áramforrás esetén elsősorban az határozza meg, hogy mekkora kimenő teljesítménnyel rendelkeznek és milyen gyakorisággal, illetve milyen hosszú időtartamú jeleket sugároznak. Az adók élettartama és a jelek vételének hatótávolsága tehát fordítottan arányos, az adott vizsgálatnak megfelelő optimumot kell kiválasztani. Az elemekkel történő takarékosság érdekében olyan adókat is kifejlesztettek, amelyek csak akkor sugároznak jeleket, ha erre egy másik adó segítségével parancsot adnak nekik. A nagyobb teherbírású állatokra napelemmel működő adók is felszerelhetők (pl. fehérfejű rétisasokra 65 grammos napelemes adókat szereltek, ez testtömegük 1.3-2.2%-át tette ki Buehler *et al.* 1991), ez jelentősen megnöveli az adó élettartamát. Akár több évig is működhetnek ezek az adók, így a madarak vándorlási útvonalainak feltérképezésében, illetve egyes populációk hosszú távú monitorozásában ezek az adók használatosak. A napelemmel szerelt adók minimális súlya körülbelül 6 gramm, ezért a kisebb madarak követésére ezek az adók jelenleg még nem alkalmazhatók.

3.3. Az adó által besugárzott terület nagysága (észlelési távolság)

Alapvetően a rádiótelemetriás vizsgálatok fő problémája, hogy milyen távolságról érzékelhetők a sugárzott jelek. Ezt több tényező szabja meg, sajnálatos módon madarak esetében nem mindegyik befolyásolható, illetve ami újabb problémát okoz: a mérés pillanatában nem mindegyik tényezőt ismeri a megfigyelő. Az adó észlelési távolsága nagymértékben változik a megfigyelt madár felszín feletti magasságától függően, de erről általában a mérés pillanatában a megfigyelő nem rendelkezik semmilyen információval.

A befolyásoló tényezők:

a) Az adó kimenő teljesítménye.
b) Az adó antennája, az adás pillanatában

milyen magasságban található (a madár a földön táplálkozik, fán ül, repül), és milyen testhelyzetben van a madár (azaz az adó és vevőantenna egymáshoz viszonyított helyzete milyen).
c) A vevő érzékenysége.
d) A vevő antennája, annak felszín feletti magassága.
e) A terep domborzati viszonyai és növényzete.
f) A külső hőmérséklet.

Az adók antennájának méretezésével a fentiekben már megismerkedtünk, a vevő és antennájának hatásával a vevők fejezet foglalkozik. Ha a terep erőteljesen tagolt, akkor a dombok, völgyek leárnyékoló hatása zavarhatja a jelek vételét, a visszaverődő hullámok nehezíthetik az irány pontos meghatározását. Mindig tartsuk szem előtt, hogy antennánkkal azt érzékeljük milyen irányból érkeznek a jelek, de ez visszaverődés után nem egyezik meg a jelek kibocsátásának eredeti irányával. A tapasztalatok szerint a lombhullató erdők kevésbé, a fenyőerdők erőteljesebben zavarják a jelek vételét. Az AVM cég a trópusi esőerdők gazdag, többszintű lombkoronájának zavaró hatása miatt a szokásosnál magasabb (216 MHz körüli) frekvenciák használatát javasolja.

A külső hőmérséklet csökkenésével az adók észlelési távolsága csökkenhet, mivel az adó kimenő-teljesítménye kisebb a telepek elektromotoros erejének csökkenésével. A hidegérzékenység az elem típusától erősen függ. Mikor az adó hőmérséklete 5 Celsius fok alá csökken, a jelerősség már érzékelhetően kisebb, ezüst-higany elemek 0 Celsius fok alatt egyáltalán nem sugároznak. -30, -40 Celsius fok alatt általában egyáltalán nem sugároznak az adók, a lithium elemek -50 fokig használhatók. A hőmérséklet emelkedésével azután újra működik az adó. Ezért a terepi vizsgálatokat érdemes a leghidegebb hónapok kiiktatásával tervezni. Amennyiben ez nem lehetséges, még mindig van remény a megoldásra. A melegvérű állatokra felszerelt adók hőmérséklete jelentősen magasabb lehet, mint a külső hőmérséklet. A testüregbe épített adók esetén ez a probléma megoldott. Ha pedig a madár tollai az adót eltakarják, ez szintén jelentős hőmérséklet-emelést eredményez.

3.4. Az adó tömegének hatása a megfigyelt állatokra

A rádiótelemetrikus vizsgálatok megtervezése folyamán a kutatók általában szeretnének minél hosszabb élettartamú és nagyobb távolságról észlelhető adót használni. Általában ez a legegyszerűbben nagyobb jelerősség (ez nagyobb áramfogyasztást okoz), és hosszabb élettartamú elemek használatával valósulhat meg. Ez a kívánság a telep méretének és tömegének növelését okozza. Másrészt olyan eszközt kell használni, ami a megfigyelt állatot a legkevésbé zavarja természetes viselkedésének kifejtésében.

I. A súly (azaz a telep elektromotoros erejének) növelésének előnyei:
1. nagyobb élettartam,
2. nagyobb észlelési távolság,
3. vagy azonos élettartam mellett nagyobb sűrűséggel adott jelek.
II. A súly csökkentésének előnyei:
1. Az állatot kevésbé befolyásolja a megfigyelés közben, természetes viselkedés regisztrálható.
2. Kisebb tömegű adócsomag egyszerűb-

ben, kisebb tömegű eszközökkel rögzíthető az állaton.

Az irodalom sok olyan példát közöl, ami a szállított plusz súly madarakra gyakorolt hatását elemzi (az adó tömege mellett a 4. fejezetben tárgyalt rögzítési módszerek is alapvető szerepet játszanak az adó madárra kifejtett hatásában). A heringsirályok (*Larus argentatus*) költéssikere kisebb volt a kontrollcsoporténál, ha az állatokat befogták és adókkal szerelték fel, ráadásul a költési siker nagyobb mértékben csökkent, ha a madarakra nagyobb adókat helyeztek (Sibley & McCleery 1980). Az örvös fácánok (*Phasianus colchicus*) esetében a rádiót viselő egyedek túlélése csökkent (Warner & Ettner 1983).

Vízimadaraknál a rádióadó felszerelése után kevesebb úszást figyeltek meg a kutatók (Greenwood & Sargent 1973), vagy a nehezebb adó miatt lassabban úsztak a pápaszemes pingvinek (*Sphenicus demersus*) (Wilson & Duffy 1986).

A gyűjtő küllő (*Melanerpes formicivorus*) 3 g tömegű adóval – ez a madár testtömegének 3,5-3,9%-a – felszerelt példányai normális (a kontrollállatoktól szignifikánsan nem különböző) viselkedést mutattak. Ezzel szemben a 4.5 g tömegű – ez a madár testtömegének 5,1-5,9%-a – adóval ellátott egyedek szignifikánsan kevesebbet végeztek a nagy energia-befektetést igénylő viselkedésekből (repülés, légyfogás, élelem rejtés), ezzel szemben többet ettek, pihentek és tollászkodtak (ez főleg az adó eltávolítását célozta). Ráadásul az időegységre eső repülési távolság is szignifikánsan alacsonyabb volt, mint az adó nélküli és 3 g tömegű adót viselő példányok esetében (Hooge 1991). A megfigyelt negatív hatások oka a helyváltoztatáshoz – főleg a repüléshez – felhasznált többlet energiaigény, másrészt a rádióadó viseléséből származó csökkent manőverező készség.

A megfigyelt eltérések fiziológiai okainak megértését célozta a következő tanulmány. A szirti galambok (*Columba livia*) 90 km távolságot 2,5%-os testtömeg-növekedést okozó hámmal 15% repülési idő többlettel, 5%-os testtömeg-növekedést okozó hámmal 25% repülési idő növekedéssel tettek meg (Gessaman & Nagy 1988). 320 km-es úton már több mint 31%-os repülési idő növekedést okozott a hámmal rögzített adók jelenléte. Az út közben mért oxigénfogyasztás és széndioxid termelés óránként 41-50%-kal növekedett. A repülési idő növekedését is figyelembe véve 85-100%-kal nőtt a széndioxid termelés.

A fentiek ismeretében fontos megállapítani egy olyan elfogadható tömeghatárt, ami még a madarat feltehetően nem zavarja különösebben a viselkedésben.

3.5. Az 5% szabály

Az irodalomban elterjedt az a nézet, hogy a repülő állatok testtömegének 5%-át meg nem haladó tömegű szerkezet még nem okoz jelentős változást a viselkedésében (Cochran 1980). Ezen szabály alapos tesztelése azonban mindezidáig nem történt meg, s a fentiekben közölt eredmények némelyike megkérdőjelezi ezt. Általában a nagyobb termetű madarak esetében (azaz a 200 gramm testtömeget meghaladó fajoknál) nem okoz gondot az adó és az elemek ésszerű megválasztásával betartani ezt a szabályt, de a kisebb termetű énekesek esetében természetesen komoly gondot jelent az 5% szabály betartása is. Ráadásul

egyes tanulmányok a kisebb, gyors szárnycsapásokkal, vagy gyakori, gyors irányváltoztatásokkal repülő madaraknál ennél szigorúbb korlátok alkalmazását javasolják.

Tucker (1977) szerint a testtömeg adott százaléka, mint általános szabály a terhelhetőség mértékére nem állja meg a helyét. Véleménye szerint a nagyobb testtömegű madarak azonos testtömeg-százalékot kitevő pluszsúly nagyobb erőfeszítéssel kompenzálható. Caccamise és Hedin (1985) szintén erre az eredményre jutott. Érvelésük alapja: a kisebb madarak a leggazdaságosabb repülés és a lehetséges leginkább energiaigényes – azaz a leglassabb: mint például a helybenszitálás, vagy a lehető leggyorsabb repülés – repülés közti különbség nagyobb, így az adott százalékos leterhelés egy kisebb madár esetén a madár potenciális repülési képességét csak kisebb mértékben csökkenti. A madár testtömege és az adó tömege alapján számított potenciális repülési képesség csökkenés képezi az általuk javasolt terhelhetőségi határ kiszámítását. Cikkük függeléke egy bonyolultabb adó kiválasztási módszert is ismertet, amely a madár tömegén kívül a repülő izmok tömegét, szárnyfesztávolságot és a szárnycsapás frekvenciát, valamint az adó súlyának és légellenállási együtthatójának ismeretében az adó többletterhelése által okozott rendelkezésre álló plusz repülési kapacitás csökkenés kiszámítását teszi lehetővé.

Ezek a számítások a 70 g testtömeget meghaladó madarak esetében valószínűleg jó eredményeket adnak, de ezalatti tartományban ismét a testtömeg 5%-át kell a határértéknek tekinteni. Aldridge és Brigham (1988) szerint a 70 g alatti értékekre ez a módszer olyan adó tömeget engedne meg, ami a madarak – vagy tanulmányukban a rovarevő denevérek – manőverező-képességét nagymértékben csökkentené.

3.6. Biotelemetriai adók

Ebben az alfejezetben azokról az adókról lesz szó, amelyek a követett állat helyének meghatározása mellett – vagy helyett – az állat élettani paraméterei, vagy egyéb környezeti adatok mérésére és vevőhöz sugárzására is lehetőséget biztosítanak. Általánosságban elmondható, hogy ezek az adók speciális rögzítést igényelnek: nyakörv, hátizsák, vagy testüregbe ültetett adókat használnak ilyen célra. Általános szabály, hogy ezek az adók legalább 2.7 volt tápfeszültségű telepekkel működtethetők, szemben az egyszerű helyzet-meghatározásra alkalmas adókkal, amelyek 1.2 volton is üzemeltethetők. A környezeti vagy élettani paraméterek méréséhez átalakított adók (egy egyszerű, és ötletes megoldást ismertet Macdonald és Amlaner (1980), ami a vizelet ürítési gyakoriság mérését teszi lehetővé), a sugárzott impulzusok gyakoriságát módosítják (Pulse Interval Modulation). Általában az egyszerűbb vizsgálatoknál a percenkénti jelszámot felhasználva kalibrálják az adót pl. különböző hőmérsékleteken, s ezután szerelik fel a kísérleti alanyra. A későbbiekben a mérések során számolják a percenkénti jelszámot, vagy a legtöbb cég a pontos és gyors méréseket lehetővé teszi a kompjuterizált vevőkkel, vagy az egyszerűbb vevőkhöz csatlakoztatható jelek közti időtartamot mérő egység (Pulse Interval Timer, [PIM]) segítségével. A bonyolultabb adók és vevők az impulzusok hosszának modulálásával is közvetíthetik az információkat, vagy

a rádiózásban használt frekvencia moduláció segítségével.

A PIM módszeren alapul az érzékelők helyzetének gondos megválasztásával a követett állat, vagy a környezet hőmérsékletének monitorozása. Az ilyen adók, speciális, adattárolásra is alkalmas számítógéppel összekötött vevők kereskedelmi forgalomban is vásárolhatók. Gyakorlatilag hasonló elven működnek a környezeti hőmérséklet, a fényviszonyok, szívritmus mérésére alkalmas telemetriás mérőrendszerek. A környezet fénymérésével gyakran elkülöníthető a különböző növényzettel borított területeken, vagy a fészekben, odúban töltött idő, így ez a módszer a habitat-szelekció és napi aktivitás-mintázatok tanulmányozásában eredményesen alkalmazható. A továbbfejlesztett változatok EKG, EEG mérések eredményeit is sugározhatják a megfigyelőkhöz.

Egyes adókat apró mikrofonnal szerelnek fel, s az állat által adott, illetve a környezetből érkező hangokat közvetítik a megfigyelőhöz. Ennek a módszernek főleg a madarak és csoportokban élő emlősök esetében a szociális viselkedés feltárásában van kiemelkedő szerepe (Gautier 1980).

Az állatok aktivitásának monitorozására olyan eszközöket használnak, amelyek egy helyzetérzékelő higanykapcsolót is tartalmaznak. Az állat fején, nyakán, vagy testén elhelyezett kapcsolót úgy állítják be, hogy a vízszintessel bezárt bizonyos szöget átlépve bezár a higanykapcsoló, és ekkor más impulzus frekvencián kezd sugározni az adó (Exo et al. 1992). Az adó által sugárzott jelek frekvenciamintázatát közvetlen vizuális megfigyeléssel kalibrálva a vett jelek alapján elkülöníthetők a pihenés, táplálkozás, költés és egyéb viselkedés-elemek.

Mivel a fej helyzetváltoztatása adja a legtöbb információt, az aktivitás-mintázat megfigyelésére egy sajátos adórögzítési módszert fejlesztettek ki vadkacsák számára. Az adót egy orrnyílásba illesztett tű segítségével rögzítették kacsák fején (Swanson & Keuchle 1976).

Az előbbiekhez hasonló feladatot látnak el a mortalitás (gyakorlatilag tartós immobilitás) szenzorok. Az állat huzamos mozdulatlansága esetén megváltozik a sugárzott jelek impulzus-gyakorisága. Ilyen szenzorokat használnak a téli álom kezdetének és végének monitorozására is.

3.7. Kitekintés a jövőre

Az egyik legizgalmasabb, bár árát tekintve egyelőre talán elérhetetlen rendszer lehetőség a LOTEK cég jelenleg még fejlesztés alatt álló helyzet-meghatározásra alkalmas adója. Ez a pillanatnyilag csak nagytestű állatokra felhelyezhető 1.8 kilogramm tömegű adó 1 éves működés mellett a követett állat 5-30 méteres pontosságú műholdas helymeghatározását teszi lehetővé. Az állatra rögzített egység a Navstar műholdas Global Positioning System /GPS/ segítségével a kutatás céljainak megfelelő gyakorisággal meghatározza az állat helyét, majd tárolja a saját számítógép memóriájában az így gyűjtött adatokat. A környezeti vagy élettani paraméterek párhuzamos rögzítése és tárolása szintén lehetséges. Az állatra szerelt egység még tartalmaz egy kb. 15 km hatósugarú VHF adót – ennek segítségével repülőről vagy egyéb járműről a hagyományos módon megkeresik az adóval felszerelt állatot – valamint egy független rádióegységet. A követő járművön elhelyezett vevőegység

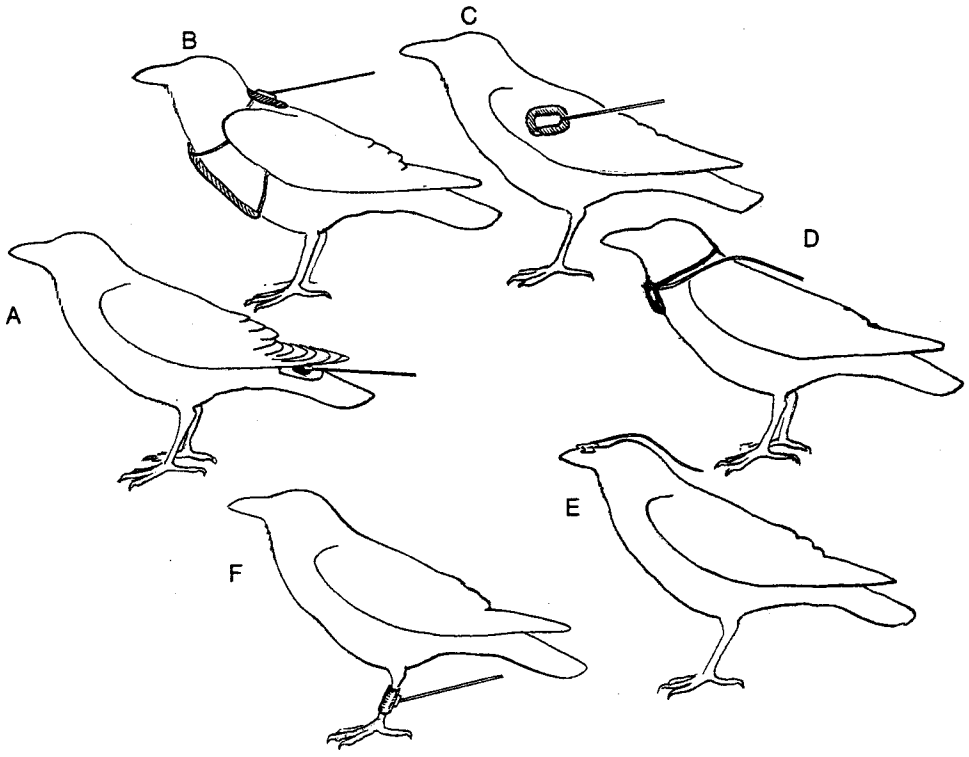
alkalmas a gyűjtött adatok lekérdezésére és tárolására (az egy év alatt megszerzett adatok egy perc alatt lekérdezhetők). Az ilyen pontosságú adatok más műholdas távérzékelő rendszerekkel /úgynevezett remote sensing módszerek/ szerzett információkkal (nagy felbontású felvételek, kihelyezett távműködtetésű meteorológiai adatgyűjtő rendszerek) együtt alkalmasak emberi településektől távoli, nehezen megközelíthető, zord körülmények között élő állatok folyamatos követésére.

3.7.1. Testbe beépített inplantátumok, transponderek

A speciális adók utolsó csoportja talán kisebb jelentőségű az ornitológiai kutatások szempontjából, mivel főleg kisemlősökön alkalmazták eddig őket. A testbe épített adók használata azonban élettani paraméterek mérésénél szóba jöhet madarak esetében is. Mivel a testüregbe épített adók mérete még nagyobb mértékben korlátozott mint a test felületére telepített adóké,

2. Ábra. A különböző adórögzítési módok. A) Farok tollakra ragasztott vagy csíptetett adó. B) Hámokkal rögzített adó. C) Szárnyra rögzített lapocska. D) Előke vagy nyaklánc módszer. E) Orrüregbe rögzített, csőrre szerelt adó. F) Lábgyűrűhöz rögzített adó.

Fig. 2. The differnt transmitter attachment methods. Tail mounted transmitters. A) Tailclips and glue on design. B) Harness design. C) Wing plates. D) Bib or poncho. E) Transmitter attached via a nasal pin. F) Attachment to legrings.



elterjedt módszer a transponderek alkalmazása. Ezek az eszközök a kisebb méretű beültetett mérőegység által sugárzott jeleket fogják, majd felerősítve tovább sugározzák. Ennek az elrendezésnek a nagyobb telepméret mellet az is előnye, hogy lehetővé teszi megfelelő hosszúságú külső antennák alkalmazását.

4. Az adók rögzítése

A megfelelő adó kiválasztása után a terepi kutató talán legnagyobb felelőssége az adó rögzítési módjának kiválasztása és kivitelezése. Ugyanis a gyári paraméterek lefaragása, a súly csökkentése általában az átlagos felhasználók lehetőségeit meghaladja. Azonban az adók rögzítésére csak tanácsokat adhat a gyártó, de a megrendelőnek kell eldöntenie a felfüggesztés módját. Az állat viselkedésének és közérzetének befolyásolásában a rosszul választott rögzítési módszernek legalább akkora – vagy néha nagyobb – szerepe van, mint az adó méretének és súlyának. Ráadásul az adók rögzítésére lehetséges módszerek száma a madarak esetében megelehetősen magas (2. ábra). Ebben a fejezetben a madarakon leggyakrabban alkalmazott rögzítési módszerek előnyeit és hátrányait próbálom összefoglalni, és összegyűjteni azokat az irodalmi hivatkozásokat, amelyek részletesen ismertetik az egyes eljárásokat (1. táblázat).

Elöljáróban érdemes pár alapszabályra felhívni a figyelmet. A lehetőség szerint olyan eljárást kell választani, ami a tollak évenkénti vedlése során az adó „levetkőzését" is biztosítja. Így a madarat nem terheljük le egész élettartamára, s az adók újrafelhasználására is mód nyílhat, ha levedlésükkor még aktívak. A rögzítésnél alapvető szempont, hogy a madarak legaktívabb mozgásformája a repülés, és a rögzített adó által okozott terhelés ilyenkor jelentkezik legnagyobb mértékben. Ezért a madár szárnycsapásait akadályozó, manőverező-képességét csökkentő, vagy látását zavaró rögzítés feltétlenül kerülendő. A madár terhelését lehetőleg a súlyponthoz minél közelebb, de mindenesetre a madár hossztengelyében érdemes elhelyezni. A telemetriás vizsgálatok tervezésénél ajánlott röpdei megfigyelés elsősorban az adó és rögzítés madárra gyakorolt hatását hivatott kideríteni. Ebben a fázisban még mód nyílik az esetleges hibák kijavítására. Saját seregélyeken végzett vizsgálataim (Fuisz 1993) során a röpdei megfigyelések bizonyították, hogy a seregélyek esetében a háttolakra nem lehet 2.5 gramm tömegű adókat ragasztani.

Ha a lehetőség adott, akkor az adókat és a rögzítő elemeket a tollazat alá kell rejteni (persze napelemes készüléknél ez csak az adótestre vonatkozik). Így egyrészt az állat mimikrijét nem zavarja feltűnően eltérő színű, mintázatú tárgy, másrészt a tollak szigetelő hatása a hideg esetén jelentős védelmet jelent a telep számára. Ha az adó és a hámok a tollak felett helyezkednek el, megfelelő festéssel gondoskodni kell álcázásukról, ahogy ezt emlősök esetében is teszik (Hamilton 1976).

4.1. Háton történő rögzítés („backpack design")

A szakirodalom szerint az egyik legjobb megoldás a szárnyak felett, nagyjából a lapockacsontok között rögzített adó, mivel a test súlypontja felett helyezkedik el. Így a madár egyensúlyát nem zavarja meg.

1. Táblázat. A különböző adó-rögzítési eljárások előnyei és hátrányai. A zárójelben álló számok a hivatkozásokra utalnak.
Table 1.: The advantages and draw-backs of different tagging techniques. The numbers in the parenthesis stand for the sources.

Módszer *Method*	*Előny* *advantages*	*Hátrány* *draw-backs*	*Példák, vizsgált faj* *examples, studied species*
1.a / szárnyon átbujtatott hámokkal rögzített hátizsák back-pack design with harnesses around wing	a/ hosszú ideig (több évig) rögzíthető az alanyra long-term (possibly lifetime) attachment b/ nagyobb tömegű, tollakra nem ragasztható adó rögzítését is lehetővé teszi The possibility to attach heavier, non-glueable transmitters c/ a madár súlypontja felett, a test középvonalában helyezhető el az adó the transmitter is riding over the centre of gravity and symmetry axis of the bird	a/ szárnycsapások és a légvétel akadályozása limitation of wing-beats and breathing b/ toll és bőr kopása és irritációja abrasion and irritation of feathers and skin c/ nem vedli le a madár akkor sem, amikor az adó telepe már kimerült the transmitter is not shed after the batteries expire d/ a laza hámokba beakadhat a láb vagy csőr, ez a madár halálához vezet The beak or leg might get entangled into harness, consequently individual might die	súlyveszteség, több tollászkodás weight-loss, more time spent with preening *Geothlypis trichas* (1) repülési távolság csökkenése reduced flight distances (2) 30% nagyobb mortalitás 30% higher mortality *Perdix perdix* (4) *Strix occidentalis* (7) hámba akadt csőr, 3 egyed elpusztult The beak entangled into harness 3 individuals died *Fringilla coelebs* (3) Nagyobb oxigénfogyasztás incrised oxygene consumption *Columba spp.* (5)
1.b/ A láb körül vezetett hámokkal rögzített hátizsák Backpack design with leg loops	A szárnyak alatt vezetett hámokkal szemben nem zavarja a légzést és szárnycsapásokat annak minden előnyét megtartva (6) All the advantages of the former method are achieved without the blocking of wing beats and breathing		
2.a/ hátra ragasztott adók glue on back-packs (6) szerint 50 gramm alatti madakra ez a legjobb módszer according to (6) BEST METHOD FOR BIRDS SMALLER THAN 50 GRAMS	a/ súlypont és szimmetria tengely feletti rögzítés attachment over the centre of gravity b/ nem zavarja a légvételt és szárnycsapásokat does not interfere with breathing and wing - beats	a/ a tollakra ragasztott adók 2-3 hét után leválnak, és tömegük erősen limitált transmitters glued to feathers detaches within 2-3 weeks, weight of transmitter package limited (8) b/ a bőrfelületre ragasztott adók a tollcsévék növekedésével 2-3 hét után ledobódnak transmitters glued directly to the skin are shed within 2-3 weeks	

		c/ felléphet bőr-irritáció cianoakrilát ragasztóknál possibility of skin irritation by cyanoakrylat glue (9)	
2.b/ hátra ragasztott tépőzárral rögzített glue on with Velcro	gyors felszerelés fast attachment (1)	a tépőzárral rögzített adókat többet csipkedik, hamarabb leválik mint a ragasztott more pecking at transmitter, more preening, detaches faster than glued on directly (1)	
3. Farokra rögzített adók Tail mounted transmitters	Szimmetria tengelyben rögzül az adó, vedléskor elvesztheti a madár transmitter placed over the symmetry axis, transmitter shed at moult, no negative effect found *Tyto alba (10),* *Sturnus vulgaris (8)*	Nem a súlypont felett helyezkedik el the transmitter is not placed over the centre of gravity	
3.a/ vendégtoll beépítés feather implant		általában időigényes a rögzítés attachment very time-consuming	*Accipiter gentilis, A. nisus* (12)
3.b/ élő faroktollra ragasztott glued to tail feathers	nem figyeltek meg semmilyen negativ hatást adóval megtett hosszú vándorút után no negativ effect was found after long migration with tail mounted transmitter *Sturnus vulgaris (11)*		
3.c/ farok tollra csíptethető tail clip			
4. lábgyűrűhöz rögzített adók legring attachment	nem gátolja a repülést does not interfere with flight	gyakran megrongálják az antennát a madarak the antenna often damaged or destroyed	*Falco columbarius* (13) *Strena hirundo* (14)

(1) Sykes et al. 1990
(2) Hooge 1991
(3) Hanski et al. 1992
(4) Carroll 1991
(5) Gessaman et al. 1991
(6) Rappole and Tipton 1991
(7) Paton et al. 1991
(8) Fuisz 1993
(9) Woodward et al. 1965
(10) Taylor 1991
(11) Bray and Corner 1972
(12) Kenward et al. 1978
(13) Sodhi et al. 1991
(14) Morris and Burness 1992

4.1.1. Ragasztott adók („glue on")

A kistermetű, gyors szárnycsapásokkal repülő madarak esetében ragasztással rögzítik a adó csomagot. Ennek a megoldásnak egyik nagy előnye, hogy a kistömegű madaraknál a kritikus súlynövekedés elkerülhető (az egyéb rögzítő módszerek: gyűrűk, hámok, csiptetők súlya növeli a adó csomag összsúlyát). Másrészt a hámok szárnymozgást gátló hatása így nem érvényesül. Egy összehasonlító vizsgálat keretében (Sykes *et al.* 1990) ragasztott és hámmal rögzített adók hatását vetették össze körülbelül 10 gramm testtömegű amerikai álarcos poszátákon (*Geothlypis trichas*). A ragasztott adóknak két változata volt: egy tépőzárral illesztett, illetve egy közvetlenül bőrre felragasztott. Vizsgálatukban a közvetlen ragasztás bizonyult a legjobbnak, mivel a hámokkal felszerelt madarak nagyobb súlyveszteséget szenvedtek, ráadásul az adók az elemek kimerülése után is a madarakon maradtak. A hámokkal és a tépőzárral felszerelt madarak szignifikánsan több időt töltöttek tollászkodással és az adó csipkedésével, mint a kontrolcsoport, a közvetlen ragasztással kezelt madaraknál ilyen szignifikáns különbséget nem észleltek. A ragasztott adók közül a tépőzárral rögzítettek általában az elem kimerülése előtt (átlagban 13. napon) lehullottak, míg a közvetlenül ragasztottak 27 napos átlaggal váltak le a madárról (ilyen kis méretű adócsomag esetén hosszabb életidejű elem gyakorlatilag nem alkalmazható). Ráadásul a tépőzáras illesztés alaposan megnöveli mind a csomag súlyát és magasságát, ami aerodinamikai szempontból kedvezőtlenül befolyásolja a madarat.

A ragasztásos módszer több változatban is elterjedt. Az egyik eljárás a háttollakra közvetlenül felragasztja az adót, a másik lehetőség a tollak körülbelül egy milliméteresre vágása, és erre helyezik el az adót cyanoakrilát ragasztó segítségével (pl. a Loctite, Superglue pillanatragasztók). Ilyenkor az adó aljára a ragasztás számára nagyobb felületet biztosító textildarabot erősítenek.

A másik eljárás folyamán a tollakat teljesen levágják, és az így előállított felületre a bőrt nem irritáló ragasztóval (pl szempillaragasztó) erősítenek egy textil darabot. Majd az adó aljára is egy textildarabot erősítenek, és a két textilt összeragasztják (Raim 1978). Az eddigi tapasztalatok szerint ez az egyik legsikeresebb módszer kis (azaz 50 g alatti) énekesek esetén (Rappole & Tipton 1991), különösen akkor, ha az adót a synsacrum felett helyezik el.

Egy további lehetőség a bevezető példában említett tépőzár alkalmazása, ilyenkor a madár hátára és az adó aljára erősítik a tépőzárat, majd a egyszerűen összenyomják a két réteget. Megkönnyíti az adók le és felrakását, könnyen visszafogható (pl. odúköltő) madarak esetén ezért érdemes használni, ha a madár nem tartozik a legkisebb énekesek közé.

Ezeket az adókat a növekvő tollak nyomása miatt mintegy 2-3 hét után elveszti a hordozó egyed. A tollakra ragasztottaktól is legkésőbb vedléskor megszabadul a hordozó madár. A módszer előnyös tulajdonságai ellenére csak 3 gramm súlyhatár alatt ajánlott, mert az ennél nehezebb adókat a tollak nem tudják megtartani. A bőrre történő felerősítés eléggé időigényes, körülbelül egy óráig tart a felület előkészítése és az adók felragasztása. Ráadásul egyes vizsgálatoknál a három hetes időtartam kissé szűkös lehet. A rögzítéshez

használt cyanoakrilát ragasztó lehetőleg ne érintkezzen a madarak bőrével, mert irritálhatja a hámszövetet, így pl. patkányok bőrén gyulladást okozott (Woodward *et al.* 1965).

4.1.2 Hámokkal történő rögzítés („harness and backpack design")

A nehezebb hátizsákok rögzítését a fenti okokból hámokkal oldják meg. Az adócsomag szélein kialakított csövekben futhat a hám, vagy a csomag burkolatába ragasztják azt. A hám nyolcas alakú, a csomópontnál helyezkedik el az adó. A két hurkot változatos módszerekkel rögzítik a madár testén. A fő szempont az, hogy az adó oldalirányú billegését megakadályozzák, így elejét vegyék az adó és antenna elmozdulásának. A hámokkal történő rögzítésnél ez különösen fontos, hiszen a hámok a tollazatot erősen koptathatják, illetve irritálhatják a bőrt. Ezért fontos, hogy a tartósság, és a megfelelő szakítószilárdság mellett, testbarát anyagból készüljön a hám.

4.1.2.1. Hámrögzítési eljárások

(1) A nyolcas egyik szárán átbujtatják a madár fejét, a másik pedig a szárnyak mögött halad, és a két hurkot a mell középvonalán futó vezeték szorosra állítja (Dwyer 1972, Kenward 1987, Gessaman *et al.* 1991).

A hámok sok szerző tapasztalatai szerint gyors adó rögzítést tesznek lehetővé, de a szárak hosszúságát pontosan be kell állítani az egyes madarak testméretei szerint. A túl szoros hámok akadályozzák a madarat a repülésben, légvételben, és irritálhatják a bőrt, károsíthatják a tollazatot. A túl hosszú hámok alá az adót eltávolítani próbáló madarak lába, csőre beakadhat, és ez pusztulásukat okozhatja. A szárnyak tövénél valamint a fej és a mell körül futó hámok esetén Rappole & Tipton (1991) az esetek többségében atipikus repülést és viselkedést észlelt, a madarak 10-15% pedig a fejét lábát vagy szárnyát a hám valamelyik szára alá dugta, ami általában mozgásképtelenné tette őket.

Hanski *et al.* (1992) tapasztalatai szerint a hámok helytelen alkalmazása miatt (túlzottan szoros volt a nyak körüli hám, és a madarak az aláakadt csőrüket nem tudták kihúzni) 3 hámokkal felszerelt erdei pinty elpusztult, 3 pedig eltűnt közvetlenül az adók felszerelése után.

A hámokkal történő adórögzítés hátrányát demonstrálja az is, hogy Hooge (1991) vizsgálata szerint a madarak 3.5-3.9 testtömeg-százalékát kitevő, hámmal rögzített adók nagyobb repüléstávolság csökkenést okoztak, mint az 5.1-5.9%-ot kitevő, de tollakra ragasztott adók. A megegyező tömegű (3.5-3.9 testtömeg-százalékot kitevő) hámokkal vagy ragasztással felerősített adók hatásában is szignifikáns különbséget talált. A hámmal felszerelt madarak szignifikánsan kevesebb repülést és légyfogást végeztek. Ezzel szemben többet pihentek és tollászkodtak.

A hámok előnytelen hatását kimutatta az a vizsgálat is, amelyben házi galambok (*Columba* spp) (Gessaman *et al.* 1991) vízpára kilégzése repülés közben a test tömeg 2.5%-át kitevő tömegű hám viselése esetén 50-90%-kal haladta meg az adó nélküli kontroll madarakét. Érdekes az is, hogy ha a hámok tömege a rájuk szerelt súlyokkal elérte a madár tömegének 5%-át, akkor sem volt szignifikánsan nagyobb a vízvesztés, mint a csak hámot viselő ma-

daraknál. Ennek valószínűleg az a magyarázata, hogy a szárnyak lefelé történő mozgásánál a madár légzsákjainak térfogat-növekedését megakadályozzák a hámok, s ezzel csökken a belégzés „mélysége". Ezt a madarak a percenkénti légzésszám növelésével próbálják kompenzálni, s ez okozza a fokozott lélegzési vízvesztést.

Bár a mortalitás okát nem sikerült pontosan meghatározni, két tanulmány abnormálisan magas halálozási rátáról számol be hámokkal történő adó rögzítés esetén. Carroll (1990) tanulmányában hátizsák vagy poncho módszerrel kb. 10 grammos (2.5 testtömeg-százalék) adókat rögzítettek 100 fogolyra (*Perdix perdix*). Az adóval felszerelt madarak az első héten 34%-al magasabb mortalitást szenvedtek mint a rákövetkező 5 hétben. Pettyes baglyokon (*Strix occidentalis*) végzett vizsgálatok szerint (Paton *et al.* 1991) a hámokkal rögzített hátizsák adót viselő példányok 33%-a 2.5 év alatt elpusztult. Az adót hordozó tojók (az adók 2.8-4.1 testtömeg-százalékot tettek ki) túlélési rátája kisebb volt mint a gyűrűzött kontrolloké, a hordozó párok szignifikánsan kisebb hányada rakott fészket és röptetett ki fiókákat, mint a csak gyűrűzöttek. Ezért a szerzők pettyes bagoly esetén a hámokkal rögzített hátizsák módszert nem tartják elfogadhatónak.

(2) A fenti, hám-okozta súlyos következmények kikerülésére született az az eljárás, melynek során a lábakat bujtatják a két szimmetrikus helyzetű hámba, és ezzel rögzítik a synsacrum felett helyet foglaló adót (Rappole & Tipton 1991). Eljárásukat 10 g tömegű fajoktól egészen 200 g tömegig alkalmazták, és pontos lábhurok méreteket is közölnek pár fajra. A módszert nem javasolják azokra a fajokra, melyeknek nem hosszú a combja (pld kacsák).

(3) Egyes madarak esetében (pl. fajdféléknél) az adó a madár háta helyett a mellre kerül kötényszerűen (Broekhuizen *et al.* 1980), ezt a megoldást kicsit félrevezető módon poncho módszernek is nevezik. A fejen keresztül bujtatott szárat a tollak alá rejtik, s a nyakon a tollakkal szemben nem csúszik fel a madár mellén fekvő adó. Egy továbbfejlesztett változata a nyaklánc („necklace flatpack"), melyet az AVM cég brossúrája mutat be részletesen.

4.2. Farktollra rögzítés („tail mounts")

Ennek a rögzítési eljárásnak is számos változata alakult ki. A módszer egyik előnye, hogy a tollak vedlésekor a madár megszabadul az adótól. A test szimmetria tengelyében van az adó, bár a súlypont mögött helyezkedik el. Általában hosszabb előkészületeket igényel, de a terepen nagyon gyorsan kivitelezhető a rögzítés. A madarak egy-két napig ugyan csipkedik az adót, de ha az adó tömege nem túl nagy, nem okoz problémát. Egyes kutatók szerint a faroktollak lefelé néző oldalára felszerelt adókat a madarak hamarabb megszokják. Ez a rögzítési módszer az eddigi tapasztalatok szerint nem okozott halálozást a felszerelt madaraknak. Taylor (1991) szerint a gyöngybaglyok (*Tito alba*) farkán elhelyezett 3,5 grammos adók (körülbelül 1 testtömeg-százalék) a párok költési sikerében és a kirepített fiókák tömegében nem okozott eltérést a kontroll madarakétól.

4.2.1. Vendégtoll beépítése

Kenward (1980) héjákon (*Accipiter gentilis*) és más ragadozómadarakon alkalmazott módszere gyors (mintegy 5 perces)

rögzítést tesz lehetővé. A rádióadót már kihullott faroktollra rögzítik a laborban, majd a befogott madár egyik levágott faroktollának üreges csonkjába ragasztják a adót hordozó tollat, és pár öltéssel rögzítik azt. Az antennát a tartó toll gerincéhez rögzítik. A tapasztalatok szerint néhány adó elveszett, mivel a adót hordozó toll a művelet után eltörött. A módszer hátránya, hogy megfelelő elhullott tollakkal kell rendelkeznünk az adók felszereléséhez.

4.2.2. Élő tollakhoz rögzítés

(1) Kenward (1978) a preparált faroktollak helyett héják és karvalyok (*Accipiter nisus*) két, még le nem vedlett, faroktollára varrással erősítette az adókat, és ez a módszer megbízhatónak bizonyult. Fontos szempont, hogy egyszerre vedlő tollakat kell használni, pl. a középső tollpárt, vagy a következő második párt.

Az adócsomagban az elemet úgy építették be, hogy az elem a madárfelőli végen helyezkedett el, azaz a madár súlypontjához a lehető legközelebb. A rögzítés eléggé időigényes, mintegy 30-45 percig tart gyakorlott személyeknek. Ugyanezt a módszert alkalmazták hím kis sólymok (*Falco columbarius*) felszerelésére is (Sodhi *et al.* 1991). Az adók (1.6-2.4 testtömeg-százalékot tettek ki) nem gyakoroltak hatást a megfigyelt hímek túlélésére vagy költési sikerére.

(2) Saját vizsgálataimban a seregélyek 2 központi faroktollára erősítettem adókat cyanoakrilát ragasztóval. A tollak gerincére illeszthető, hosszában felvágott 1 cm-es műanyagcsöveket ragasztottam egy vékony műanyag lapra, s ennek tetejére ragasztottam az adó csomagot. A terepen befogott madarak farktollainak tövétől kb. 1 cm-re a tollgerincre pattintottam a műanyag csöveket, s cyanoakrilát ragasztóval rögzítettem (Fuisz 1993). Figyeljünk arra, hogy a madarak faroktövénél elhelyezkedő mirigyet ne ingerelje a rögzítő műanyaglapocska!

(3) A faroktollakra egy előregyártott csíptető segítségével is rögzíthetjük az adót. Bray & Corner (1972) részletesen ismerteti a csipesz készítésének és madárra helyezésének lépéseit. A központi faroktollak (4-6 toll kerül a csipesz szárai közé) tövénél történik a rögzítés, ami gyakorlatilag 1 percet vesz csak igénybe. Az általa felhelyezett 4 g tömegű adóval 600 mérföldes, kb. féléves időtartamú utazást hajtott végre egy hím seregély, melynek kondíciója megegyezett a többi befogott, adónélküli seregélyével.

4.3. Asszimetrikus módszerek

A következő adórögzítési módszereknél az adó nem a madár szimmetriatengelyén található, ezért csakis nagyobb madarakra, testsúlyukhoz viszonyítva kicsi adók esetén ajánlható.

4.3.1. A lábgyűrűhöz épített adók

Morris és Burness (1992) epoxiragasztóval és egy biztosító rézhuzallal a madarászok által használt szabvány lábgyűrűkhöz erősítette az 1.28 gramm tömegű adócsomagokat, majd a gyűrűt a szokásos módon elhelyezték a küszvágó csérek (*Sterna hirundo*) lábán. Semmilyen eltérést nem tapasztaltak az adót viselő madarak és a csak lábgyűrűvel felszereltek között a táplálékhordási gyakoriságában és a fiókákkal töltött idő mennyiségében. Az adók rögzítése a csérek halászati technikáját jel-

lemző víz alá merülései során jól vizsgázott, de tízből három adó percenkénti impulzusszáma megváltozott. A 10 egyed közül kettő az elemek kimerülése (2 hét) előtt eltávolította az adók antennáját. A vizsgálatok után befogott madarak az adó antennáját letörték az elemek kimerülése után. Ez a módszer rendkívül gyors adófelszerelést tesz lehetővé.

A lábon történő rögzítést kis sólymoknál (*Falco columbarius*) is alkalmazták (Sodhi *et al.* 1991). A megfigyelt 30 egyedből 26 farokra varrt adókat kapott, s ezek közül egyet sem távolítottak el. A 4 lábon rögzített adó közül egyet eltávolított a madár, egynek pedig az antennáját törték le. A továbbiakban az adó felett egy bőrszalagot rögzítettek, s a madarak ezt csipkedték az adó helyett, s ezek az adók, illetve antennák nem sérültek meg.

Mindkét lábon történő rögzítésnél a madarak elég sok antennát letörtek, ezért hosszú távú megfigyelésekre valószínűleg alkalmatlan ez a módszer. Nagyobb madarak, például darvak, gémek lábára is felszerelhetők adók (Nesbit & Williams 1990). Ezt a módszert Melvin *et al.* (1983) ismertetik.

4.3.2. A szárnyra csatolt lapocskán rögzített adók

Az utóbbi években a nagyobb madarak azonosítására a színesgyűrű-kombinációk mellett színes, vagy számokkal ellátott szárnylapokat is alkalmaznak. A szárnylapra rögzített adót használtak a kaliforniai kondor (*Gymnogyps californianus*) megfigyelésére (Meretsky & Snyder 1992). A szárnylapok rögzítését Wallace (1980) cikke ismerteti.

4.4. Bőr alatti rögzítő elemek használata madárfiókákon

Tőkésrécék (*Anas platyrhynchos*) 1 napos fiókáinak adóval történő felszerelésére rozsdamentes acéldrótból készült apró horgonyokat és varrást alkalmaztak (Mauser & Jarvis 1991). A fiókák hátán a szárnyak között ejtett metszésbe bujtatták a horgonyt, majd a adóra erősített fogselyem szálakat tűvel a bőr alatt átvezették, és a adó tetején rögzítették. A gyorsaság fontos az adók rögzítésénél, mivel a kezelési stressz növekszik a hosszabb munkafolyamatok miatt. Ezért érzéstelenítőt nem alkalmaztak, s így a horgonyzás 5 perc alatt kivitelezhető.

A megfigyelt állatok az elemek kimerüléséig (több mint 60 nap) nem vesztették el az adókat. Az előkísérletek alapján ez a módszer hatékonyabbnak bizonyult, mintha csak varrással rögzítették, vagy ragasztották az adókat. A rögzítő szálakat ugyanis kihúzták a cseperedő kacsák, a ragasztott adókat pedig a pehely tollak váltásakor elvesztették a fiókák. A horgonyzásos módszernél először a varrat rögzíti az adót (ezeket 10-20 nap után általában már eltávolítják a madarak), majd a vágás begyógyulása után (mintegy 3-4 nap) a horgony biztosítja az adó helybenmaradását. Ebben a vizsgálatban a röpdei megfigyelések szerint a 2.3 g feletti adók a fiókák normális mozgását, egyensúlyát erősen zavarták.

4.5. Testüregben elhelyezett adók

A madarászok körében ez a módszer még kevésbé jelentős, de élettani telemetria esetén emlősöknél ez a gyakorlat elterjedt. Az adókat szövetbarát műgyantába ágyazzák, így nem vált ki gyulladást és nem in-

dul kilökődési reakció. Előnyös a módszer abból a szempontból is, hogy az adó kívülről nem látható, semmilyen módon nem zavarja a mozgásban viselőjét, és így nem is tudja azt leharapni, vagy más módon eltávolítani és rongálni. Ha az adóval jelölt egyedeket vizuálisan is azonosítani kívánjuk, a szőr vagy tollazat festése és más hagyományos eljárások használhatók. Az implantátumok esetén a megfigyelő számára hátrányt jelenthet, hogy az elemek és maga az adó kívülről nem cserélhetők. Az implantátum elhelyezése általában steril műtéti eljárással történik, azaz időigényes és nagy szakértelmet kíván. Egyes hüllő fajok esetén az implantátum lenyelethető, ebben az esetben a műtéti eljárás megspórolható.

A testüregben elhelyezett adók rögzítésénél fontos szempont, hogy a beültetett adó varrással történő rögzítése a megfigyelések szerint nagyobb mortalitáshoz vezet, mivel a rögzítés alá kerülhetnek belek vagy erek, és ez az állat pusztulását okozza (Herbst 1991).

5. A vevőrendszer

A vevőrendszerek széles választéka áll manapság a kutatók rendelkezésére. Az egyes vizsgálatokhoz a megfelelő vevő kiválasztását ajánlatos a gyártó cégek ismertetőinek tanulmányozásával kezdeni. Egyes gyártók olyan rendszereket is ajánlanak, amelyekben több vevő és fix telepítésű antenna automatikusan rögzíti az állatok által sugárzott jeleket. Ezeknek a rendszereknek a telepítése, szoftver-fejlesztése az átlagos felhasználók lehetőségeit meghaladja. Az irodalomban automatikus helymeghatározást több állatra végző rendszer tesztelése még csak műholdas vevőrendszerekről ismeretes (Keating *et al.* 1991), de ez a módszer csak az egészen nagy testméretű madarak esetén jöhet szóba az adók nagy súlya miatt. Emlősök esetén a műholdas vevőrendszer nagy mennyiségű adat gyűjtése esetén olcsóbbnak bizonyult, mint a közvetlen vizuális megfigyelés, vagy földi rádiótelemetria. Ezzel a módszerrel vizsgálták az alaszkai vadjuhokat (*Ovis dalli*) (Hansen *et al.* 1992). Vonuláskutatás esetében ez a módszer madarakra is kifizetődőbb lehet, mint repülőgépes vagy egyéb szárazföldi követés. A továbbiakban csak a földi követési módszerekhez (főleg rádiós nyomkövetéshez) használt vevőket ismertetem.

A vevőrendszer két alapvető eleme a vevőkészülék és az antenna. A vevők kiválasztásánál főleg az anyagi korlátok határozzák meg a döntést. Érdemes figyelembe venni a következő szempontokat:

(1) A vevő érzékeny legyen, azaz kis erősségű jelek vételét is lehetővé tegye.

(2) Szelektív legyen, azaz a jel zaj arány minél kedvezőbb legyen.

(3) A hosszú távú tervek alapján el kell dönteni, hogy csak irány-meghatározásra vagy élettani paraméterek telemetriájára is alkalmas vevőrendszert szeretnénk. A második esetben a vevő bővíthetősége, számítógéphez csatlakoztatása alapvető szempont.

(4) A vevők egyes típusai számítógéppel egybeépítve készülnek, ilyenkor érdemes a számítógép műveleti sebességét, memóriakapacitását is figyelembe venni, mennyiben felel meg az általunk tervezett munkának.

Lakott területtől távol végzett terepmunka során a következő szempontok is fontosak:

(5) A vevő energiafogyasztása, energi-

aellátása (autó-akkumulátorhoz csatlakoztathatósága, akkumulátorokkal vagy nem tölthető telepekkel működik, illetve egy feltöltéssel mennyi ideig üzemel).

(6) Súlya és mérete, hordozhatósága (hordszíjak, hordtáska, rögzítő tartozékok autóba szereléshez).

5.1. Antennák

Az antennák feladata vagy csak a rádiójelek vétele, vagy a vétel mellet az adó irányának meghatározása is.

A vevőrendszer összeállításánál gyakorta nem fordítanak elegendő figyelmet erre a mellékszereplőre, pedig az adó irányának pontos bemérésében egy jó antenna (vagy több antennából álló rendszer) többszörösére növelheti a vevő hatótávolságát (akár háromszoros szignálerősséget is jelenthet), és az irányszenzitivitását. A megfelelő antenna kiválasztása mellett a vevő antennájának magasabbra helyezése (pl. autón árbocra szerelése, vagy vevő torony építése) javítja még sokszorosan a vételi viszonyokat.

Aki maga szeretné az általa használt vevő antennákat megépíteni, annak az antennák tervezéséről és méretezéséről Amlaner (1980) cikke nyújt részletes ismereteket. Azonban megbízható, formatartó egyúttal könnyű antennák építése elég bonyolult feladat, ezért nem javasolt az antennák házi vagy kisipari készítése.

5.1.1. Irányszenzitív Yagi antennák

Ezek az antennák gyakorlatilag megegyeznek a TV vevőantennákkal. Egy hordozó rúdon arra merőlegesen helyezkednek el az antenna elemei: az antenna hátulján a reflektor (vagy reflektorok), amely az érzékenységet növeli. A vevő (dipol), amelyről elvezetjük a vett jeleket, és az előtte elhelyezkedő egy vagy több direktor, ezek az antenna iránykarakterisztikáját javítják. Ha a direktorok számát növeljük, akkor nő az antenna nyeresége. Például egy 12 elemes (10 direktorral szerelt) antenna azonos körülmények között kétszeres hatótávolságot biztosít, mint egy 4 elemes (két direktorral szerelt). A kézben hordozott vevők antennái általában 4 elemesek, a nagyobbakat autóra, repülőre, vagy toronyra telepítve használják.

Az antenna akkor nyújtja a maximális teljesítményt, ha ezek az elemek pontosan merőlegesek a tartórúdra, és párhuzamosak egymással. A nagyobb szilárdság érdekében a terepen kézben hordozott – melyek nekiütődhetnek a fáknak, elakadhatnak az aljnövényzetben – vagy autón erős rázkódásnak kitett antennákat ezért csövekből, és ne rudakból építsük.

A hatótávolság és az irányszenzitivitás tovább növelhető, ha két egyforma Yagit párhuzamosan szerelnek egymás mellé, és jeleik egymást erősítik illetve gyengítik („null-peak system"). Az előbbi példánál maradva: a 4 elemes antenna hatósugara 1.5 szeresére nőhet, ha kettő párhuzamost használunk, a 12 elemes párhuzamos rendszer pedig az eredeti háromszorosára lehet képes. Két négyelemes párhuzamos antennával 1 fok pontossággal lehet behatárolni az adót, míg 12 elemes párhuzamos rendszerrel 0,5 fok pontosság érhető el.

A Yagi antennák irányszenzitivitása felülmúlja a többi típus érzékenységét, de az nehezen állapítható meg, hogy az adó az antenna melyik vége felől sugároz. Ezért ha az általunk választott irányban az adóhoz közelítve egyre gyengébb jeleket észlelünk, az ellentétes irányba kell keresni

az adót. Az is fontos, hogy az adó antennájával párhuzamos helyzetben tartsuk az antennát, azaz egy nyak mellett felfelé mutató antenna esetén a vevő antenna elemei merőlegesek legyenek a talajra, ha pedig a faroktollak mellett vízszintesen fut az antenna, akkor vízszintesen tartsuk a vevőantennát is. Az antenna elemeinek hossza fordítottan arányos az adó frekvenciájával, azaz a magasabb frekvenciájú hullámokat sugárzó adóhoz kisebb antennát használhatunk.

A terepen gyakran a pontosság rovására előtérbe kerül a kezelhetőség és szállíthatóság, és ezért összecsukható antennákat használnak.

5.1.2. „H" antennák

Ezek az antennák kevésbé érzékenyek, mint a Yagik, de kisebb méretük és súlyuk miatt például közvetlen követésre jobban alkalmazhatók.

5.1.3. Irányszenzitív dipol antennák

Ezek kisebb érzékenységűek, mint a Yagik, de egyszerűbb felépítésűek és könnyebbek. Ezért nehéz terepviszonyok esetén gyakorta használják őket. Parish (1980) cikke egy különösen kompakt változatot ismertet.

5.1.4. Az omnidirekcionális ostor antennák /„whip antenna"/

A Yagiknál kisebb érzékenységű antennák, de minden irányból felfogják a rádiójeleket. Ezek használata különösen előnyös például kisebb mozgékonyságú állatok élettani paramétereinek megfigyelése során. Az antenna hatósugarán belül mozgó állat jelei folyamatosan észlelhetők és rögzíthetők.

5.2. Vételi hibák

A rendszerünket befolyásoló leggyakoribb hibaforrás a környezeti rádiófrekvenciás zaj (pl. a CB-rádiók). Nagyon fontos, hogy ne használjunk mások által már lefoglalt frekvenciasávokat. Az adók üzemeltetéséhez hatósági engedélyt kell beszerezni.

Vételi hibák leggyakoribb oka:

(1) Hibás vevő illetve adó rendszer. Leggyakoribb az antennák és a kábelek meghibásodása, illetve rossz csatlakoztatása, kontakt hibák.

(2) A felszínen és tereptárgyakon történő visszaverődésből fakadó hiba.

Ha magas fák veszik körül a vételi antennát, akkor a fákról visszeverődő hullámok miatt a valóditól eltérő irányból halljuk legintenzívebben a jeleket . Ha ilyen körülmények között kis távolságra elmozdulva az előzőtől merőben eltérő irányokat kapunk, akkor érdemes más helyről végezni a bemérést. A vizsgált állatot környező sziklákról, meredek domboldalakról vagy épületekről visszaverődő rádióhullámok szintén téves bemérést okozhatnak. Az adót hordozó állatot körülvevő meredek völgyfalak tökéletesen leárnyékolhatják a rádióhullámokat.

6. Az adatok értékelése

6.1. Biotelemetria

A biotelemetriás vizsgálatok során az élettani, valamint a környezeti paraméterek rögzítése, tárolása és kiértékelése speciális vevőt és szoftvert igényel. Ezeket általában a gyártó cégek a vevőkkel együtt for-

galmazzák. A rádiótechnikában járatlan kutatók számára a saját fejlesztés valószínűleg sokkal drágább és időigényesebb, mint a már létező csomagok beszerzése.

6.2. Denzitásbecslés, túlélési ráta becslése rádióadóval jelölt egyedek alapján

Kenward *et al.* (1981) cikkében a látott egyedek és ennek rádióadóval rendelkező hányada alapján Lincoln-Seber index segítségével becsülte a területen található összes egyed számát. Az egyes habitat típusokban megfigyelt denzitást a terület alapján várhatóhoz viszonyítva kimutatható volt a héják habitat preferenciája is.

A rádiós-jelölés módszere felhasználható túlélési ráta és diszperzió becslésére is. Mivel az állatok populációból való eltűnését nemcsak pusztulásuk, hanem a rádióadó hibája, és az elem kimerülése is okozhatja, rövid periódusokra kell kalkulálni ezen rátákat, azaz napi, heti, vagy hosszú életű elemek esetén legfeljebb havi túlélési becsléseket kell alkalmazni. A rádióadók viselkedését (a frekvencia változása, az elem kimerülésére utaló pulzálási ráta csökkenése) is érdemes figyelemmel kísérni minden számlálás alkalmával (Kenward 1987).

6.3. Rádiós helymeghatározás

6.3.1. Direkt követés

Az állatok tartózkodási helyének megállapítására két alapvető módszer kínálkozik. Ha az állat megtalálása, majd közvetlen követése a cél, akkor folyamatosan regisztrálhatók tartózkodási helyei. Ilyenkor a sugárzott jelek felé haladva a megfigyelő annyira megközelíti az állatot, hogy azt közvetlenül megfigyelheti, s a továbbiakban követi a már megtalált egyedet. A vizuális kapcsolat felvétele előtt a vett jelek erőssége támpontot nyújt az állat távolságáról. Általában a bemért irányok térképen, vagy azonnal a számítógépen kerülnek rögzítésre. Ennek a módszernek előnye, hogy a megfigyelő a megtalált állat viselkedését figyelve sok információt gyűjthet annak magatartásáról. Ha az ember jelenlétére érzékeny fajról van szó, akkor a megfigyelő zavaró hatása miatt csak megfelelő távolságból kövessük az állatot!

A módszer hátránya, hogy nagy munkaerő és idő ráfordítást igényel, s ehhez képest elég kevés mérési pontot szolgáltat.

6.3.2. Háromszögelés (1. ábra)

A másik lehetőség, hogy két vagy több eltérő helyről bemért irányok metszéspontját tekintik az állat pillanatnyi tartózkodási helyének. Gyakorlatilag ezen az elven építhetők automatikus rendszerek is, de a rádiólokációs vizsgálatok túlnyomó többségénél ma még a megfigyelő veszi fel az állat irányát, és háromszögeléssel történik az állat helyének meghatározása. Az irányok rögzítését megkönnyíti a vevő antennájához csatlakoztatható automatikus tájoló (pl a svéd Silva cég vagy a Televilt gyárt ilyent), amely kijelzi az antenna északi irányhoz mért szögét.

Az egyszerre két ismert helyről rögzített irányok metszéspontjai megadják az állat pillanatnyi helyzetét. Az antennák irányérzékenységéből fakadó hiba, és a tereptárgyakon fellépő esetleges szóródás révén az antennák (vagy antenna-rendszerek) legfeljebb 0.5-1 fok pontossággal jelzik az adó irányát. Kézben tartott antenna esetén legfeljebb 5 fok pontosság várható.

Így még a legnagyobb érzékenység mellett is az állat irányát csak egy irány-, vagy szögtartomány, s nem egy egyenes reprezentálja. A több helyről végzett méréssel ezeknek a szögtartományoknak a metszetét kapjuk, s feltételezzük, hogy a követett állat ebben tartózkodik. A szögtartományok metszetét hiba poligonnak („error poligon") nevezzük (Heezen & Tester 1967). A szögtartományok metszetének geometriája alapján a helymeghatározás pontosabb, ha a megfigyelő a lehető legközelebb kerül az állathoz, s a két bemérés nagyjából merőleges egymásra. Ha a vizsgálati állat pontosan a két vevőt összekötő egyenesen tartózkodik, akkor helymeghatározása lehetetlen. Ha kettőnél több helyről végezzük szimultán a mérést, akkor a több szögtartomány közös metszete adja a tartózkodási helyet.

Többféle módszer kínálkozik az error poligonok alapján az állat helyének becslésére.

A legegyszerűbb, és legpontatlanabb, de gyakran használt eljárás, hogy a térképre felvitt irányok metszetét egyszerűen elfogadják, mint a pillanatnyi tartózkodási helyet, s nem vesznek tudomást az error poligonról.

Hezeen & Tester 2 iránybemérésre kidolgozott (1967) hiba poligon módszerét Springer (1979) terjesztette ki több irányból végzett bemérésre. Ez a módszer nem határozza meg az állat helyét a poligonon belül, ezért bevett gyakorlat a poligon sarkainak mértani közepét tekinteni az állat helyének.

Nams & Boutin (1991) cikke az error poligonok használatának nehézségeit elemzi, és kettőnél több mért irány esetén nem javasolja ezt a módszert.

Ha az állat bemérését nem szimultán végzi több megfigyelő, akkor az állat helyváltoztatása miatt jelentős hiba lép fel. Ha az állat gyorsmozgású, vagy a két mérés közti idő nő, ez a hiba is fokozódhat. Schmutz & White (1990) szerint a mérések közti idő csökkentése mellett leglényegesebb az állat és megfigyelő közti távolság minimalizálása a hiba csökkentése érdekében.

Mielőtt ezeket a módszereket és a felmerülő problémákat sorra vennénk, egy ezektől független – egyszerűen kikerülhető – lehetséges hibaforrást szeretnék ismertetni. A hosszabb távú vizsgálatok esetén kerülni kell eltérő tömegű és kimenőteljesítményű adók kevert használatát. Az eltérő tömegű adók a megfigyelt állatok mozgását és túlélését eltérően befolyásolhatják, ahogy ezt az előző fejezetekben láttuk. Az eltérő kimenő-teljesítményű adók eltérő távolságból és biztonsággal észlelhetők, ezért különböző adók használata a napi aktivitás, mozgás, és „home range" eltérő becslését eredményezték azonos területen vizsgált madarak esetén (Burger *et al.* 1991).

6.3.3. Mozgás körzet („Home range") analízis

Általában a bemérések eredményeként a vizsgált állatok által használt terület nagyságának megállapítása a rádiólokációs mérések egyik fő feladata.

Ezek a módszerek nem adnak folyamatosan – azaz minden időpillanatban – információt az állat helyéről, ezért csak becsléssel állapítható meg a teljes mozgáskörzet. A becsléshez független adatpontokat kell felhasználni, ez előfeltétele minden mozgáskörzet becslő módszernek. Akkor vehetünk fel független pontokat, ha

olyan időközönként végzünk helymeghatározást, hogy az állat átlagos mozgási sebességével megtehetné a mozgáskörzet átmérőjének megfelelő távolságot.

6.3.3.1. Trackogram készítése

Az állatok napi aktivitásának és területhasználatának felderítéséhez nagy segítséget nyújt a trackogram készítése. ilyenkor az állat tartózkodási helyét rendszeres időközönként bemérik, majd összekötik.

6.3.3.2. Körvonal technikák

6.3.3.2.1. Minimum konvex poligon módszer (Southwood 1966)

A vizsgálati állatokról gyűjtött vizuális vagy csapdázási adatok kiértékelésével kapcsolatban kezdődött meg ennek a technikának a kifejlesztése. A legegyszerűbb eljárás az állat legszélső tartózkodási helyeinek összekötése, és a legkisebb határoló poligon megszerkesztése. Ezt a poligont azután összevethetik pl. a terület különböző típusú habitatfoltjainak eloszlásával. Természetesen ez a módszer az egyes távolra eső, ritkán látogatott pontokat is egyformán figyelembe veszi, s a poligonon belül nem tesz különbséget az eltérő mértékben használt terület részek között. Mivel az állatok gyakorta nagy távolságokat tesznek meg pl. a pihenő, táplálkozó és lakóhelyük között, az útbaeső, de valójában nem használt területek tévesen az állat „home-range"-éhez csatolódnak. A problémát csökkentheti konkáv poligonok rajzolása, vagy a ritkán használt területek kihagyása, de ezek a módszerek sem kínálnak pontos megoldást. Nagyszámú bemérési pont esetén a konkáv poligonok megrajzolását és értelmezését csak bonyolult számítógépes programok segítségével lehet kivitelezni.

6.3.3.2.2. Parametrikus range modellek

Ezek a technikák már a rádiotelemetriás tanulmányok megjelenése előtt a csapdázással befogott állatok tartózkodási helyének kiértékelésével kapcsolatban kerültek kifejlesztésre. Azon a feltételezésen alapulnak, hogy az állat tartózkodási helyeinek x, y koordinátáiból számított középérték adja meg az állat által használt terület központját, és koncentrikus, kisebb tartózkodási valószínűségi zónák veszik körül ezt a pontot (Hayne 1949). A körülvevő terület geometriájára, megszerkesztésére vonatkozólag sok publikáció született (Calhoun & Casby 1958) a valószínűségi zónák számítására, valószínűségi ellipszisek szerkesztésére (Koeppl *et al.* 1977). Ezek a modellek a bemért tartózkodási helyeket egymástól független pontoknak tekintik, de egy egyed folyamatos követésével nyert pontok nem tekinthetők ilyennek. Ennek kiküszöbölésére Dunn & Gipson (1977) elliptikus modellt dolgozott ki, Swihart & Slade (1985) pedig az adatok autokorrelativ módszerekkel történő mintázásával hidalta át ezt a problémát. MacDonald *et al.* (1980) arra hívja fel a figyelmet, hogy az aktivitás-centrum körül nem normális eloszlású távolsággal jellemezhető tartózkodási pontok esetén a megrajzolt valószínűségi mezők olyan – gyakran nagyméretű – területeket is tartalmaznak, ahol az állat gyakorlatilag sohasem fordul elő. Don & Reynolls (1983) olyan parametrikus multinukleáris modellt hozott létre, amely már több aktivitási területet is kezel egy állat territóriumában.

6.3.3.3. Grid módszerek

6.3.3.3.1. Grid cellák

A módszer felbontóképességétől függő méretű sokszögekkel (négyzetek, hatszögek) fedik le a vizsgálati területet. Az egyes habitatok preferenciáját a habitatban az állat által használt, és az összes sokszög aránya szolgáltatja (Siniff & Tester 1965). A grid módszerrel felderíthető az egyedek közötti interakció is, az általuk használt cellák átfedésének vizsgálatával (statikus interakció). Ha a két egyed bemérésével nyert adatokat nemcsak térben, de időben is elemezzük, akkor az egyedek közötti interakció árnyaltabb képét kaphatjuk (dinamikus interakció) (MacDonald *et al.* 1980). Diverzitás-indexek számolásával kimutatható, hogy a pontok aggregáltak-e, a Rasmussen-index (Rasmussen & Rasmussen 1979) segítségével eldönthető az is, hogy egy vagy több aggregátumba tömörülnek-e a pontok. A használt négyzetek körül, illetve a közöttük található nem használt terület részek, amelyeken azért átrepülhet az állat, különböző korrekciós módszerekkel a home-range kiszámításakor figyelembe vehetők („influence cells, linked cells") (Kenward 1987).

6.3.3.3.2. Harmonikus középérték-model

A módszer alapja, hogy a vizsgálati területre egy megfelelő léptékű négyzethálót fektetnek (ez a lépték ideálisan a használt rádiólokációs módszer felbontóképességével egyezik meg), majd minden tartózkodási hely koordinátáinak a négyzetháló minden pontjától mért távolságát kiszámítják. Az egyes négyzetháló pontokra a tartózkodási helyek távolságának harmonikus középértékét veszik, s ezen értékek alapján a terület felosztható eltérő gyakorisággal használt foltokra és sávokra (Dixon & Chapman 1980). A módszer érzékenységét az egyes négyzetháló metszetekhez nagyon közel eső értékek torzíthatják, ezért a szomszédos négyzetekben lévő pontok például egyes értéket kaphatnak. Ezzel a problémával, valamint a távolságértékeken alapuló izoklinek megszerkesztésével foglalkozik Spencer & Barrett (1984) cikke. További információkat kaphatunk a harmonikus középértékkel kapcsolatban White & Garrot (1990) könyvéből is.

6.3.3.4. Kétváltozós Kernel-becslés

Az adatok kiértékeléséhez ez a technika is egy rácsrendszert vesz alapul. Ez a módszer azonban nagyobb felbontóképességgel rendelkezik az előző eljárásnál. A négyzetháló pontoktól mért távolságokat a kétváltozós normál-eloszlás szerint súlyozzák. Naef-Daenzer (1993) cikke a távoli pontok hatására fellépő torzulást elemzi. Ennek kiküszöbölésére egy módosított Kernel eljárást dolgozott ki, ami a mért helyek finomabb reprezentációját teszi lehetővé.

6.3.3.5. Egymásba ágyazott konvex poligonok módszere

Ezzel a nem parametrikus eljárással valószínűségi kontúrokat húznak az állat tartózkodási helyei köré (Mohr & Stumpf, 1966). A módszer lényege, hogy az aktivitás centrumtól – ami lehet pl. a fészek, vagy a tartózkodási helyek x és y koordinátáinak számtani, vagy harmonikus kö-

zépértéke – legtávolabbi pontot vagy pontokat kihagyva újraszerkeszti a határoló poligont, majd újra számítja a központot is, és a pontok kizárását ismételve lépésről lépésre eljut a legintenzívebben használt centrumhoz. Az így nyert csökkenő területeket a csökkenő figyelembe vett pontok függvényében ábrázolva megkapjuk a területhasználat-eloszlás függvényt (Ford & Krumme 1979). A függvény esésének hirtelen változása segíthet az intenzíven használt területrész elkülönítésében. Ha a tartózkodási helyek több kisebb centrum körül csoportosulnak, akkor erre a függvény lépcsős lefutása is utalhat. Kenward (1987) könyvének appendixében számítógépes programot közöl az egymásba ágyazott poligon-módszer kivitelezésére.

6.3.3.6. Cluster analízis

Ha több aktivitás-centrum is található az állat által használt területen, akkor cluster analízis segítségével a csoportok könnyen felismerhetők. A legközelebbi szomszéddal történő kapcsolódás elvét alkalmazva az adatok lineáris tömörülése jól követhető (például egy folyót, erdőszegélyt preferáló faj előfordulási adatai esetén). A cluster analízissel kapott magok területeivel is felvehetjük az előző eljárásnál ismertetett terület-használat eloszlás függvényt, s ennek elemzése segíthet a különböző clusterek egyesítésében vagy szétválasztásában (Kenward 1987, a könyv appendixében számítógépes programot közöl a cluster analízis végrehajtására). Kenward (1987) az egyes aktivitás-centrumokat külön kezelő cluster analízis módszerét hatékonyabbnak találta, mint az összes ponton alapuló harmonikus közép módszert, mivel az előző kevésbé érzékeny a távolabbi pontok torzító hatására. Eredményesebbnek találta ezt a módszert akkor is, ha ugyanazt a helyet (pl. kedvelt táplálkozó-, vagy pihenőhely) többször használja a megfigyelt egyed. Ebben az esetben a harmonikus közép módszer elég nagy területet hozzácsatol a kedvelt ponthoz attól függően, hány bemérés esik erre a területre. Cluster analízisre ajánlható a SYNTAX programcsomag is (Podani 1993).

6.3.4. Maximum valószínűségi becslés („maximum likelihood estimators")

A lezuhant repülőgépek helyzetének meghatározására dolgozta ki a „maximum likelihood estimator" módszert Lenth (1981). Ezt a módszert biológiai adatok kiértékelésére alkalmazva fejlesztette ki White & Garrott (1984) a TRIANG programot.

Garrott *et al.* (1986) kimutatta, hogy ez a módszer jobban kezeli a többi ponttól messze eső – valószínűleg téves – helyeket, amelyeket például a rádiójelek visszaverődése hozhat létre. A program bonyolult, csak számítógéppel futtatható algoritmuson alapul.

Köszönetnyilvánítás. A kézirat lektorálásáért és tanácsaikért köszönet illeti Altbäker Vilmost és Szemethy Lászlót, valamint Beat Naef-Daenzert. A cikk anyagának összegyűjtése idején a szerző MTA-Soros ösztöndíjjal az Oxford University és EGI könyvtárában kutatott. A kézirat elkészítését az F016724 OTKA pályázat támogatta.

Irodalom *

Amlaner, C. J. Jr. 1980. The design of antennas for use in radio telemetry. In: Amlaner, C.J. & D.W. Macdonald. (eds). A handbook on biotelemetry and radio tracking. – Oxford: Pergamon Press.

Aldridge, H. D. J. N. & R. M. Brigham. 1988. Load carrying and maneuverability in an insectivorous bat: a test of the 5% percent rule of radio telemetry. – J. Mammalogy. Vol. 69. No. 2.

Barker, L. F. 1910. Electrocardiography and phonocardiogra-phy, a collective review. – Johns Hopkins Hosp. Bull. 20, 358.

Bray, O. E. & G. W. Corner. 1972. A tail clip for attaching transmitters to birds. – J. Wildl. Manage. Vol. 36. No. 2.

Broekhuizen, S., Van't Hoff, C. A., Jansen, M. B. & F. J. J. Niewold. 1980. Application of radio tracking in wildlife research in the Netherlands. In: Amlaner, C. J. & D. W. Macdonald. (eds). A handbook on biotelemetry and radio tracking. – Oxford: Pergamon Press.

Buehler, D. A., Fraser, J. D., Seegar, J. K. D., Therres, G. D. & M. A. Byrd. 1991. Survival rates and population dynamics of Bald eagles on Chesapeake Bay. – J. Wildl. Manage. 55.(4).

Burger, Jr. L. W., Ryan, M. R., Jones, D. P., & A. P. Wywialowski. 1991. Radio transmitter bias estimation of movements and survival. – J. Wildl. Manage. 55: 693-697.

Caccamise, D. F. & R. S. Hedin. 1985. An aerodynamic basis for selecting transmitter loads in birds. Wilson

Calhoun, J. B. & J. U. Casby. 1958. Calculation of home range and density of small mammals. – United States Public Health Service, Public Health Monograph 55.

Carroll, J. P. 1990. Winter and spring survival of radio-tagged gray partridge in North Dacota. – J. Wildl. Manage. 54: 657-652.

Carthew, S. M. & E. Slater. 1991. Monitoring animal activity with automated photography. – J. Wildl. Manage. 55: 689-692.

Cochran, W. W. 1980. Wildlife telemetry. Pp. 507-520. In: Schemnitz, S. D. (ed.). Wildlife management techniques manual. – The Wildlife Society, Washington, D.C.

Crawford, A. B. 1949. Radar reflections in the lower atmosphere. – Proc. IRE. 37: 404-405.

Dixon, K. R. & J. A. Chapman. 1980. Harmonic mean measure of animal activity areas. – Ecology 61: 1040-1044.

Don, B. A. C. & K. Reynolls. 1983. A home range model incorporating biological attraction points. – J. Anim. Ecol. 52: 69-81.

Dunn, J. E. & P. S. Gipson. 1977. Analysis of radiotelemetry data in studies of home range. – Biometrics 33: 85-101.

Dwyer, T. J. 1972. An adjustable radio package for ducks. – Bird Banding 43: 282-284.

Eastwood, E. 1967. Radar ornithology. – London, Methuen.

Exo K. M., Eggers U., Laschefski-Sievers R. & G. Scheiffarth. 1992. Monitoring activity patterns using a micro-computer-controlled radiotelemetry system, tested for waders (Charadrii) as an example. Pp. 79-87. In: Priede I.G. & S.M. Swift (eds). Wildlife telemetry, remote monitoring and tracking of animals. – Ellis Horwood, Chicester.

Ford, G. & D. W. Krumme. 1979. The analysis of space use patterns. – J. Theor. Biol. 76: 125-155.

Fuisz, T. 1993. Két rádióadó rögzítési mód összehasonlítása seregélyeken (*Sturnus vulgaris*). – Aquila 100: 241-249.

Garrott, R. A., White G. C., Bartman, R. M. & D. L. Weybright. 1986. Reflected signal bias in biotelemetry triangulation systems. – J. Wildl. Manage. 50: 747-752.

Gautier, J. P. 1980. Biotelemetry of the vocalizations of a group of monkeys. In: Amlaner, C. J. & D. W. Macdonald (eds). A handbook on biotelemetry and radio tracking. – Oxford, Pergamon Press.

Gessaman, J. A. & K. A. Nagy. 1988. Transmitter loads affect the flight speed and metabolism of homing pigeons. – Condor 90: 662-688.

Gessaman, J. A., Workman, G. W. & M. R. Fuller. 1991. Flight performance, energetics and water turnover of Tippler pigeons with a harness and dorsal load. – Condor 93: 546-554.

Greenwood, R. J. & A. B. Sargent. 1973. Influence of radio packs on captive Mallards and Blue-winged teal. – J. Wildl. Manage. 37: 3-9.

Hamilton, P. H. 1976. Movements of leopards in Travo National Park, Kenya, as determined by radio-tracking. – M.Sc. thesis, University of Nairobi.

Hansen, M. C., Garner, G. W. & S. G. Fancy. 1992. Comparison of 3 methods for evaluating activity of Dall's sheep. – J.Wildl. Manage. 56: 661-668.

* Több esetben a megadott irodalmi hivatkozások hiányosak, mivel nem az eredeti anyagból, hanem valamelyik összefoglaló munkából lettek átvéve. Azonban e cikk áttekintő jellege miatt, és hogy minél szélesebbkörű legyen az irodalomlista, a szerkesztőség elfogadta ezt a megoldást.

Hanski, I. K., Haila, Y. & A. Laurila. 1992. Variation in territorial behaviour and breeding fates among male chaffinches. – Ornis Fennica 69: 72-81

Hayne, D. W. 1949. Calculation of size of home range. – Journal of Mammmalogy 30: 1-18.

Heezen K. L. & J. R. Tester. 1967. Evaluation of radiotracking by radiotracking with special reference to deer movement. – J. Wildl. Manage. 31: 124-141.

Herbst, L. 1991. Pathological and reproductive effects of intraperitoneal telemetry devices on female armadillos. – J. Wildl. Manage. 55: 628-631.

Hooge, P. N. 1991. The effects of radio weight and harness on time budgets and movements of Acorn woodpeckers. – J. Field Ornithol. 62: 230-238

Kalotás, Zs. 1993.: The secrets of migrating birds. – Természet Világa 124: 441-444. (In Hungarian.)

Keating, K. A., Brewster, W. A. & C. H. Key. 1991. Satellite telemetry: performance of animal-tracking systems. – J. Wildl. Manage. 55: 160-171.

Kenward, R. E., Marcström, M. & M. Karlbom. 1981. Goshawk winter ecology in Swedish pheasant habitats. – J. Wildl. Manage. 45: 397-408.

Kenward, R. E. 1987. Wildlife radio tagging. – Academic Press, New York.

Kimmich, H. P. 1980. Artifact free measurement of biological parameters: Biotelemetry, a historical review and layout of modern developments. Pp. 3-20. In: Amlaner, C. J. & D. W. Macdonald. (eds). A handbook on biotelemetry and radio tracking. – Oxford, Pergamon Press.

Kimmich, H. P. 1969. Telemetry of respiratory oxygen pressure of man. – Ph.D. thesis, Nijmegen.

Koeppl, J. W., Slade, N. A., Harris, K. S. & R. S. Hoffmann. 1977. A three dimensional home range model. – Journal of Mammalogy 58: 213-220.

Lenth, R. V. 1981. On finding the source of a signal. – Technometrics 23: 149-154.

Macdonald, D. W. & C. J. Amlaner Jr. 1980. A practical guide to radio tracking. Pp. In: Amlaner, C. J. & D. W. Macdonald. (eds). A handbook on biotelemetry and radio tracking. – Oxford, Pergamon Press.

Macdonald, D. W., Ball, F. G. & N. G. Hough. 1980. The evaluation of home range size and configuration using radiotracking data. Pp. 405-424. In: Amlaner, C. J. & D. W. Macdonald. (eds). A handbook on biotelemetry and radio tracking. – Oxford, Pergamon Press.

Melvin, S. M., Drewien, R. C., Temple, S. A. & E. G. Bizeau. 1983. Leg-band attachement of radio transmitters for large birds. – Wildl. Soc. Bull. 11: 282-285.

Mohr, C. O. & W. A. Stumpf. 1966. Comparison of methods for calculating areas of animal activity. – J. Wildl. Manage. 30: 293-304.

Naef-Daenzer, B. 1993. A new transmitter for small animals and enhanced methods of home-range analysis. – J. Wildl. Manage. 57: 680-689.

Nams, V.O. & S. Boutin. 1991. What is wrong with error poligons? – J. Wildl. Manage. 55: 172-176.

Nesbit, S. A. & K. S. Williams. 1990. Home range and habitat use of Florida Sandhill cranes. – J. Wildl. Manage. 54: 92-96.

Paton, W. C., Zabel, C. J., Neal, D. L., Steger, G. N., Tilgham N. G. & B. R. Noon. 1991. Effects of radio tags on spotted owls. – J. Wildl. Manage. 55: 617-622.

Podani, I. 1993. SYN-TAX. Computer programs for multivariate data analysis in ecology and systematics. Version 5.0. User's guide. – Scientia Publishing, Budapest.

Rappole, J. H. & A. R. Tipton. 1991. New harness design for attachement of radio transmitters to small passerines. – J. Field. Ornithol. 62. No. 3.

Rainey, R. C. 1955. Observation of desert locust swarms by radar. – Nature 175: 177.

Raim, A. 1978. A radio attachement for small passerines. – Bird Banding 49: 326-332.

Rasmussen, D. R. & K. L. Rasmussen. 1979. Social ecology of adult males in a confined troop of Japanese macaques (Macaca fuscata). – Animal Behaviour 27: 434-445.

Riley, J. R. 1980. Radars as an aid to the study of insect flight. Pp. 131-140. In: Amlaner, C. J. & D. W. Macdonald. (eds). A handbook on biotelemetry and radio tracking. – Oxford, Pergamon Press.

Sibly, R. M. & R. H. McCleery. 1980. Continuous observation of individual Herring gulls during the incubation season season using radio tags: an evaluation of the technique and a cost-benefit analysis of transmitter power. In: Amlaner, C. J. & D. W. Macdonald. (eds). A handbook on biotelemetry and radio tracking. – Oxford, Pergamon Press.

Siniff, D. B. & J. R. Tester. 1965. Computer analysis of animal movement data obtained by telemetry. – BioScience 15: 104-108.

Southwood, T. R. E. 1966. Ecological methods. – Methuen, London.

Spencer, W. D. & R. H. Barrett. 1984. An evaluation of the harmonic mean measure for defining carnivore activity activity areas. – Acta Zool. Fennica 171: 255-259.

Springer, J. T. 1979. Some sources of bias and sampling error in radio triangulation. – J. Wildl. Manage. 43: 926-935.

Sykes, P. W. Jr., Carpenter, J. W., Holzman, S. & P. H. Geissler. 1990. Evaluation of three miniature radio transmitter attachement methods for small passerines. – Wildl. Soc. Bull. 18: 214-218.

Swanson, G. A. & V. B. Keuchle. 1976. A telemetry technique for monitoring water fowl activity. – J. Wildl. Manage. 40: 187-189.

Swihart, R. K. & N. A. Slade. 1985. Testing for independence of observations in animal movements. – Ecology 66: 1176-1184.

Szemethy, L., Lucas, M., Barcza, Z. & V. Szerényi 1991. A vadmacska (Felis silvestris) és a házimacska (*Felis catus*) tér-idő használatának rádiótelemetriás nyomonkövetése. – II. Magyar Ökológus Kongresszus, Poszterek összefoglalói. PATE Georgikon, Keszthely.

Szép, T. 1991. Study of spring migration by weather radar in Eastern Hungary. – Ornis Hung. 2: 17-24.

Taylor, I. R. 1991. Effects of nest inspections and radiotagging on barn owl breeding success. – J.Wildl. Manage. 55: 312-315.

Tucker, V.A. 1977. Scaling and avian flight. Pp. 497-507. – In: Pedley, T. J. (ed). Scale effects in animal locomotion. – Academic Press, New York.

Tóth, L. & J. Török. 1993. An automatic visit recorder for monitoring feeding activity of birds during the parental care period. – Wildlife Management Congress, San Jose, Costa Rica, Abstract.

Tóth, Z., Török, J. & G. Meszéna. 1991. A légykapók utódgondozásának nyomonkövetése mérlegekkel. – II. Magyar Ökológus Kongresszus, Poszterek összefoglalói. PATE Georgikon, Keszthely.

Török, J. & R. Könczey. 1993. A portable ballance-computer system for monitoring reproduction of birds in the field. – Wildlife Management Congress, San Jose, Costa Rica, Abstract.

Wallace, M. P., Parker, P. G. & S. A. Temple. 1980. An evaluation of patagial markers for catarthid vultures. – J.Field Ornithol. 51: 309-314.

Warner, R. E.& S. L. Etter. 1983. Reproduction and survival of radio-marked hen Ring-necked Pheasants in Illinois. – J. Wildl. Manage. 47: 369-375.

White, G. C. & R. A. Garrott. 1984. Portable computer system for field processing biotelemetry triangulation data. – Colo. Div. Wildl. Game Inf. Leafl. 110: 1-4.

White, G. C. & R. A. Garrott. 1990. Analysis of wildlife radio-tracking data. – Academic Press, London.

Wilson, R. P. & D. C. Duffy. 1986. Recording devices on free-ranging marine animals: does measurement affect performance? – Ecology 67: 1091-1093.

Woodward, S. C., Herrmann, J. B., Cameron, J. L., Brandes, G., Pulaski, E. J. & F. Leonard. 1965. Histotoxicity of cyanoacrylate tissue adhesive in rat. – Ann. Surgery 162: 113-122.