

XXXI. OTDK Biológia Szekció

**Két légykapó faj vonulási mintázatában történt változások vizsgálata
madárgyűrűzési adatsorok elemzésével**

Készítette: Ágh Nóra

III. évfolyamos, Biológia Bsc. hallgató

Szent István Egyetem Állatorvos-tudományi Kar
Biomatematikai és Számítástechnikai Tanszék

Témavezetők:

Dr. Harnos Andrea

Kovács Szilvia

Szent István Egyetem Állatorvos-tudományi Kar
Biomatematikai és Számítástechnikai Tanszék

Dr. Csörgő Tibor

Eötvös Lóránd Tudomány Egyetem Természettudományi Kar
Anatómiai, Sejt- és Fejlődésbiológiai Tanszék
Ócsai Madárvárta Egyesület

Budapest

2012

Tartalomjegyzék

1. Bevezető	3
1.1. A madárvonulás	3
1.2. Klímaváltozás és madárvonulás	5
1.3. Vizsgált fajok	8
1.3.1. Kormos légykapó	8
1.3.2. Szürke légykapó	9
1.4. Célkitűzések	10
2. Anyag és módszer	10
2.1. Vizsgálati terület	10
2.2. Madárgyűrzési adatok	11
2.3. Időjárási adatok	11
2.4. Statisztikai módszerek	12
3. Eredmények	12
3.1. A vonulás	12
3.2. A vonulás időzítése	13
3.3. A biometriai adatok és a vonulás időzítésének összefüggése	16
3.4. Biometriai különbségek a vonulási időszakokban	18
3.5. Biometriai változások	21
3.6. Időzítés összefüggése az időjárási adatokkal	21
4. Eredmények értékelése	22
4.1. A vonulás időzítése tavasszal	22
4.2. A vonulás időzítése ősszel	23
4.3. Időzítés és biometria	24
4.4. Biometriai változások	25
4.5. Vonulás időzítése és az időjárás	25
5. Összefoglalás	28
6. Summary	29
7. Felhasznált irodalom	30
8. Függelékek	40

1. Bevezető

1.1. A madárvonulás

A madarak az egyik legnagyobb intenzitással kutatott élőlénycsoport a Földön, mivel az egész világon elterjedtek, számos élőhelytípusban megtalálhatóak, valamint színes megjelenésük és fajokra jellemző és jól azonosítható hangjukkal könnyen észrevehetőek és tanulmányozhatóak (BOUCHER – DIAMOND, 2001).

A madarak életének egyik a leglátványosabb és legrégebb óta kutatott része a vonulásuk. A vonuló fajokat a megtett távolság alapján 3 nagy csoportba szokás osztani: a rövidtávú vonulók, amelyek pár száz km, a középtávú vonulók 100-1000 km távolságot tesznek meg egy vonulási időszakban, mint például az ökörszem (*Troglodytes troglodytes*) és az énekes rigó (*Turdus philomelos*). Ezek között a fajok között gyakori a fakultatív vonulás jelensége, amit a kedvező és kedvezőtlen időjárási jelenségek váltakozása szab meg, mint például a csapadékszónák mozgása, vagy a hirtelen bekövetkező fagyok. Hosszútávú vonulóknak azokat a fajokat nevezzük, amelyek 3500 km-nél nagyobb távolságot tesznek meg a költő és telelőterület között. Ilyen faj például a töviszúró gébics (*Lanius collurio*) vagy a füsti fecske (*Hirundo rustica*). Az ő vonulásuk erős genetikai kontroll alatt van, ami kiterjed a vonulás időzítésére valamint az irányra és távolságra is. Ezen obligát vonulóknak kevésbé plasztikus a vonulási fenológiájuk, nekik mind az irányváltást, mind a barrierék előtti zsírfelhalmozást is igen pontosan kell időzíteniük (CSÖRGŐ, 2009).

Az útvonal hossza meghatározza a fajok testfelépítését is, mert a nagyobb távolságok megtételéhez a hosszabb, hegyesebb szárny előnyösebb, mivel ez energetikailag hatékonyabb repülést tesz lehetővé (BERTHOLD, et al., 1993). A nagyobb távolságokat megtevőkre ráadásul még erősebb szelekciós nyomás hat, mivel az útjuk során több földrajzi akadályt kell leküzdeniük (GASTON, 1974; TIAINEN, 1982). A gyorsabb vonulás felé mutató szelekció az ivarok szintjén eltérő, mivel például a hímeknek tavasszal megéri minél korábban a költőterületre érni a rivális hímekhez képest, hogy értékesebb territóriumot foglalva szaporodási sikerüket minél jobban növelni tudják.

A vonuló madaraknak számos olyan ökológiai barriert kell leküzdeniük útjuk során, mint például nagy hegységeket (pl.: Skandináviában költő énekesmadaraknak az Alpokat és Kárpátokat) tengereket és óceánokat (pl.: Európában költő fajoknak a Földközi-tengert), valamint sivatagokat (pl.: sisegő füzikének (*Phylloscopus sibilatrix*) a Szaharát). Ahhoz, hogy

ezt túl tudják élni, energiatartalékra van szükségük (MOUREAU, 1972 in CRAMP, et al., 1983; BARLEIN, 1985; BIEBACH, et al., 1986 in CRAMP, et al., 1983). A legtöbb énekesmadár ezért hiperfágiával, vagyis a táplálékfelvétel mértékének megemelésével, zsírt képes felhalmozni az egyes pihenőhelyeken. Egyes hosszútávú vonuló énekesmadarak testtömegének akár a 30-50%-t is kiteheti a raktározott zsír mennyisége (BERTHOLD, et al., 1975). A vonulási stratégiák nagyon eltérőek lehetnek: vannak olyan vonulók, amelyek többször szakítják meg útjukat és vannak olyanok, amelyek non-stop repülésre képesek. Gyakoribb útmegszakításra jó példa a cserregő nádiposzáta (*Acrocephalus scirpaceus*), míg non-stop repülésre a kerti geze (*Hippolais icterina*), amely egyetlen pihenőt iktat be a vonulásába, noha telelőterületei a Szaharán túl találhatók (CSÖRGŐ – GYURÁ CZ, 2009).

A madarak fontos indikátorai a környezeti és klímaváltozásnak, mivel vonulásukat erősen befolyásolják a különböző területeken történt ökológiai változások. Ezen folyamatok megismerése és a befolyásoló tényezők feltérképezése különösen hangsúlyos feladata a biológiának, mivel számos vonuló madárfaj populációi erős csökkenésnek indultak az elmúlt évtizedekben, amit valószínűleg részben természeti, részben emberi hatások idéztek elő (BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2008). Both és munkatársai Hollandiában vizsgálták ezen populációs csökkenés lehetséges okait, az ő kutatásuk szerint a csökkenés mértéke sokkal erősebb Nyugat-Európában, mint Észak-Európában, ugyanis északon a tavaszi hőmérséklet kisebb mértékben nőtt a vonulók érkezésekor és a költés ideje alatt, így a rovar táplálékhoz is megfelelő időben jutnak hozzá. Ezen kívül még azt is megfigyelték, hogy az erdei fajokra, mint például a légykapókra, sokkal inkább kedvezőtlenül hat a klímaváltozás, mint a nádi fajokra. A nádasokban egyenletesebben és tovább áll rendelkezésre a rovar táplálék, így sokkal hosszabb időszak lesz alkalmas a költéshez, mint a lombhullató erdőkben, ahol a táplálék megjelenését erősebben befolyásolja az egyre melegebb tavaszi időjárás (BOTH, et al. 2010).

1.2. Klímaváltozás és madárvonulás

Éghajlatunk folyamatos változáson ment át a XX. században, emelkedett az átlaghőmérséklet (az elmúlt 50 évben $0,13 \pm 0,03$ °C-kal), a légkör átlagos vízgőztartalma megnövekedett mind a szárazföldek, mind az óceánok felett, valamint az óceánok átlaghőmérsékletének emelkedése következtében folyamatosan nőtt a tengerszint. Az elmúlt 50 évben az extrém hőmérsékletekben is jelentős változásokat figyeltek meg, a hideg napok és fagyos éjszakák száma csökkent, míg a forró napok és hőhullámok aránya nőtt az arktiszi régióban (IPCC, 2007). A vegetáció is komoly átalakuláson ment keresztül részben a klímaváltozás hatásai miatt, mint például a száraz periódusok növekedése, részben az ember környezet-átalakító tevékenysége miatt, mint például az erdők kivágása, vagy a mezőgazdasági és urbanizált területek növekedése, ez a hatás különösen erősen jelentkezik a Mediterráneumban (GIORGI, 2006). Valószínűsíthetően ezen globális környezeti változások hatására számos madárfaj elterjedési területe eltolódott (BÖHNING-GAESE – LEMOINE, 2004; HUNTLEY et al., 2006). A fészkelési sikerük (DUNN – WINKLER, 1999; SANZ, 2002), populációdinamikájuk (BOERSMA, 1998; SAETHER, et al., 2000; BOLGER, et al., 2005) és a vonulás időzítésük (LEHIKOINEN, et al., 2004) pedig megváltozott. A vonuló madarak különösen érzékenyek az olyan klimatikus hatásokra, mint például a hőmérséklet, vagy a vegetációs periódus változása (BERTHOLD et al., 2004), valószínűleg ezért változik a vonulási fenológiájuk. A klíma a környezeti feltételeken keresztül hatással van még a pihenőterületeken való tartózkodás hosszára is, így közvetve a vonulás időtartamára és időzítésére is.

A változások azonban nem egységesek sem tavasszal, sem ősszel, szorosan összefüggnek a vonulási útvonal hosszával, a fészkelés módjával (odúköltők korábban érkeznek meg, mint a szabadon fészkelők), vagy akár a szexuális dimorfizmus mértékével is (minél nagyobb a testméretbeli különbség, a hímek általában annál korábban vonulnak tavasszal a tojókhöz képest) (RUBOLINI, et al., 2005). Tavasszal a telelőterületről való indulás időzítéséről, ősszel pedig az oda való megérkezésről kevés adat áll rendelkezésünkre, az időzítésre vonatkozó vizsgálatok nagy része csak a költőterületre terjed ki, így a hatások és változások is csak ott észlelhetők (CSÖRGŐ, 2009).

A hosszútávú vonuló fajok vonulásának erős genetikai determináltsága miatt nem tudnak olyan gyorsan adaptálódni a környezet változásaihoz, mint a rövid-, vagy középtávúak (BERTHOLD, 2001 in ROBSON – BARRIOCANAL, 2011; BUTLER, 2003; HÜPPÖP –

HÜPPOP, 2003), akár le is késhetik a táplálékmaximumot a költőterületen. Ezért rosszabb körülmények között költenek, vagy nem tudnak elegendő zsírt felhalmozni a vonulás megkezdése előtt, kisebb eséllyel élve túl a nagy földrajzi barrieréken (sivatagok, tengerek, hegységek) való átkelést. Az elmúlt évtizedben több vizsgálat mutatott ki rövid időn (10-20 év) belüli nagymértékű változásokat a hosszú távú vonulók vonulási fenológiájában (HÜPPOP – HÜPPOP, et al., 2003; TØTTRUP, et al., 2006; KISS, et al., 2009; KOVÁCS, et al., 2009; 2011a; 2012; NAGY, et al., 2009), ami arra enged következtetni, hogy adaptálódnak a migrációs feltételek megváltozásaihoz. Ilyen megváltozott feltétel például a telelőterületen a hőmérséklet (COTTON 2003; GORDO et al., 2005; SAINO et al., 2007), vagy a vegetációs periódus eltolódása (SAINO et al., 2004; GORDO – SANZ, 2008; TØTTRUP et al., 2008). Ezek a változások módosíthatják a telelőterület elhagyásának időzítését, valamint a madarak induláskori kondícióját, ami később az egész vonulási útvonalon további eltolódásokat eredményezhet.

A tavaszi vonulást tekintve nagyjából egységes trend figyelhető meg a különböző fajoknál, az egyre melegebb kora tavaszi időjárás következtében a legtöbb énekesmadár korábban érkezik (SPARKS, 1999; PARMESAN – YOHE, 2003; LEHIKONEN et al., 2004; KISS et al., 2009; KOVÁCS et al., 2009; NAGY et al., 2009). Németországban például 1960 és 2000 közötti időszakban 20 vonuló énekesmadárfajnál mutattak ki korábbra tolódást a tavaszi vonulás során (HÜPPOP – HÜPPOP, 2003), Svédországban pedig 1952 és 2002 között 36 énekesmadárfajnál figyeltek meg átlagosan 0,9 napos évenkénti korábbra tolódást az időzítésben (STERVANDER, et al., 2005). Vannak kivételek, mivel az eltolódás nem lehet korlátlan, a legkorábban vonuló fajok, mint például a barátposzáta, tavaszi érkezési ideje nem mutat nagymértékű korábbra tolódást, mivel a tél végén még nincsenek optimális körülmények a szaporodás megkezdéséhez (KOVÁCS, et al., 2011a).

A telelő területen történt változások is kihatnak a madárfajok vedlésének időzítésére, zsírraktározási stratégiáira, a telelőterület elhagyásának időzítésére, a vonulás sebességére (MARRA, et al., 1998) és a költési sikerre is. Például az Afrikában áttelelő vonuló madarak túlélését és populációdinamikáját meghatározza a trópusi területeken lehulló csapadék mennyisége (MØLLER, 1989; PEACH, et al., 1991; SZÉP 1995). A nyugat-száheli csapadék mennyiségének csökkenésének következtében a túlélési ráta csökkent és ez az európai költési sikerre is hatással volt (TUCKER – NICHOLSON, 1999). Számos hosszútávú vonuló faj állománya valószínűsíthetően ezen megváltozott környezeti tényezők miatt csökkent le az elmúlt évtizedekben (ROBBINS, et al. 1989; BERTHOLD, et al. 1998; BOTH, et al. 2006 in ROBSON – BARRIOCANAL, 2011).

Az őszi vonulás esetén mind korábbra, mind a későbbre tolódásra találunk példákat (COPPACK – BOTH, 2002; GILYAZOV-SPARKS, 2002 in LEHIKONEN et al., 2004; TØTTRUP, et al., 2006). Ennek okai a szaporodási stratégiában, valamint a vonulási út hosszában keresendők. Kedvező feltételek esetén megéri tovább maradni egy adott területen és zsírt felhalmozni vagy a költőterületen még egy fészekalj felnevelését megkezdeni. A rövidtávú vonulók kedvező feltételek esetén áttelelhetnek a költőterületen, így hosszútávon akár rezidenssé is válhatnak. Ezzel szemben a hosszú távú vonulóknak komoly kockázatot jelent, ha nem jól időzítik az őszi vonulást (JENNI – KÉRY, 2003). A hazánkban végzett vizsgálatok mindegyik megfigyelt faj esetén (*Sylvia spp.*, *Acrocephalus spp.*, *Phylloscopus spp.*) későbbre tolódást mutattak ki az őszi vonulás időzítésében (KISS, et al., 2009; MIHOLCSA, et al., 2009; CSÖRGŐ, et al., 2009; KOVÁCS, et al., 2009; NAGY, et al., 2009). Kivétel a töviszúró gébicsnél (*Lanius collurio*) (CSÖRGŐ – PARÁDI 2000) és a fülemülesitkénél (*Acrocephalus melanopogon*) (KOVÁCS, et al., 2011b).

A közép-kelet-európai vizsgálatok eredményei gyakran eltérnek a nyugat-európaiaktól, amit egyrészt az eltérően ható lokális vagy globális időjárási tényezők, mint például az Észak-Atlanti-Oszcilláció okozhatják (HUBÁEK, 2003; HÜPPOP – HÜPPOP, 2003). Másrészt a különböző európai populációk, és azokon belül a különböző korú és ivarú egyedek is eltérően viselkedhetnek, másként reagálva a klímaváltozás hatásaira (TØTTRUP, et al., 2006).

A dolgozatban két hosszútávú vonuló énekesmadárfaj, a kormos (*Ficedula hypoleuca*) és a szürke (*Muscicapa striata*) légykapó vonulását vizsgáltam meg az Ócsai madárgyűrűzési adatsor alapján. A két faj vonulásáról számos tanulmány készült Európa szerte (például: BIBBY, et al., 1980, BOTH – VISSER, 2001, GILYAZOV – SPARKS, 2002, HÜPPOP – HÜPPOP, 2003, BOTH, et al., 2005, JONZÉN, et al., 2006, ROBSON – BARRIOCANAL, 2011), azonban ezek főként a Nyugat-Európán átvonuló és ott költő állományokról szólnak. A Kelet-Európán átvonuló populációkról jóval kevesebb információ áll rendelkezésre, valamint a kisszámú vonulás közbeni visszafogás miatt a vonulási útvonalak sem ismertek, akárcsak a pontos telelőterületek Afrikában.

1.3. Vizsgált fajok

1.3.1. Kormos légykapó

A kormos légykapó (*Ficedula hypoleuca*) a Nyugat-Palearktisz északi és nyugati részén elterjedt faj, költőterületének déli határát az Alpok és a Kárpátok képezik (CRAMP, et al. 1983). Elterjedése Közép- és Kelet-Európában átfed testvérfajjáéval, az örvös légykapóéval (*Ficedula albicollis*). A két faj képes hibridizálni, erre már hazánkban is találtak bizonyítékot (ZSOLDOS, 1990). Másodlagos odúköltő, lomb- és fenyőerdőkben egyaránt költ (CRAMP, et al., 1983). Hosszútávú vonulása miatt gyakran kiszorul a természetes odúkból a többi olyan rövidtávú, vagy nem vonuló odúköltő faj miatt, mint például a széncinege (*Parus major*) (BOTH – VISSER, 2001). Mesterséges odútelepek létrehozásával megnövelhető az elterjedési területe, mint ahogy erre Angliában is volt példa (TÖRÖK, 2009).

Tollazata alapján a két ivar jól meghatározható már a postjuvenil vedlése után is. Az adult tojók tollazata barnás alapszínű, míg az adult hímek fekete-fehér színezetűek, de előfordul egy úgynevezett barna forma is, ami nagyon hasonlít a tojókra. A hímeknek egy fehér folt található a homlokukon, ami a tojóknál hiányzik, vagy jóval kisebb, ezenkívül a felső farkfedő tollak a hímeknél feketék, míg a tojóknál barnák (SVENSSON, 1992).

Territoriális, poligám faj, és az örvös légykapóhoz hasonlóan a legrátermettebb hímek még politerritoriálisak is lehetnek, és az sem ritka, hogy a tojók nem csak egy hímtől származó utódokat nevelnek (CRAMP, et al., 1983).

Táplálékának nagy részét repülő rovarok teszik ki, a költési időszakban főként *Lepidoptera* hernyók. Nyár végén és a vonuláskor növényi eredetű táplálékot is fogyaszt, ha nem áll rendelkezésre elegendő állati eredetű (CRAMP, et al., 1983).

Hosszútávú, gyors vonuló, áprilisban és májusban érkezik költőterületeire. Augusztusban és szeptemberben indul vissza Afrikába, a telelőterülete Guineától Ghánáig húzódó területek erdős szavannái és galériaerdei. Az őszi vonulás során a két legjelentősebb pihenő helye az Ibériai-félsziget és az Appennini-félsziget északi része. Az egyedek itt is foglalnak territóriumot, feltöltik zsírraktáraikat, testtömegük átlagosan 0,23 grammal is gyarapodhat naponta (VEIGA, 1986 in CRAMP, et al., 1983). Kimutatták, hogy ezekről a helyekről indulva közvetlen, non-stop repüléssel haladnak keresztül a Mediterráneumon és a Szaharán (BIBBY – GREEN, 1980; VEIGA 1986 in CRAMP, et al., 1983). Telelőterületén is territórium tartó (SALEWSKI, et al., 2002).

A kormos légykapó európai állománya az 1980-as évektől kezdve enyhe csökkenésnek indult (BIRDLIFE INTERNATIONAL 2008).

1.3.2. Szürke légykapó

A szürke légykapó (*Muscicapa striata*) a Palerktisz középső és nyugati részén széles körben elterjedt, hazánkban is költő faj (CRAMP, et al., 1983). Változatos élőhelyeken költ, még az olyan emberi zavarás alatt álló területeken is, mint parkok, mezőgazdasági területek.

Erősen csíkozott fejtető, homlok, torok és mellkas jellemző rá, így a többi Palearktiszban előforduló légykapótól könnyen megkülönböztethető. A zsákmányául szolgáló repülő rovarokat egy leshelyről indulva, a levegőben kapja el. Az ivarok a tollazat alapján nehezen különíthetők el (SVENSSON, 1992).

Monogám párosodási rendszer jellemző rá, ritkán poligám. A költési időszak Nyugat- és Közép-Európában május közepén, június elején kezdődik (CRAMP, et al., 1983).

Hosszútávú, gyors vonuló, tavasszal egyike a legkésőbb érkező fajoknak. Május-június között érkezik vissza kelet-európai költőhelyeire és augusztus – szeptemberben vonul azokról el. A nyugat-európai költőpopulációk délnyugati irányban az Ibériai-félszigeten át vonulnak, míg a közép-európai és skandináv állomány délkeleti irányban, az Appennini-félszigeten valamint az Égei-tengeren át haladnak telelőterületük felé. Főbb pihenőhelyeik az Ibériai- és Appennini-félsziget, az őszi vonulás során Afrikában Szudán és Csád. A telelőterületei Afrika Szaharán túli részén, Nyugat-Afrikában a Kongó-medencében találhatóak, de akár még Dél-Afrikáig is elvonul (CRAMP, et al., 1983). A telelőterületeken nem territoriális, de területhű, az egyedek jelentős része ugyanarra a helyre tér vissza a következő évben (SALEWSKI, et al., 2002.). Tavasszal fő pihenőterületük a Mediterráneum, ahol a Szaharán való átkelés után állnak meg zsírraktáraikat feltölteni (CRAMP, et al., 1983).

Az 1960-as évektől kezdődő egyedszám csökkenését több európai országban, mint például Angliában (FREEMAN – CRICK, 2003) megfigyelték. A hosszútávú gyűrűzési adatsorok az északi- és a közép-európai populációk csökkenését támasztják alá (TÖRÖK, 2009). Ennek oka az élőhelyük átalakulása és az intenzív mezőgazdaság miatt a táplálékául szolgáló rovarpopulációk lecsökkenése lehet (BIRDLIFE INTERNATIONAL, 2008).

1.4. Célkitűzések

Jelen dolgozatban azt vizsgáltam, hogy a két közel rokon légykapó faj vonulása változott-e az elmúlt 21 év során Ócsán. Összehasonlítottam a két légykapó faj vonulási fenológiáját és a kimutatott változásokat összevetettem több európai vizsgálat eredményével is. Elemzéseim során az alábbi kérdésekre kerestük a választ:

- (1) Történt-e változás a vizsgálati időszak alatt a két faj tavaszi és őszi vonulásának időzítésében?
- (2) Ha változások történtek, eltérőek-e a kor és ivarcsoportokban?
- (3) Van-e összefüggés a szárnyhossz és a vonulás időzítése között?
- (4) Van-e összefüggés a testtömeg és a vonulás időzítése között?
- (5) Milyen a két faj vonulási stratégiája?
- (6) Azonos populációk vonulnak át tavasszal és ősszel Ócsán?
- (7) Történt-e változás az átvonuló állományok szárnyhosszában és testtömegében?
- (8) Milyen hatással van a helyi időjárás a vonulás időzítésére?

2. Anyag és módszer

2.1. Vizsgálati terület

A vizsgálatot a Duna-Ipoly Nemzeti Parkhoz tartozó Ócsai Tájvédelmi Körzet Öreg-turjának nevezett területén (É.sz. 47° 15' – K.h. 19° 15') végeztük. A turjánosok egy délkeleti irányú Duna-ág feltöltődésével keletkeztek. A terület a Natura 2000 hálózat része, és a Ramsari Egyezmény, a vizes élőhelyek védelmét szolgáló nemzetközi természetvédelmi kezdeményezés védelmét is élvezi. A ramsari terület az Ócsai-lápmedence déli részét mintegy 10 km hosszúságban foglalja magában, sík terület, átlagos tengerszint feletti magassága 100 m körüli. A terület talajviszonyait döntően a víz és a vegetáció összetétele határozza meg, a tőzegképződés és a tőzeg-felhalmozódás folyamata ma is tart. A tőzeg nagy részét a védetté nyilvánítást (1979) megelőzően már kibányászták, főként az Öreg-turján nevű részen.

A terület fokozottan védett természeti értékű. A tájvédelmi körzet nádasokkal, bozótosokkal, ingoványos rétekkel és égeres láperdővel tagolt, és ezen mozaikossága révén

számos növény- és állatfajnak ad otthont (FÜRI, 2007). A madarak kiemelkedő fajgazdagságban vannak jelen, egész évben egymást váltják a területen az átvonuló, fészkelő vagy éppen itt áttelelő madárfajok, így a rendszeres madármegfigyelések nemcsak a vonulási időszakban, hanem a fészkeléskor és télen is zajlanak.

2.2. Madárgyűrzési adatok

Az elemzésekhez az 1989–2010 között megfogott 2808 kormos légykapó és 2753 szürke légykapó adatait használtuk fel. Az Ócsai Madárvártán a madarak monitoring jellegű vizsgálata standard módszerekkel folyik. A madarak befogása minden évben ugyanazon a helyen felállított japán típusú függőhálóval történik. A hálóállások úgy lettek kijelölve, hogy a mozaikos élőhely nyíltabb és zártabb vegetációtípusaiban élő fajokat is fel tudjuk mérni. A madarakat egyedileg számozott gyűrűvel láttuk el, és az Actio Hungarica szabályainak megfelelően vettük fel biometriai adataikat (SZENTENDREY, et al., 1979). A felvett adatok között vannak folytonosak (szárnyhossz, farokhossz, harmadik evező hossza, testtömeg, talp hossza) és kategóriásak (zsírmennyiség, pectorális izom nagysága, költőfolt nagysága, nyelvfoltnagysága) is. A szárnyhossz adatokat 1 mm, a testtömeg adatokat 0,1 g pontossággal mértük. A Madárvárta munkarendje alkalmazkodik a madarak vonulási és költési periódusaihoz, a legintenzívebb munka március és április, valamint július és november között, a két vonulási időszakban zajlik. A költési időszakban (április 15 - június 10) a CES program keretében a fészkelő állományt mérik fel, ekkor csak délig van hálózás meghatározott napokon. Télen pedig hétfőként egy-egy napon az etetők körül elhelyezett 3 hálóállást működtetnek. A hálózás szünetel nagy melegben (28°C fölött), erős szélben vagy csapadékhullás (eső, ónos eső, hó) esetén.

Mivel a szürke légykapónak kis létszámú költő állománya is megtalálható Ócsán, ezért a június közepe és július vége között fogott madarakat kizártuk a vizsgálatból, hogy csak az átvonuló egyedek adataival dolgozzunk (2. ábra).

2.3. Időjárási adatok

Az időjárási adatok az Országos Meteorológiai Szolgálat pestlőrinci állomásáról származnak, az elemzések során a havi átlagos maximum, minimum hőmérsékletet és csapadékmennyiséget hasonlítottuk össze a tavaszi és őszi érkezések mediánjával.

2.4. Statisztikai módszerek

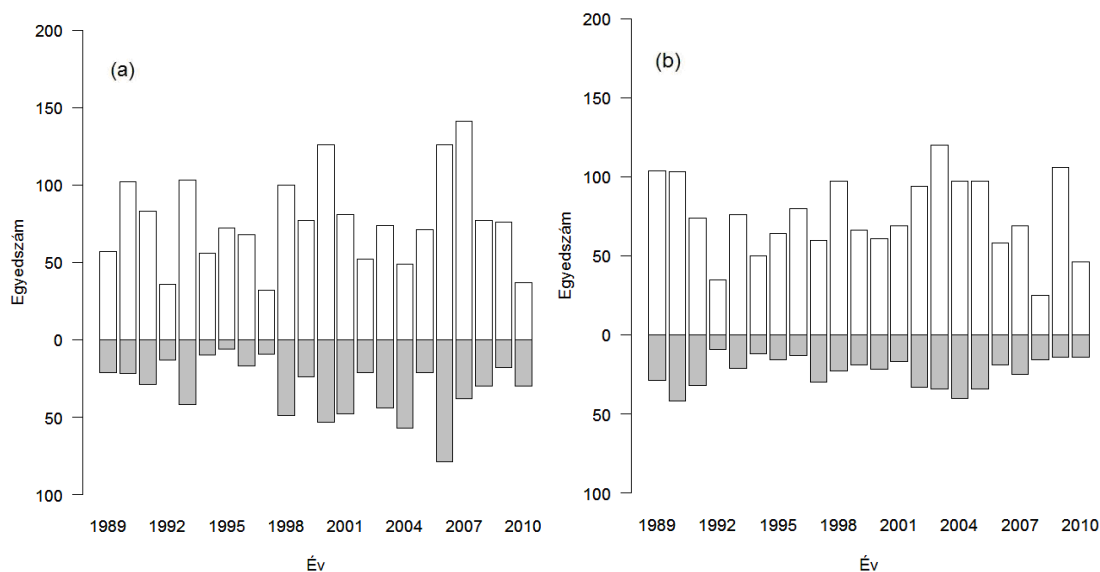
Mindkét faj esetén két korcsoportot határoztunk meg, a befogás évében kirepült (juvenil) és az annál idősebb madarakat (adult), valamint a kormos légykapónál az ivarokat is elkülönítettük mindkét korcsoportban. Ezeket a csoportokat külön kezeltünk az elemzések során, mivel számos vizsgálat kimutatta, hogy az eltérő korcsoportok másképp reagálnak a vonulás során történő változásokra (SAINO, et al., 2004). Az időzítés vizsgálatához a fogás dátumából egy „évnap” változót hoztunk létre, aminek értéke a január 1-től eltelt napok száma.

A statisztikai elemzések során a vonulás időzítésében bekövetkezett változásokat kvantilis regresszióval, a biometriai jellemzők változását lineáris regresszióval vizsgáltuk. A kvantilis regressziónak előnye, hogy a vizsgált változó különböző, tetszőlegesen megválasztott populációs hányadáról kaphatunk információt a segítségével. A módszer kevésbé érzékeny a torzító pontokra, mint a lineáris regresszió (CADE – NOON, 2003). Ebben a vizsgálatban a 10, 25, 50, 75, 90%-os kvantilis értékekkel dolgoztunk mindegyik vizsgálati csoportban. A madarak időzítésének szárnyhossz- illetve tömeg-függését 50%-os kvantilis regresszióval jellemeztük. A tavaszi és az őszi vonulás során befogott madarak átlagos szárnyhosszát és testtömegét Welch-próbával vizsgáltuk, a két vonulási hullám szárnyhossz eloszlásait simított hisztogramokkal ábrázoltuk és QQ-ábrával hasonlítottuk össze (REICZIGEL, et al., 2007). A statisztikai elemzésekhez az R 2.10.1 programot (R Development Core Team 2010), a kvantilis regresszióhoz pedig a „quantreg” csomagot (KOENKER, 2008) használtuk.

3. Eredmények

3.1. A vonulás

A vizsgálati területen az elmúlt 21 év során a két légykapó faj fogásszáma nagyon változó volt (1. ábra). A visszafogási arány mindkét faj esetén alacsony volt, a kormos légykapónál 8%, a szürke légykapó esetén 13%. A kormos légykapó gyorsan átvonul a területen, az átlagos tartózkodási idejük $3,38 \pm 0,06$ (átlag $\pm$ SE) nap, míg a szürke légykapó átlagosan tovább, $8,56 \pm 0,21$ napig.



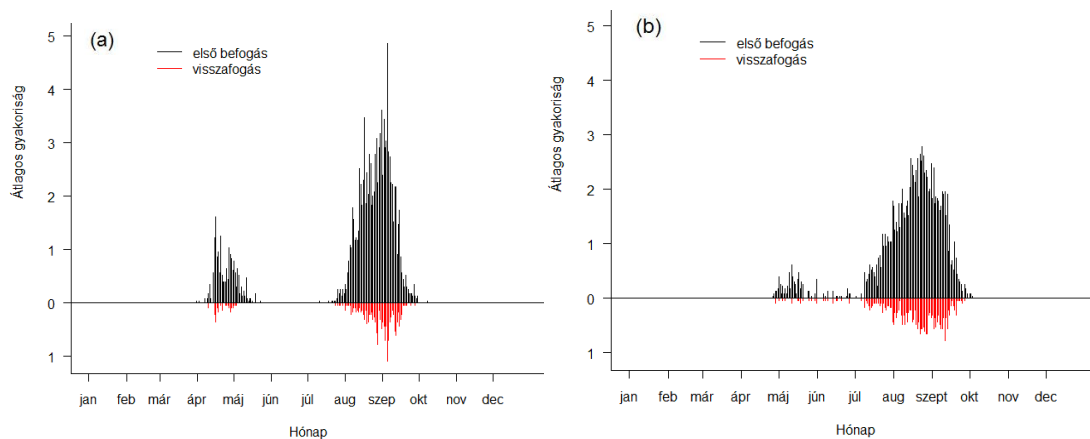
1. ábra: A kormos (a) és a szürke (b) légykapó összes megfogott egyedének évenkénti egyedszáma (fehér: juvenil, szürke: adult)

3.2. A vonulás időzítése

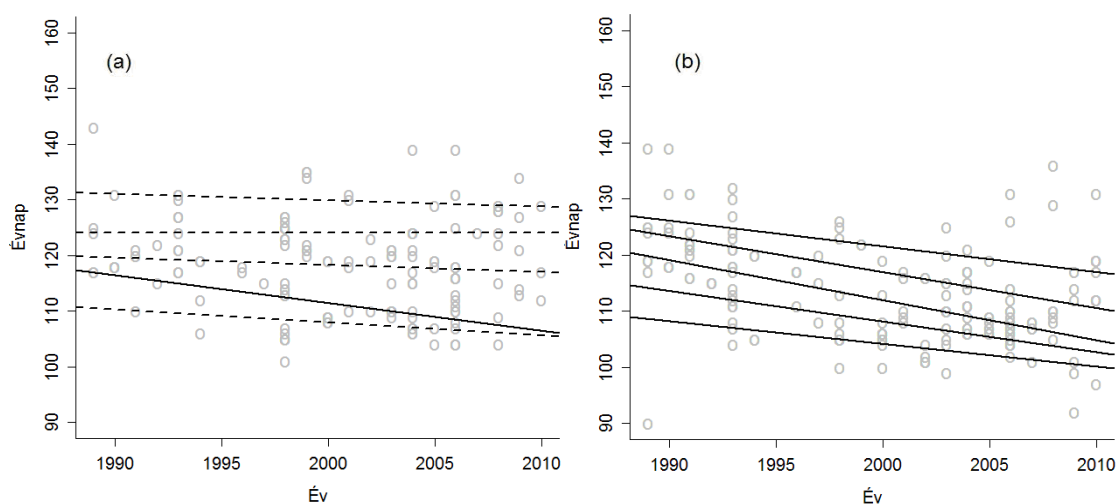
A kormos légykapó tavaszi vonulásának időzítése előbbre tolódott, a 90%-os kvantilis kivételével (lásd: Függelékek, 1. táblázat, 3. ábra). A tojóknál a változás a 25%-os kvantilis esetén volt megfigyelhető, míg a hímeknél a teljes periódusban. Az őszi vonulásban lehetőségünk volt a két korcsoport összehasonlítására is (lásd: Függelékek, 2. táblázat, 4. ábra). Az adult madarak esetén egyik kvantilisnél sem tapasztaltunk szignifikáns változást, egyedül a hímek 90%-os kvantilisénél figyelhető meg 9,7 napos későbbre tolódás ($N=108$, p -érték=0,04, 5. ábra). A juvenil csoportban az őszi vonulás trendszerű ($N = 1696$, $p = <0,001$, $\text{nap} = 10,5$) későbbre tolódása figyelhető meg mindkét ivar esetén, a vonulási időszak kiszélesedett (5. ábra).

Másik vizsgált fajunk, a szürke légykapó később jelenik meg a területen mind tavasszal, mind ősszel (2. ábra).

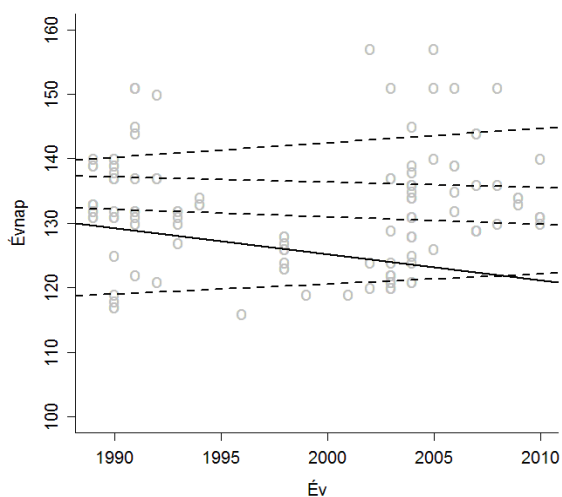
A szürke légykapó esetén nem tapasztaltunk nagymértékű változást a tavaszi vonulásban az elmúlt 21 év során, mindössze a 25%-s kvantilis alapján figyelhető meg korábbra tolódás (1. táblázat, 4. ábra). Az őszi vonulás során az adult korcsoportban csak a vonulás vége tolódott későbbre (90%-s kvantilis), míg a juvenil csoportban a vonulási időszak kiszélesedett (2. táblázat, 6. ábra).



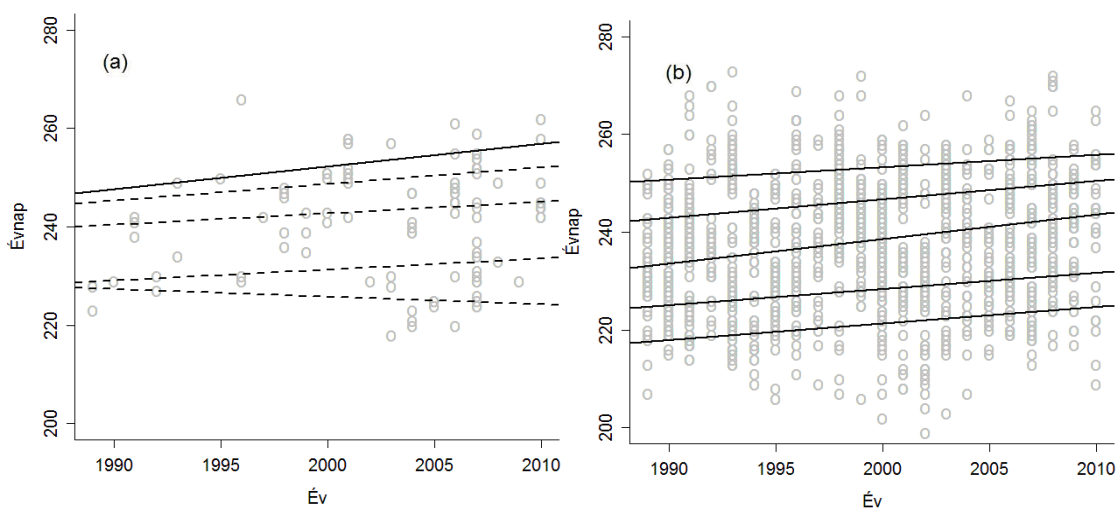
2. ábra: A kormos (a) és szürke (b) légykapó fogási-visszafogási gyakorisága Ócsán 1989-2010 között



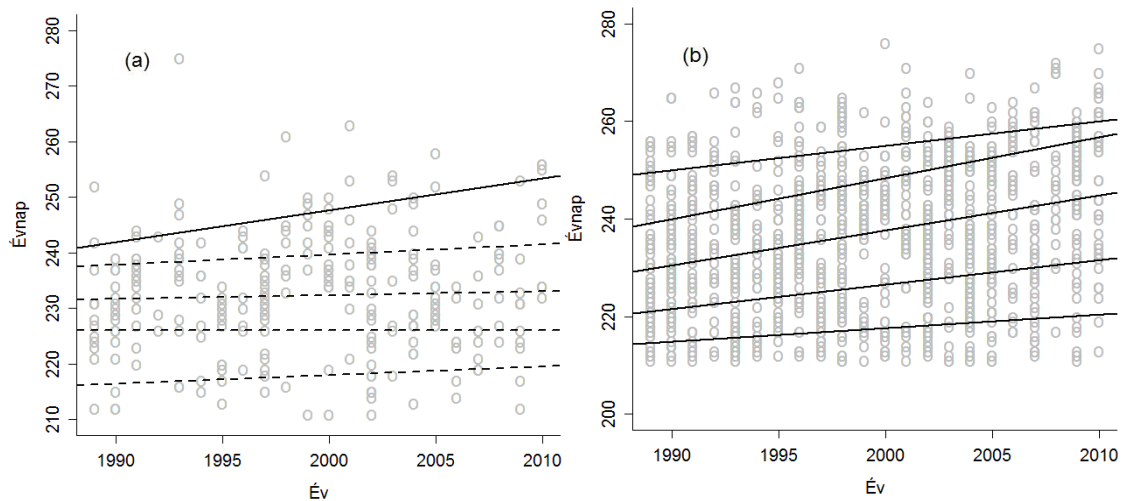
3. ábra: A kormos légykapó tavaszi vonulásának időzítésében történt változások regressziós ábrája (10, 25, 50, 75, 90%-s illesztett kvantilissal) a tojók (a) és hímek (b) ivarcsoportjában, a szaggatott vonalak a szignifikánsan nem változott kvantilisok egyenesei



4. ábra: A szürke légykapó tavaszi vonulásának időzítésében történt változások regressziós ábrája (10, 25, 50, 75, 90%-s illesztett kvantilissel), a szaggatott vonalak a szignifikánsan nem változott kvantilisok egyenesesei



5. ábra: A kormos légykapó őszi időzítésének változása az adult hímek (a) és a juvenil (b) összevont ivarcsoportjában (10, 25, 50, 75, 90%-s illesztett kvantilissel), a szaggatott vonalak a szignifikánsan nem változott kvantilisok egyenesesei

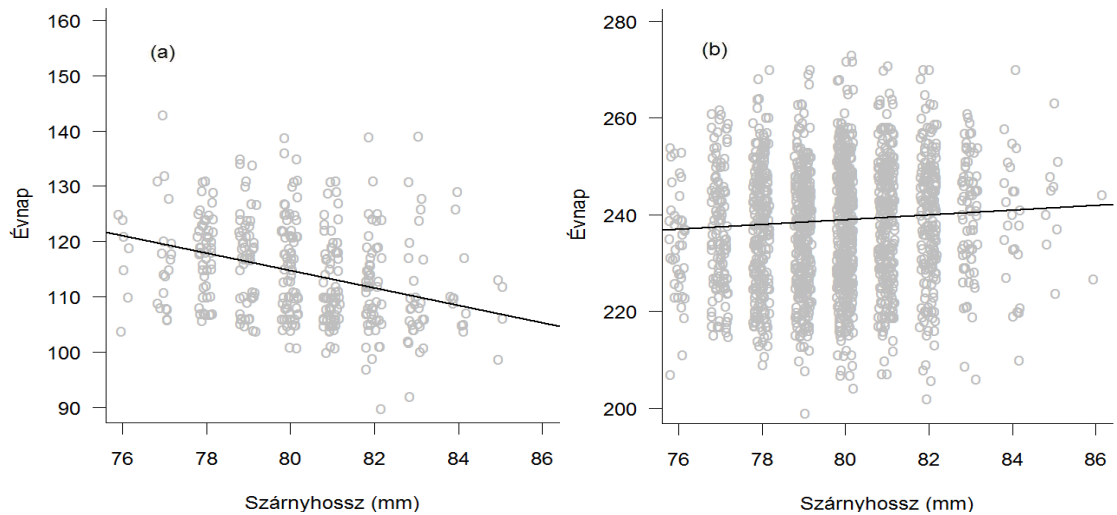


6. ábra: A szürke légykapó őszi időzítésének változása az adult (a) és a juvenil (b) korcsoportban (10, 25, 50, 75, 90%-s illesztett kvantilissel), a szaggatott vonalak a szignifikánsan nem változott kvantilisek egyenesei

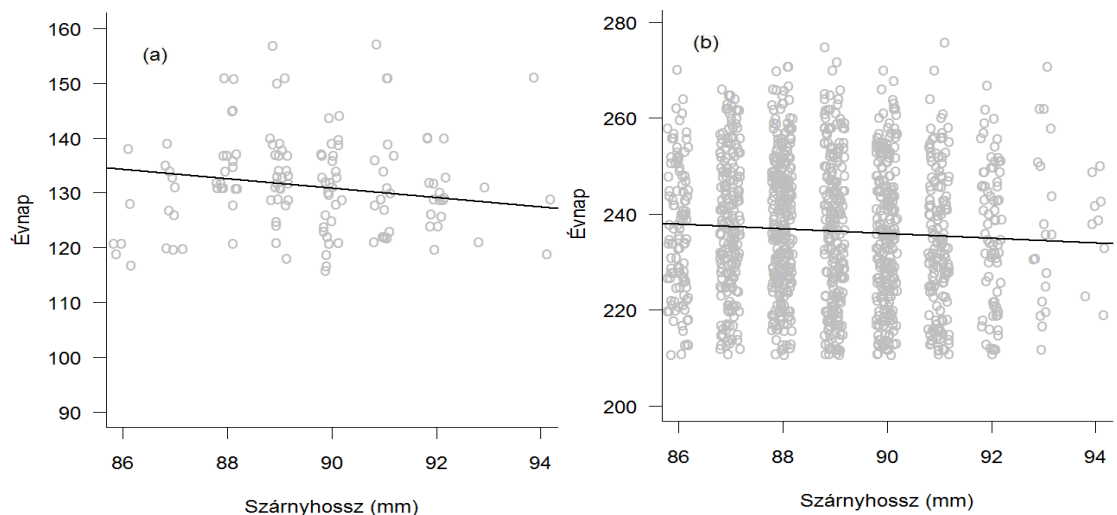
3.3. A biometriai adatok és a vonulás időzítésének összefüggése

A kormos légykapó esetén a tavaszi vonuláskor 14 nappal előbb érkeznek a hosszabb szárnyú hímek, a tojóknál nem figyelhető meg összefüggés (kvantilis regresszió, 50%-s kvantilis: $p=0,16$, $N=154$) (lásd: Függelék 3. táblázat, 7. ábra). Ősszel az adult madarak esetén nem figyelhető meg összefüggés a szárnyhossz és az érkezés között egyik ivarnál sem. A juvenil csoportban a szárnyhossz és az érkezési idő között szignifikáns kapcsolat van, az átlagosan hosszabb szárnyú egyedek később érkeznek 7 nappal a vizsgálati területre (7. ábra).

Tavasszal a szürke légykapó hosszabb szárnyú egyedei átlagosan 9 nappal érkeznek korábban a vizsgálati területre a vizsgálati periódusban. Az őszi vonuláskor az adult egyedeknél nem mutatható ki kapcsolat az érkezési idő és a szárnyhossz között, juvenil madarak esetén viszont a hosszabb szárnyú egyedek trendszerűen 6,5 nappal korábban vonulnak át a területen (Lásd: Függelék 3. táblázat, 8. ábra).



7. ábra: A kormos légykapó szárnyhossz szerinti időzítése tavasszal az adult (a) és ősszel a juvenil (b) korcsoport összevont ivarcsoportjaiban, az illesztett egyenes az 50%-s kvantilist jelöli

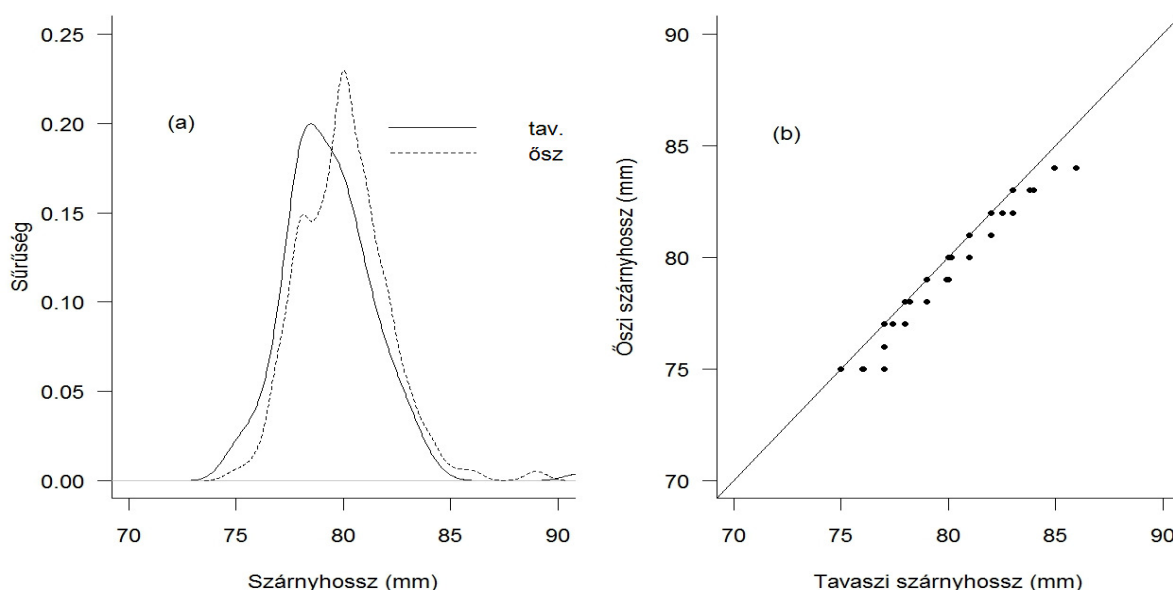


8. ábra: A szürke légykapó szárnyhossz szerinti időzítése tavasszal az adult (a) és ősszel a juvenil (b) korcsoportban, az illesztett egyenes az 50%-s kvantilist jelöli

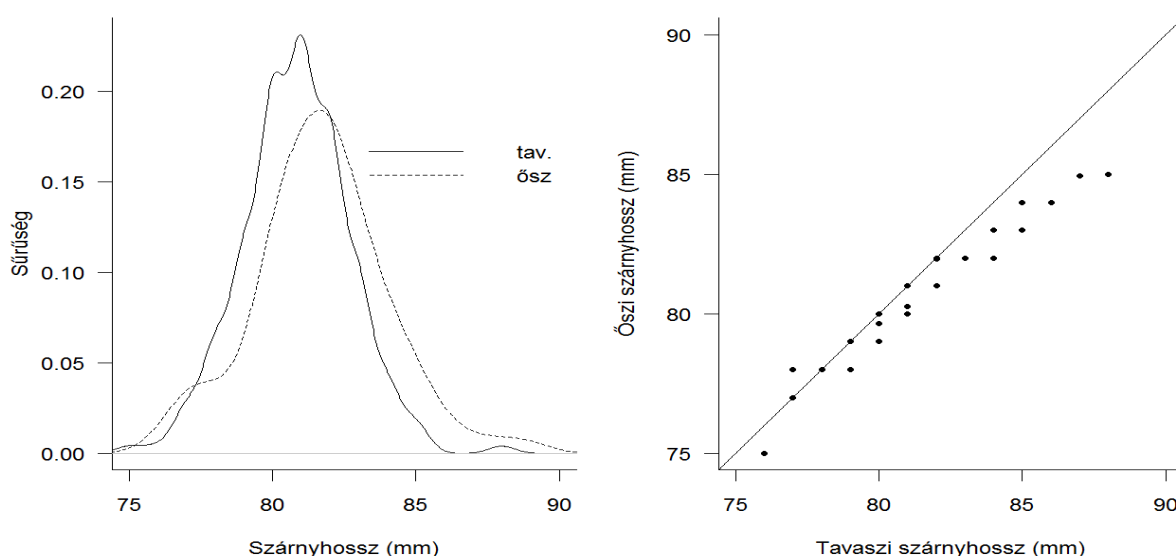
A testtömeg elemzésekor a kormos légykapónál nem találtunk összefüggést a vonulás időzítésével az adult tojók és juvenil hímek mintájában, valamint a szürke légykapónál tavasszal. Amelyik csoportban volt kimutatható összefüggés, ott az átlagosan kisebb testtömegű egyedek érkeznék korábban (lásd: Függelék 4. táblázat).

3.4. Biometriai különbségek a vonulási időszakokban

A kormos légykapó tojóknál az átlagos szárnyhosszok tavasszal ($79,57 \pm 0,20$ mm, $N=116$) és ősszel ($80,10 \pm 0,16$ mm, $N=156$) (9. ábra) különböznek (különbség: $0,65 \pm 0,18$ mm Welch-próba: $p=0,047$). Ugyanez figyelhető meg a hímeknél (tavasz: $81,06 \pm 0,12$ mm, $N=221$, ősz: $81,76 \pm 0,23$ mm; $N=108$, különbség: $0,84 \pm 0,17$ mm Welch-próba: $p=0,013$) (10. ábra). Mindkét ivar esetén egy átlagosan hosszabb szárnnal rendelkező állomány vonul át őszi Ócsán.

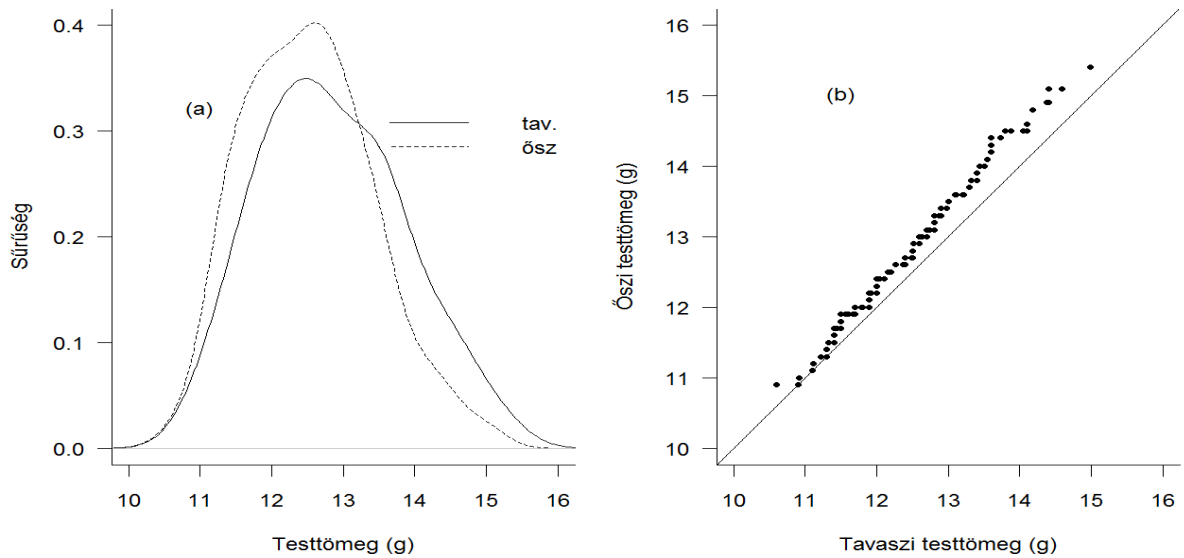


9. ábra: Adult tojók szárnyhossz eloszlásának simított hisztogramja (a) és QQ-ábrája (b)

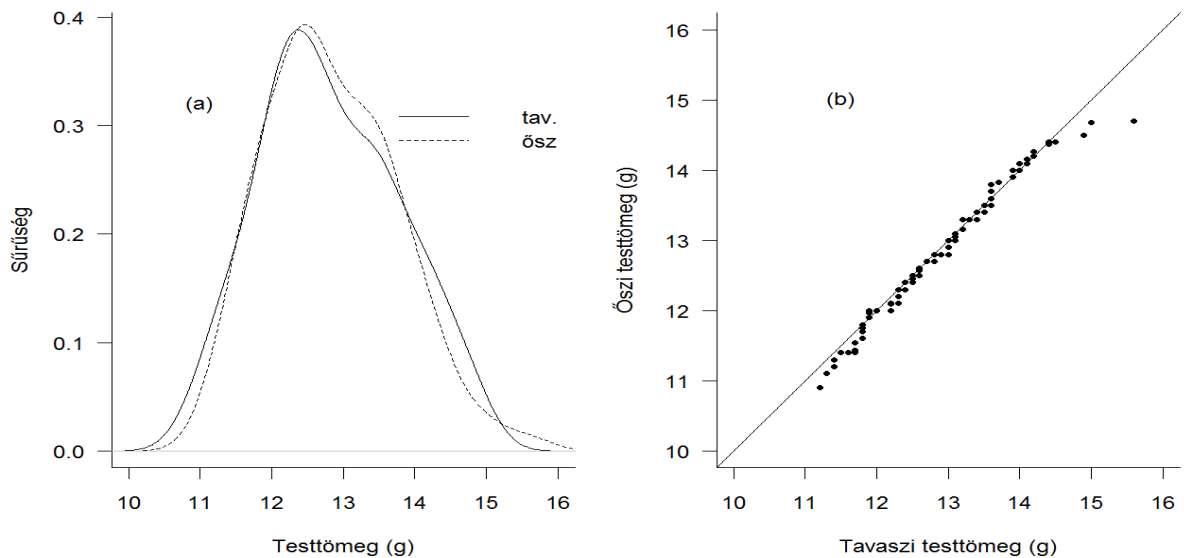


10. ábra: Adult hímek szárnyhossz eloszlásának simított hisztogramja (a) és QQ-ábrája (b)

A testtömegek a két vonulási időszakban eltérnek a tojóknál (tavasz: $12,92 \pm 0,12$ g, ősz: $12,52 \pm 0,07$ g, különbség: $0,40 \pm 0,10$ g Welch-próba: $p=0,003$; 11. ábra), a hímeknél azonban nem (Welch-próba: $p=0,649$) (12. ábra).

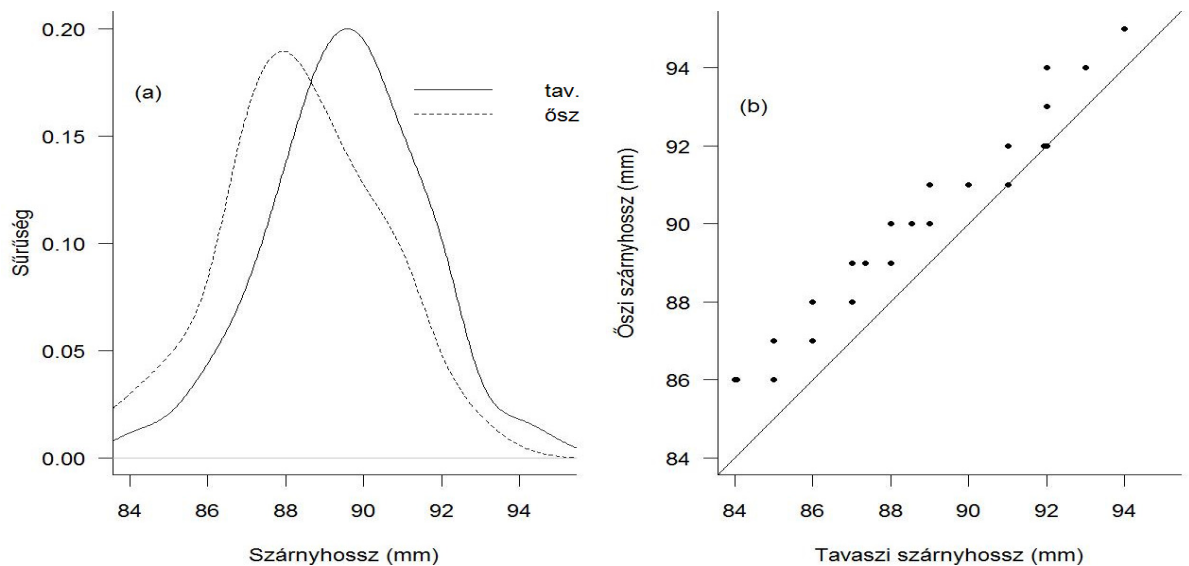


11. ábra: Adult tojók testtömeg eloszlásának simított hisztogramja (a) és QQ-ábrája (b)

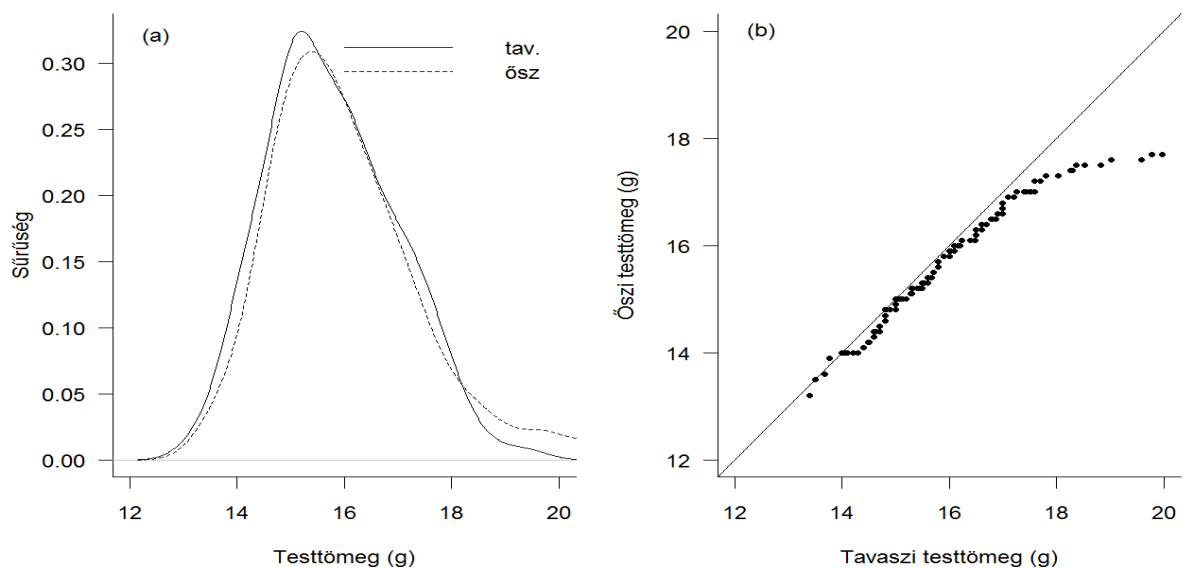


12. ábra: Adult hímek testtömeg eloszlásának simított hisztogramja (a) és QQ-ábrája (b)

A szürke légykapónál a szárnyhosszok a tavaszi vonuláskor átlagosan nagyobbak ($89,52 \pm 0,17$ mm, $n=141$) mint ősszel ($88,28 \pm 0,13$ mm, $n=276$, különbség: $1,23 \pm 0,15$ mm Welch-próba: $p<0,001$) (13. ábra). Ellenben a testtömeg a tavaszi vonuláskor átlagosan kisebb (tavasz: $15,77 \pm 0,10$ g, ősz: $16,22 \pm 0,11$ g, különbség: $0,41 \pm 0,10$ g Welch-próba: $p=0,003$) (14. ábra).



13. ábra: Adult egyedek szárnyhossz eloszlásának simított hisztogramja (a) és QQ-ábrája (b)



14. ábra: Adult egyedek testtömeg eloszlásának simított hisztogramja (a) és QQ-ábrája (b)

3.5. Biometriai változások

A tavaszi vonulási periódusban az átlagos szárnyhossz szignifikánsan nőtt a kormos légykapó esetén, évenként 0,08 mm-rel ($p < 0,001$). A változás az ivaroknál nem egyforma mértékű, a tojók esetén 0,11 mm-s ($p < 0,001$), a hímek esetén 0,07 mm-s ($p < 0,001$) növekedés történt. Az őszi vonuláskor az adult madarak egyesített mintájában szárnyhossz-növekedést tapasztaltunk, évente 0,08 mm-rel ($p = 0,001$). A tojóknál nincs szignifikáns változás, míg a hímeknél évente 0,13 mm-rel ($p = 0,002$) nőtt az átlagos szárnyhossz. A juvenil korcsoportban ez a változás csak a tojóknál jelenik meg, 0,03 mm-rel nőtt meg évente az átlagos szárnyhossz ($p = 0,02$). A tömegek vizsgálatakor sem tavasszal sem ősszel nem figyeltünk meg szignifikáns testtömeg-növekedést vagy csökkenést egyik vizsgálati csoportban sem. A 21 év alatti változást a szárnyhosszban a Függelékben, az 5. táblázatban foglaltam össze.

A szürke légykapó esetén a tavaszi vonuláskor a madarak átlagos szárnyhosszában nem találtunk szignifikáns változást. Az őszi vonulás során az adult madaraknál évente 0,05 mm-rel ($p = 0,028$), míg a juvenil madarak esetén 0,03 mm-rel ($p = 0,002$) lett nagyobb az átlagos szárnyhossz. Az átlagos testtömeg tavasszal 21 év alatt 0,04 g-mal csökkent évenként ($p = 0,003$), míg ősszel sem az adult madarak esetén ($p = 0,15$), sem a juvenil madarak esetén nem tapasztaltunk változást ($p = 0,14$).

3.6. Időzítés összefüggése az időjárési adatokkal

A helyi időjárési változókkal (havi átlagos hőmérséklet, havi átlagos maximum és minimum hőmérséklet és havi átlagos csapadékmennyiség) sem tavasszal, sem ősszel nem tudtam szignifikáns összefüggést kimutatni a vonulás időzítésére vonatkozóan egyik vizsgált fajnál sem.

4. Eredmények értékelése

4.1. A vonulás időzítése tavasszal

A kormos légykapó kifejezett, mindkét ivarnál megfigyelhető korábbra tolódott tavaszi érkezése megegyezik az Európa többi területén megfigyelt mintázattal (HÜPPOP – HÜPPOP, 2003; HUBÁLEK, 2003; STERVANDER, et al., 2005; JONZÉN, et al., 2006; ROBSON – BARRIOCANAL, 2011). A szürke légykapó esetén kevés tavaszi adat állt rendelkezésünkre az ócsai adatsorban, így nem vonhatunk le megbízható következtetést belőlük.

A költőterületre való korábbi visszaérkezésnek három fő oka is lehet, első a vonulási útvonal lerövidülése, ami inkább a rövid és középtávú vonulókra jellemző, így feltételezhetően a légykapókra nem. Második a migráció sebességének növekedése, harmadik pedig hogy a vonulás korábban kezdődik (CSÖRGŐ – HARNOS, 2009). Ez utóbbi kettő fennállhat a két vizsgált faj esetében is, ám ezen hatások kimutatása a megfelelő adatok hiányában nem lehetséges. A közép- és nyugat-európai populációknak ráadásul korlátozott lehetőségük van a vonulás sebességének növelésére, hollandiai kutatások szerint az elmúlt két évtizedben a légykapók 6 nappal gyorsabban teszik meg a költőterület felé tartó út európai szakaszát, míg a feltehetően szintén a klímaváltozás hatására eltolódott táplálékmaximum 15 nappal korábban áll rendelkezésre (BOTH, et al., 2009 in BOTH, 2010).

A Németország területén átvonuló, zömében Skandináviában költő populációik esetén mindkét légykapó faj érkezése korábbra tolódott tavasszal az utóbbi 41 év alatt, a kormos légykapó 6,4, míg a szürke légykapó 10,6 nappal (HÜPPOP – HÜPPOP, 2003). Ezen kutatást kiegészítő svéd vizsgálatok a kormos légykapó esetén nem mutattak ki eltolódást, míg a szürke légykapónál 4,8 napos korábbra tolódást figyeltek meg az elmúlt 45 év során (STERVANDER, et al., 2005). Capri-szigetén, az egyik jelentős tavaszi pihenőhelyen az Appennini-félsziget déli részén, egy 19 éves adatsor alapján a kormos légykapó tavaszi érkezése átlagosan 4,4, a szürke légykapóé pedig átlagosan 1,14 nappal tolódott korábbra (JONZÉN, et al., 2006).

Az éghajlatváltozás következtében a kora tavaszi időjárási feltételek kedvezőbbé válnak, így a madaraknak megéri hamarabb megérkezni a költőterületre. Az előbb érkező egyedek ugyanis a legjobb minőségű élőhelyeken tudnak territóriumot foglalni, és a kedvezőbb területeken egy hím akár több tojóval is párba állhatnak, ezáltal nőhet a

szaporodási sikerük az adott évben. Az időzítés ökológiai tényezők által is befolyásolt. Spanyolországi vizsgálatok kimutatták, hogy az Ibériai-félszigetre érkező vonuló madarak tavaszi időzítését erősen befolyásolta a Száhelben és Észak-Afrikában megfigyelt változások a vegetáció fenológiájában (ROBSON – BARRIOCANAL, 2011).

4.2. A vonulás időzítése ősszel

A hosszútávú vonulók őszi időzítése, eltérően a magyar megfigyelésektől, korábbra tolódást mutatott több fajnál is Nyugat-Európában (TØTTRUP, et al., 2006.; KOVÁCS, et al., 2009; 2011a; 2012; KISS, et al., 2009; NAGY, et al., 2009). Dániában a kormos légykapó esetén az utolsó induló egyedek időzítése 1976 és 1997 között évente átlagosan 1,04, a szürke légykapóé 0,40 nappal tolódott korábbra (TØTTRUP, et al., 2006). A vonulás későbbre tolódását csak a szürke légykapó 50 és 95%-os kvantilisénél figyelték meg a nálunk talált mintázattal megegyezően.

A vizsgálatunk szerint ugyanis a kormos légykapó mindkét korcsoportja esetén a későbbre tolódás figyelhető meg, aminek valószínű oka az, hogy a melegebb ősz lehetőséget ad arra, hogy tovább táplálkozhassanak, és jobb kondícióval induljanak el a telelőterületek felé. A szürke légykapó esetén az adult madarak vonulásának vége, valamint a juvenil madarak teljes őszi vonulása tolódott későbbre. Ennek lehetséges magyarázata, hogy a fiatal madarak kevésbé tapasztaltak a táplálék megszerzésében, mint az öreg madarak, így több időbe telhet, amíg a vonulás megkezdéséhez elegendő tápanyagot felhalmoznak.

Eredményeinknek más kutatócsoport eredményeitől való eltérésének több oka lehetséges. Az egyik az eltérő módszerek használata, mi ugyanis külön kezeltük a kor és ivarcsoportokat a vizsgálat során, valamint az összes megfogott madár érkezési idejét figyelembe vettük. A többi vizsgálatban általában az első madár érkezési idejét (FAD: First Arrival Date), az utolsó madár indulását, illetve a populáció első vagy utolsó 5%-t veszik figyelembe. Ezek a mutatók érzékenyek a kiugró értékekre, valamint inkább csak kisebb részpopulációkról adnak információt, nem a teljes átvonuló állományról. A különbségeknek földrajzi vonatkozásai is lehetnek, mert a klímaváltozás hatása nem mindenhol egyforma irányú és mértékű. Például megfigyelték, hogy az Észak-Atlanti-Oszcilláció megváltozása a Nyugat-Európán átvonuló madarak vonulását befolyásolta, míg a Kelet-Európán keresztül, az óceántól távol vonulókét nem (STERVANDER, et al., 2005.).

4.3. Időzítés és biometria

A kormos légykapó tavaszi vonulási hullámában az átlagosan hosszabb szárnyú egyedek érkeznek korábban, míg ősszel pont fordítva, a hosszabb szárnyú madarak érkeznek meg később. A tavasszal átvonuló madarak átlagos szárnyhossza kisebb volt mindkét ivar esetén, mint az ősszel átvonulóké, emellett az ősszel átvonuló tojóknak átlagosan nagyobb volt a testtömege is. Ezt a megfigyelést alátámasztják azon dániai és olaszországi vizsgálatok, melyek szerint a faj hurokvonuló, vagyis más útvonalon vonulnak tavasszal, mint ősszel (BØNLØKKE, et al., 2006; SPINA, et al., 2008). Megfigyeléseink alapján a két vonulási időszakban az átvonuló állomány összetétele eltérő, ősszel nagyobb arányban lehetnek jelen az átlagosan hosszabb szárnyú, északabbi populációkból származó madarak.

A szürke légykapó esetén a hosszabb szárnyú egyedek érkeznek meg korábban a területre mindkét vonulási időszakban. A tavasszal átvonulók szárnyhossza átlagosan nagyobb, mint az őszié, ellenben a testtömegük átlagosan kisebb. Ennek több magyarázata is lehet, egyrészt lehetséges, hogy a hímek vonulnak korábban és nekik átlagosan hosszabb szárnyuk van. Másrészt elképzelhető, hogy a faj „bakugrás” típusú vonuló. Az ilyen vonulási típus esetén a legészakabbi költő populációk telelőterületei vannak a legdélebben, így az északabbi populációk vonulásuk során túlrepülik a délebben költő populációkat. Ezt a mintázatot nehéz bizonyítani, fő kialakítója a populációk eltérő vonulás időzítése, vonulási sebessége, valamint az intraspecifikus kompetíció (ALERSTAM, 1993). A szárnyhosszok közötti különbségek az adult madaraknál pedig arra utalnak, hogy ennél a fajnál is eltérő állomány vonul át tavasszal és ősszel, ami ismét a hurokvonulást valószínűsíti.

Nigériában végzett vizsgálat szerint az átvonuló szürke légykapók testtömege tavasszal sokkal nagyobb volt, mint ősszel, ami érthető is, hiszen a Szaharán átkelt madarak sokkal gyengébb kondícióban értek oda (MOREAU, 1972 in CRAMP, et al., 1983). Az ócsai adatok alapján az ősszel fogott madarak átlagos testtömege volt a nagyobb, valószínűleg az őszi vonulás során Európában már halmoztak fel zsírt. Ezeket az eredményeket a vizsgálati területek földrajzi elhelyezkedése alapján kell mindig értékelnünk, mivel a két vonulási időszakban más sorrendben kell leküzdeniük a vonulóknak az adott barriereket. Tavasszal a költőterületek felé a Szaharán és a Mediterráneumon átkelve sokkal gyengébb kondícióban érik el Európát, míg ősszel a Szaharán túli területekre érve használják fel tartalékaikat.

4.4. Biometriai változások

Vizsgálatunk eredményei szerint a kormos légykapó átvonuló állományában az átlagos szárnyhossz nőtt, az átlagos testtömeg nem változott. A szürke légykapónál tavasszal csökkent az átlagos testtömeg, míg ősszel nőtt az átlagos szárnyhossz. A vonuló madarak szárnyának hossza és alakja összefüggésben áll a vonulási út hosszával. A hosszabb távok megtételéhez a hosszabb, hegyesebb szárny előnyösebb, mert energetikailag hatékonyabb (egységnyi zsír tovább elég, jobb a hatékonyság) repülést tesz lehetővé. Az északabbi populációknak hosszabb utat kell megtenniük, így rájuk erősebb szelekciós nyomás hat a hosszabb szárny irányába, mint a délebbiekénél. Az északabbi populációkból származó madaraknak így átlagosan hosszabb és hegyesebb szárnyuk van, mint a délebben költő populációkéknak (GASTON, 1974; NORBERG, 1981 in CSÖRGŐ – LÖVEI 1986; BERTHOLD, 1993). A szárnyhossz növekedésének hátterében tehát populációs átrendeződés állhat, megnövekedhetett az Ócsán átvonuló állományban az északi (Skandináv) területekről származó madarak aránya mind ősszel, mind tavasszal. Ezen kívül a Szahara területének megnövekedése (LE HOUÉROU, 1996) is erős hatótényező lehet a vonuló madaraknál, hiszen hosszabb szárnyúak nagyobb eséllyel képesek átrepülni a nagyobb távokat, míg a rövidebb szárnyúak szelektálódnak, így akár a közép-európai populációkban is szárnyhossznövekedés történhetett.

A vonuló madaraknak megfelelő mennyiségű zsírt kell felhalmozniuk a vonulás megkezdése előtt. A migráció során a zsírraktárok feltöltésére általában a nagyobb földrajzi barrierek leküzdéséhez szükséges. Minél hosszabb utat kell megtennie egy madárnak, annál több zsírt kell felhasználnia. Vizsgálataink során csak a szürke légykapónál volt megfigyelhető az átlagos testtömeg csökkenése a tavaszi vonulás során, de a kevés adat miatt nehéz bármilyen nemű következtetést levonni.

4.5. Vonulás időzítése és az időjárás

A madarak vonulása belső genetikai kontroll alatt áll, mind a közép-, mind a hosszútávú vonulók esetében, a fő befolyásoló tényező pedig a nappalok hosszának váltakozása (ROWAN, 1926 in CRAMP et al., 1983; BERTHOLD, 1993). Azonban a rövidtávú vonuló fajok vonulásának időzítése jobban követi a különböző időjárási tényezők változásait (ALERSTAM, 1993), sokkal plasztikusabb a viselkedésük, mint a hosszútávú

vonulóké (BERTHOLD, 1993). Az időjárás módosító hatása nem általánosítható minden madár vonulására. Függ attól, hogy adott faj a tavasszal mennyire korán vonul, a korábban vonulókat erősen befolyásolják a lokális időjárási változások, valamint attól is, hogy mekkora távolságra van a telelőterület a költőterületről, mert a közelebbi területekre később is el lehet indulni, ha kedvezőek a körülmények (CSÖRGŐ – HARNOS in press). Észak-európai kutatások szerint a tavaszi vonulás során a rövidtávú vonulókra hatott a legnagyobb mértékben a költőterület időjárása, a hosszútávú vonulókét más faktorok határozzák meg inkább (TØTTRUP, et al., 2010). A hazai vizsgálatok alapján a középtávú vonuló csilpcsalpfüzike tavaszi érkezési idejét a márciusi átlagos minimum hőmérséklet befolyásolta, minél melegebb volt, annál korábban érkeztek meg, ősszel pedig annál tovább maradtak a területen, minél melegebb volt szeptemberben. Ám ezen megfigyelések csak a hímekre vonatkoznak, a tojók időzítése nem mutatott összefüggést az időjárással (CSÖRGŐ – HARNOS in press.).

A vizsgálataink során nem mutattunk ki jelentős összefüggést egyik légykapó faj időzítése és a helyi időjárási adatok között sem. Ennek magyarázata részben lehet az, hogy a lokális meteorológiai adatok nem a legjobb indikátorai a klímaváltozásnak, ugyanis egyre több vizsgálat mutat rá arra, hogy inkább az afrikai ökológiai viszonyok határozzák meg az időzítést a hosszú távú vonulóknál (például a vegetáció növekedése a téli csapadék után). Főként azok a területek jelentősek ebből a szempontból, amelyek a faj és populáció specifikus telelőterületei, valamint a Száhel-övezet különböző részterületei, amelyek a legfőbb pihenő helyei a tavaszi vonulásnak, ugyanis a transz-szaharai vonulók itt tudnak megállni és zsírraktáraikat feltölteni, mielőtt átkelnének a Szaharán (SZÉP, 1995; SAINO, et al., 2004; GORDO, et al., 2005; TØTTRUP, et al., 2008). Fontos lenne azt is tudni, hogy a madarak milyen kondícióban érkeznek meg az adott területekre, illetve milyen kondícióban hagyják el, és hogy a túlélésüket, a költőterületre érkező populációk nagyságát mennyiben befolyásolják az afrikai körülmények (GORDO, 2008; ROBSON – BARRIOCANAL, 2011).

A lokális időjárási adatok valószínűleg a költés megkezdését befolyásolják, ami meghatározza a hosszú távú vonulók adott évi költési sikerét (BOTH – VISSER, 2001).

Az esetleges további vizsgálatokban érdemes lenne inkább az útközbeni időjárási adatokkal dolgozni. Ehhez azonban pontosan ismernünk kellene a hozzánk érkező populációk útvonalait, ehhez szükség lenne több visszafogási adatra, hogy fel tudjuk mérni, mely területek környezeti változásai váltják ki az érkezési idő korábbra vagy későbbre tolódását Kelet-Európában. Ilyen vizsgálatokra példa BOTH és munkatársainak 2005-ben megjelent cikke, amiben kimutatták, hogy a kormos légykapó hímek tavaszi érkezése összefügg az

észak-afrikai időjárási adatokkal, minél melegebb volt Észak-Marokkóban, annál korábban értek a hímek hollandiai költőterületükre (BOTH – VISSER, 2005).

Az újabb ökológiai kutatásokban, ahol a klímaváltozás esetleges hatásait vizsgálják az élővilágra, egyre nagyobb jelentőséget tulajdonítanak az ugyanevezett NDVI (Normalized Difference Vegetation Index, normalizált vegetációs index) adatoknak, amelyek segítségével egy adott terület vegetációs aktivitását lehet kifejezni. Ez a mutató korrelál az adott területet takaró növényzet fajlagos klorofill tartalmával, műholdakon elhelyezett érzékelők segítségével felmérhetővé válik a fotoszintetikus aktivitás (EARTH OBSERVATORY). A madárvonulás kutatásában is jól használható ez a mutató, például a költési sikert, vagy túlélést magyarázó változóként hosszú távú vonulóknál, mint például a kormos légykapó (SANZ, 2003) vagy a füsti fecske (SAINO, et al., 2004) esetén.

A vonuló madarak számára jelentősek az útvonalukra eső pihenő és táplálkozó helyek. Ha ezek megszűnnek, vagy rajtuk kedvezőtlen változások következnek be, akkor az adott útvonalat használó madarak elpusztulnak (CSÖRGŐ – HALMOS, 2002). Ezért különös figyelmet érdemelnek ezek a területek és régiók a vonuló madarak populációs összeomlásának vizsgálatakor.

5. Összefoglalás

Az elmúlt évtizedekben számos énekesmadárfaj vonulási mintázatában következtek be változások. Ezek még a vonulási viselkedésüket tekintve kevésbé plasztikus, erős genetikai kontroll alatt álló hosszú távú vonulóknál is kimutathatóak. Vizsgálatainkban az Ócsai Madárvárta Egyesület hosszú távú gyűrűzési adatai alapján hasonlítottuk össze két közel rokon, hosszú távú vonuló faj, a kormos légykapó (*Ficedula hypoleuca*) és a szürke légykapó (*Muscicapa striata*) vonulási fenológiáját. Az utóbbi évtizedekben mindkét faj egyedszáma jelentősen csökkent Európa szerte. Mivel ennek oka nem ismert, de valószínűsíthető, hogy a probléma a vonulási vagy telelési feltételek változásában keresendő, indokolt ezek részletes vizsgálata.

Vizsgálataink során 1989 és 2010 között fogott madarak adataival dolgoztunk. A korcsoportokat külön kezeltük, a kormos légykapónál pedig az ivarcsoportokat is, mivel azok a tollazat alapján jól meghatározhatóak már a juvenil korcsoportban is. Eredményeink szerint mindkét faj minden vizsgálati csoportjánál korábbra tolódott tavaszi és későbbre az őszi vonulás időzítése. Ennek valószínű oka a tavaszi és őszi időjárás feltételek és ebből következően a vegetációs periódus eltolódása, ami hat pl. a táplálék fajok tavaszi megjelenésére is. A biometriai változók függvényében vizsgált időzítés a két fajnál eltérő mintázatot mutat a szárnyhosszak alapján. A kormos légykapó esetén tavasszal az átlagosan hosszabb, ősszel a rövidebb szárnyú egyedek érkeznek korábban, míg a szürke légykapónál mindkét periódusban a hosszabb szárnyúak. A testtömeg vizsgálatok alapján mindkét fajnál az átlagosan kisebb tömegűek érkeznek meg korábban a területre. A kormos légykapónál talált mintázat megegyezik több nyugat-európai vizsgálat eredményével, miszerint a faj hurokvonuló, a populációk másik útvonalat használnak tavasszal, mint ősszel. A szürke légykapó esetén már nehezebb következtetéseket levonni. Lehetséges, hogy az ivarok vonulásának időzítése közti különbség, de az is elképzelhető, hogy a „bakugrás” vonulási stratégia okozza a mintázatot. Az átlagos szárnyhossz növekedés hátterében az állhat, hogy megnövekedett az északi, hosszabb szárnyú egyedek aránya az átvonulók között. A lokális időjárás változók és a tavaszi-őszi vonulás időzítése között egyik faj esetén sem találtunk szignifikáns összefüggést, aminek magyarázata az lehet, hogy a lokális meteorológiai változók nem megfelelő indikátorai a klímaváltozás madárvonulásra gyakorolt hatásainak a hosszútávú vonulók esetén.

6. Summary: Study of the changes in migration pattern of two flycatcher species by the analysis of long-term bird ringing data series

In recent decades, the pattern of migration of several passerine bird species has been changed. These changes are also detectable at long distance migrant species having less plastic behaviour, and being under strong genetic control. In our study we have used the long-term ringing datasets of the Ócsa Bird Ringing Society to compare the migration phenology of two closely related long distance migrant flycatcher species, the pied flycatcher (*Ficedula hypoleuca*) and the spotted flycatcher (*Muscicapa striata*) from 1989 to 2010. In the last decades these species had strong population decline. It is reasonable to study the changes in migrating and wintering conditions, since the declination is presumably caused by these.

During the analysis we treated the age groups at both species and at the pied flycatchers based on plumage the sexes separately.

According to our results the timing of spring migration shifted earlier, while the timing of autumn migration shifted later in both species. The reason of this phenomenon might be the change in weather conditions and vegetation period causing a shift in food gradation. The relationship between the timing and wing length is different at the two species. In case of pied flycatcher the on average longer winged individuals arrive earlier in spring and the shorter winged ones in autumn, in case of spotted flycatcher longer winged individuals arrive earlier in both periods. In both species birds with more body mass on average leave the study site the latest. Probably the migrating populations are different in spring and autumn meaning - in accordance with western European studies - that pied flycatcher is a loop migrant using different routes in the two periods. In case of spotted flycatcher we can hardly draw conclusions. However it is possible that the difference in the timing of sexes or the leap-frog migration strategy produces this pattern. The cause of the increase in average wing length could be the raised ratio of trans-migrant individuals originated from northern populations. It might reflect the fact that the size of the northern breeding populations has increased and/or that the reproductive success of birds breeding in northern increase.

We could not find any significant relationship between local weather variables and migration timing. An explanation is that local meteorological variables are possibly not adequate indicators of the effects of climate change on the timing/migration of long-distance migrants.

7. Felhasznált irodalom

Alerstam, T. 1993: Insect-eaters. In: Alerstam, T. Bird migration. Cambridge: Cambridge University Press. p. 163 – 189.

Barlein, F. 1985: Body weight and fat deposition of Palearctic passerine migrants in the central Sahara. Berlin: *Oecologica*, 66. p. 141 – 146.

Berthold, P. 1975: Migration: control and metabolic physiology. In: Farner, D. S. , King, J. R., eds., Avian Biology, New York: Academic Press. p. 77 – 128.

Berthold, P. 1993: Bird Migration – A General Survey. Oxford, New York, Tokyo: Oxford University Press. p. 62 – 68.

Berthold, P., Fiedler, W., Schlenker, R., Querner U. 1998. 25–year study of the population development of Central European songbirds: a general decline, most evident in long–distance migrants. *Naturwissenschaft*, 85. p. 350 – 353.

Berthold, P., Møller, A.P., Fiedler, W. 2004: Preface. In: Møller, A., Berthold, P., Fiedler, W, eds.: Birds and Climate Change, Amsterdam: Elsevier Academic Press. p. 7.

Bibby, C. J., Green, R. E. 1980: Foraging behaviour of migrant pied flycatchers on temporary territories. *Journal of Animal Ecology*, 49. p. 507 – 521.

Boersma, P.D. 1998: Population trends of the Galapagos penguin: Impacts of El Nino and LaNina. *The Condor*, 100. p. 245 – 253.

Both, C., Visser, M. E. 2001: Adjustment to climate change is constrained by arrival date in a long–distance migrant bird. *Nature*, 411. p. 296 – 298.

- Both, C., Bijlsma R. G., Visser, M. E. 2005: Climatic effects on timing of spring migration and breeding in a long-distance migrant, the pied flycatcher *Ficedula hypoleuca*. *Journal of Avian Biology*, 36. p. 368 – 373.
- Both, C., Van Asch, M., Bijlsma, R. G., van den Burg, A. B., Visser, M. E. 2009: Climate change and unequal phenological changes across four trophic levels: Constraints or adaptations? *Journal of Animal Ecology*, 78. p. 73 – 83.
- Both, C. 2010: Flexibility of timing of Avian Migration to Climate Change Masked by Environmental Constraints En Route. *Current Biology*, 20. p. 243 – 248.
- Both, C., Van Turnhout, C. A. M., Bijlsma, R. G., Siepel, H., Van Strien, A. J., Foppen, R. P. B. 2010: Avian population consequences of climate change are most severe for long-distance migrants in seasonal habitats. *Proceedings of the Royal Society*, 277. p. 1259 – 1266.
- Bolger, D. T., Patten, M. A., Bostock, D.C. 2005: Avian reproductive failure in response to an extreme climatic event. *Oecologia*, 142. p. 398 – 406.
- Boucher, J. J., Diamond, A. W. 2001: Effects of climate change on migratory birds: an annotated bibliography. Fredericton: Atlantic Cooperative Wildlife Ecology Research Network. p. 2.
- Bønløkke, J., Madsen, J. J., Thorup, K., Pedersen, K. T., Bjerum, M., Rahbek, C. 2006: Danks Traekfugleatlas. Rhodos, Humlebaek p. 686 – 689., p. 693 – 696.
- Böhning-Gaese, K., Lemoine, N. 2004: Importance of Climate Change for the Ranges, Communities and Conservation of Birds. In: Møller, A., Berthold, P., Fiedler, W, eds.: Birds and Climate Change, Amsterdam: Elsevier Academic Press. p. 211.
- Butler, C. J. 2003: The disproportionate effect of global warming on the arrival dates of short distance migratory birds in North America. *Ibis*, 145. p. 484 – 495.

Cade, B. S., Noon, B. R. 2003: A gentle introduction to to quantile regression for ecologists. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 1. p. 412 – 420.

Coppack, T. and Both, C. 2002: Predicting life-cycle adaptation of migratory birds to global climate change. *Ardea*, 90. p. 369 – 378.

Cotton, P.A. 2003: Avian migration phenology and global climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 100. p. 12219 – 12222.

Cramp, P., Simmons, K. E. L., 1983: The Birds of Western Palearctic. Vol. 3. Oxford: Oxford University Press. CD-ROOM, Disc 01.

Csörgő, T., Lövei, G. 1986: Egy fészkelő csilpcsálfűzike (*Phylloscopus collybita*) populáció szárnyalakjának jellemzése. Szeged: MME II. Tudományos Ülése, p. 155 – 159.

Csörgő, T., Karcza, Zs., Palkó, S. 1998: Környezeti változások monitorozása énekesmadarakkal. *Ornis Hungarica*, 1. p. 17 – 26.

Csörgő, T., Parádi, I. 2000: A tövisszűrő gébics (*Lanius collurio*) őszi vonulása Magyarországon. *Ornis Hungarica*, 10. p. 153 – 161.

Csörgő, T., Halmos, G. 2002: Átkelés a Mediterráneumon – Pihenőhelyek szerepe a madárvonulásban. *Állattani közlemények* 87. p. 165 – 177.

Csörgő, T., Harnos, A., Kovács, Sz., Nagy, K. 2009: A klímaváltozás hatásainak vizsgálata hosszútávú madárgyűrűzési adatsorok elemzésével. *Természetvédelmi Közlemények*, 15. p. 1 – 12.

Csörgő, T., Gyurácz, J. 2009: Kerti geze In: Csörgő, T., Karcza, Zs., Halmos, G., Magyar, G., Gyurácz, J., Szép, T., Bankovics, A., Schmidt, A., Schmidt, E., Magyar Madárvonulási Atlasz. Budapest: Kossuth Kiadó, p. 502 – 503.

Csörgő, T., Gyurácz, J. 2009: Cserregő nádiposzáta In: Csörgő, T., Karcza, Zs., Halmos, G., Magyar, G., Gyurácz, J., Szép, T., Bankovics, A., Schmidt, A., Schmidt, E., Magyar Madárvonulási Atlasz. Budapest: Kossuth Kiadó, p. 489 – 493.

Csörgő, T., Harnos, A.: A csilpcsalpfüzike (*Phylloscopus collybita*) vonulásának változása 23 év alatt. (in press.)

Dunn, P.O., Winkler, D.W. 1999: Climate change has affected the breeding date of tree swallows throughout North America. *Proceedings of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences*, 266. p. 2487 – 2490.

Freeman, S. N., Crick, H. Q. P. 2003: The decline of the Spotted Flycatcher *Muscicapa striata* in the UK: an integrated population model. *Ibis*, 145. p. 400 – 412.

Füri, A. 2007: Ócsai Tájvédelmi Körzet (Öreg-turján, Nagy-turján, tőzegbányatavak). In: Tardy, J. A Magyarországi Vadvizek Világa – Hazánk Ramsari Területei. Pécs: Alexandra Kiadó. p. 134 – 141.

Gaston, A. J. 1974: Adaptation in the genus *Phylloscopus*. *Ibis*, 116. p. 432 – 450.

Gilyazov, A., Sparks, T. 2002: Change in the timing of migration of common birds at the Lapland Nature Reserve (Kola Peninsula, Russia) during 1931–1999. *Avian Ecology Behaviour*, 8. p. 35 – 47.

Giorgi, F. 2006: Climate change hot-spots. *Geophysical Research Letters*, p. 33.

Gordo, O., Sanz, J. J., 2005: Phenology and climate change: a long-term study in a Mediterranean locality. *Oecologia*, 146. p. 484 – 495.

Gordo, O., Sanz, J.J. 2008: The relative importance of conditions in wintering and passage areas on spring arrival dates: the case of long-distance Iberian migrants. *Journal of Ornithology*, 149. p. 199 – 210.

Gyurácz, J., Csörgő, T. 2009: Csilpcsalpfüzike In: Csörgő, T., Magyar Madárvonulási Atlasz. Budapest: Kossuth Kiadó, p. 521 – 524.

Hubálek, Z. 2003: Spring migration of birds in relation to North Atlantic Oscillation. *Folia Zoologica*, 53. p. 227 – 236.

Harnos, A., Csörgő, T. : A csilpcsalpfüzike (*Phylloscopus collybita*) vonulásának változása 23 év alatt. (in press.)

Huntley, B., Collingham, Y.C., Green, R.E., Hilton, G.M., Rahbek, C., Willis, S.G. 2006: Potential impacts of climatic change upon geographical distributions of birds. *Ibis*, 148. p. 8 – 28.

Hüppop, O., Hüppop, K. 2003. North Atlantic Oscillation and timing of spring migration in birds. *Proceedings of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences*, 270. p. 233 – 240.

IPCC 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press. p. 8 – 17.

Jenni, L., Kéry, M. 2003: Timing of autumn bird migration under climate change: advances in long-distance migrants, delays in short-distance migrants. *Proceedings of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences*, 270. p. 1467 – 1471.

Jonzén, N., Lindén, A., Torbjørn, E., Knudsen, E., Vik, J.O., Rubolini, D., Piacentini, D., Brinch, C., Spina, F., Karlsson, L., Stervander, M., Andersson, A., Waldenström, J., Lehikoinen, A., Edvardsen, E., Solvang, R., Stenseth, N.C. 2006: Rapid advance of spring arrival dates in long-distance migratory birds. *Science*, 312. p. 1959 – 1961.

Kiss, A., Csörgő, T., Harnos, A., Kovács, Sz., Nagy, K. 2009: A sisegő füzike (*Phylloscopus sibilatrix*) vonulásának változása a klímaváltozás szempontjából. *Klíma 21 füzetek*, 56. p. 91–99.

Koenker, R. 2008. „quantreg”: Quantile Regression. Rpackage version 4.24. www.r-project.org

Kovács, Sz., Csörgő, T., Harnos, A. 2009: A kerti poszáta (*Sylvia borin*) vonulási fenológiájának változása Ócsán 1984–2007 között. *Természetvédelmi Közlemények*, 15. p. 422 – 433.

Kovács, Sz., Csörgő, T., Harnos, A., Nagy, K., Fehérvári, P. 2009: The difference in the timing of migration of sex and age groups in several Sylviidae warbler species. *7th Conference of the European Ornithologist's Union*, Zürich, Switzerland

Kovács, Sz., Csörgő, T., Harnos, A., Fehérvári, P., Nagy, K. 2011a: Change in migration phenology and biometrics of two conspecific *Sylvia* species in Hungary. *Journal of Ornithology*, 152. p. 365 – 373.

Kovács, Sz., Csörgő, T., Harnos, A., Nagy, K., Reiczig, J. 2011b: 12 énekesmadárfaj vonulás fenológiájának és biometriai tulajdonságainak változása. *Akadémiai Beszámoló*, Budapest

Kovács, Sz., Csörgő, T., Harnos, A., Fehérvári, P., Nagy, K. 2012: Changes in migration phenology and biometrical traits of Reed, Marsh and Sedge Warblers. *Central European Journal of Biology*, 7 p. 115 – 125.

Lehikoinen, E., Sparks, T.H., Zalakevicius, M. 2004: Arrival and departure dates. *Birds and Climate Change*, 35. p. 1 – 31.

Le Houérou, H. N. 1996: Climate change, drought and desertification. *Journal of Arid Environment*, 34. p. 133 – 185.

Marra, P. P., Hobson, K.A., Holmes, R.T. 1998: Linking winter and summer events in a migratory bird by using stable-carbon isotopes. *Science*, 282. p. 1884 – 1886.

Miholcsa, T., Tóth, A., Csörgő, T. 2009: Change of the timing of autumn migration in *Acrocephalus* and *Locustella* genus. *Acta Zoologica Academia Science Hungary*, 55. p. 175 – 185.

- Møller, A. P. 1989: Population dynamics of a declining swallow *Hirundo rustica* L. population. *Journal of Animal Ecology*, 58. p. 1051 – 1063.
- Nagy, K., Csörgő, T., Harnos, A., Kovács, Sz. 2009: Changes in migration phenology of Reed and Marsh Warbler (*Acrocephalus scirpaceus*, *A. palustris*). *Természetvédelmi Közlemények*, 15. p. 434 – 445.
- Parmesan, C., Yohe, G. 2003: A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature*, 421. p. 37 – 42.
- Peach, W. J., Baillie, S. R., Underhill, L. 1991: Survival of british sedge warblers (*Acrocephalus schoenobaenus*) in relation to west African rainfall. *Ibis*, 133. p. 300 – 305.
- R Development Core Team 2009: R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, <http://www.r-project.org>.
- Reiczigel, J., Harnos, A., Solymosi, N. 2007: Biostatisztika nem statisztikusoknak. Nagykovácsi: Pars Kft., p 465.
- Robbins, C. S., Sauer, J.R., Greenberg, R., Droeger, S. 1989: Population declines in North American birds that migrate to the neotropics. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 86. p. 7658 – 7622.
- Robson, D., Barriocanal, C. 2011: Ecological conditions in wintering and passage areas as determinants of timing of spring migration in trans-Saharan migratory birds. *Journal of Animal Ecology*, 80. p. 320 – 331.
- Rubolini, D., Spina, F., Saino, N. 2005: Correlates of timing of spring migration in birds: a comparative study of trans-Saharan migrants. *Biological Journal of the Linnean Society*, 85. p. 199 – 210.

Sæther, B.E., Tufto, J., Engen, S., Jerstad, K., Rostad, O.W., Skatan, J.E. 2000: Population dynamical consequences of climate change for a small temperate songbird. *Science*, 287. p. 854 – 856.

Saino, N., Szép, T., Romano, M., Rubolini D., Spina, F. & Møller, A. P. 2004: Ecological conditions during winter predict arrival date at the breeding quarters in a trans-Saharan migratory bird. *Ecology Letters*, 7. p. 21 – 25.

Saino, N., Rubolini, D., Jonzén, N., Ergon, T., Montemaggiori, A., Stenseth, N.C., Spina, F. 2007: Temperature and rainfall anomalies in Africa predict timing of spring migration in trans-Saharan migratory birds. *Climate Research*, 35. p. 123 – 134.

Salewski, V., Bairlein, F., Leisler, B. 2002: Different wintering strategies of two Palearctic migrants in West Africa – a consequence of foraging strategies? *Ibis*, 144. p. 85 – 93.

Sanz, J.J. 2002: Climate change and breeding parameters of great and blue tits throughout the western Palaearctic. *Global Change Biology*, 8. p. 409 – 422.

Sanz, J. J. 2003: Climate change and fitness components of a migratory bird breeding in the Mediterranean region. *Global Change Biology*, 9. p. 461 – 472.

Sparks, T.H. 1999: Phenology and the changing pattern of bird migration in Britain. *International Journal of Biometeorology*, 42. p. 134 – 138.

Spina, F., Volponi, S., 2008: Atlante della Migrazione degli Uccelli in Italia 2. Passeriformi. Ministero dell' Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale. Tipografia SCR-Roma 632 pp.

Stervander, M., Lindström, A., Jonzén, N., Andersson, A. 2005. Timing of spring migration in birds: long-term trends, North Atlantic Oscillation and the significance of different migration routes. *Journal of Avian Biology*, 36. p. 210 – 221.

Svensson, L. 1992: Identification guide to European Passerines 4th edn. Stockholm p. 233 – 234, p. 239 – 242.

Szentendrey, G., Lövei, G., Kállay, Gy. 1979: Az „Actio Hungarica” mérési módszerei. *Állattani Közlemények*, 66. p. 161 – 166.

Szép, T. 1995: Relationship Between West-African Rainfall and the Survival of Central-European Sand Martins *Riparia-riparia*. *Ibis*, 137. p. 162 – 168.

Tiainen, J. 1982: Ecological significance of morphometric variation in tree sympatric *Phylloscopus* warblers. *Annales Zoologici Fennici*, 19. p. 285 – 295.

Tøttrup, A. P., Thorup, K., Rahbek, C. 2006: Changes in timing of autumn migration in North European songbird populations. *Ardea*, 94. p. 527 – 536.

Tøttrup, A.P., Thorup, K., Rainio, K., Yosef, R., Lehikoinen, E., Rahbek, C. 2008: Avian migrants adjust migration in response to environmental conditions en route. *Biology Letters*, 4. p. 685 – 688.

Tøttrup, A. P., Raino, K., Coppack, T., Lehikoinen, E., Rahbek, C., Thorup, K. 2010: Local temperature fine-tunes the timing of spring migration in birds. *Integrative and Comparative Biology*, 50. No. 3. p. 293 – 304.

Török, J. 2009: Kormos légykapó. In: Csörgő, T., Karcza, Zs., Halmos, G., Magyar, G., Gyurácz, J., Szép, T., Bankovics, A., Schmidt, A., Schmidt, E., Magyar Madárvonulási Atlasz. Budapest: Kossuth Kiadó, p. 537 – 538.

Török, J. 2009: Szürke légykapó. In: Csörgő, T., Karcza, Zs., Halmos, G., Magyar, G., Gyurácz, J., Szép, T., Bankovics, A., Schmidt, A., Schmidt, E., Magyar Madárvonulási Atlasz. Budapest: Kossuth Kiadó, p. 531 – 532.

Tucker, C. J., Nicholson, S. E. 1999: Variations in the size of the Sahara Desert from 1980 to 1997. *Ambio*, 28. p. 587–591.

<http://www.birdlife.org/datazone/speciesfactsheet.php?id=6512>

<http://www.birdlife.org/datazone/speciesfactsheet.php?id=6486>

http://earthobservatory.nasa.gov/Features/MeasuringVegetation/measuring_vegetation_1.php

Zsoldos, Á. 1990: Kormos légykapó (*Ficedula hypoleuca*) hím és örvös légykapó tojó (*Ficedula albicollis*) tojó eredményes költése a Visegrádi-hegységben, *Madártani Tájékoztató*, 3. p. 34 – 35.

Köszönetnyilvánítás

Ezúton is szeretném megköszönni az Ócsai Madárvárta Egyesület tagjainak áldozatos munkáját, akik nélkül ez a kutatás nem jöhetett volna létre. Témavezetőimnek és Biomatematika Tanszék doktoranduszainak köszönet a sok szakmai és szakmán túli támogatásért, valamint családomnak és barátaimnak a sok türelemért és a munkához való nyugodt légkör megteremtéséért! Valamint szeretném megköszönni dr. Kis János építő javaslatait és ötleteit!

8. Függelékek

1. táblázat: A tavaszi vonulás kvantilis regressziójának eredményei (n: mintaelem-szám, d: változás napokban, p: p-érték, FICHYP: kormos légykapó, MUSSTR: szürke légykapó, Σ : összesített minta)

Faj	Ivar	n	10%		25%		50%		75%		90%	
			d	p	d	p	d	p	d	p	d	p
FICHYP	Σ	392	-4,2	<0,01	-14,5	<0,01	-12	<0,01	-7,4	<0,01	-	n.s.
FICHYP	tojó	154	-	n.s.	-10,5	<0,01	-	n.s.	-	n.s.	-	n.s.
FICHYP	hím	221	-8,4	<0,01	-11,5	<0,01	-15	<0,01	-13,5	<0,01	-9,5	0,03
MUSSTR		141	-	n.s.	-8,4	0,03	-	n.s.	-	n.s.	-	n.s.

2. táblázat: Az őszi vonulás kvantilis regressziójának eredményei (n: mintaelem-szám, d: változás napokban, p: p-érték, FICHYP: kormos légykapó, MUSSTR: szürke légykapó, ad.: adult, juv.: juvenil)

Faj	Ivar	Kor	n	10%		25%		50%		75%		90%	
				d	p	d	p	d	p	d	p	d	p
FICHYP	hím	ad.	108	-	n.s.	-	n.s.	-	n.s.	-	n.s.	9,7	0,04
FICHYP	hím	juv.	870	-	n.s.	-	n.s.	-	n.s.	10,5	<0,01	6,6	<0,01
FICHYP	tojó	juv.	576	7,7	<0,01	7,9	<0,01	10,5	<0,01	9	<0,01	-	n.s.
FICHYP	Σ	juv.	1696	6,9	<0,01	6,9	<0,01	10,5	<0,01	7,8	<0,01	5,3	<0,01
MUSSTR		ad.	276	-	n.s.	-	n.s.	-	n.s.	-	n.s.	12	<0,01
MUSSTR		juv.	1427	5,7	<0,01	10,5	<0,01	15	<0,01	17,5	<0,01	10,5	<0,01

3. táblázat: A szárnyhossz és érkezési idő összefüggésének 50%-os kvantilis regressziója (m: illesztett egyenes meredeksége, p: p-érték, FICHYP: kormos légykapó, MUSSTR: szürke légykapó)

Faj (ivar)	Tavaszi		Ősz adult		Ősz juvenil	
	m	p	m	p	m	p
FICHYP	-1,57	<0,01	-	n.s.	0,50	<0,01
FICHYP (tojó)	-	n.s.	-	n.s.	1,2	<0,01
FICHYP (hím)	-1,40	<0,01	-	n.s.	0,73	0,01
MUSSTR	-0,86	<0,01	-	n.s.	-0,5	0,05

4. táblázat: A testtömeg és érkezési idő 50%-os kvantilis regressziója (m: illesztett egyenes meredeksége, p: p-érték, FICHYP: kormos légykapó, MUSSTR: szürke légykapó)

Faj (ivar)	Tavaszi		Ősz adult		Ősz juvenil	
	m	p	m	p	m	p
FICHYP	1,54	0,04	1,54	0,04	1,67	0,02
FICHYP (tojó)	-	n.s.	-	n.s.	2,67	<0,01
FICHYP (hím)	3,00	<0,01	1,5	0,05	-	n.s.
MUSSTR	-	n.s.	0,008	<0,01	3,94	<0,01

5. táblázat: Az átlagos szárnyhossz változás lineáris regressziójának eredményei (d: változás a 21 év alatt mm-ben, p: p-érték, FICHYP: kormos légykapó, MUSSTR: szürke légykapó)

Faj (ivar)	Tavaszi		Ősz adult		Ősz juvenil	
	d	p	d	p	d	p
FICHYP	1,56	<0,01	1,77	<0,01	-	n.s.
FICHYP (tojó)	2,24	<0,01	-	n.s.	0,58	0,019
FICHYP (hím)	1,45	<0,01	2,65	<0,01	-	n.s.
MUSSTR	-	n.s.	1,02	0,03	0,62	<0,01