

XXXI. OTDK Biológia szekció

Szeged, 2013, április 2-4.



A klímaváltozás hatása a vonuló madarak tavaszi érkezési idejére



Szerző:

Veres-Szászka Judit

Babeş-Bolyai Tudományegyetem, Kolozsvár, Biológia-Geológia Kar, Szárazföldi és Vízi
Ökológia Szak, magiszteri képzést, I. év

Témavezető:

dr. Pap Péter László, egyetemi adjunktus

Babeş-Bolyai Tudományegyetem, Kolozsvár, Biológia-Geológia Kar, Magyar Biológiai és
Ökológiai Intézet

Küldő intézmény:

Reál- és Humántudományi Erdélyi Tudományos Diákköri Konferencia

Tartalomjegyzék

Bevezető	3
(a)Klimaváltozás.....	3
(b)A madárvándorlást befolyásoló tényezők.....	5
Anyagok és módszerek	8
Eredmények.....	9
Tárgyalás	11
Irodalomjegyzék	12
Köszönetnyilvánítás	14

Bevezető

Az elmúlt évtizedekben az északi féltekén megemelkedett tavaszi hőmérsékletek (Easterling és mtsai, 1997; Anon. 2001), a korábban beköszöntő tavasz jelentősen befolyásolta a növények és állatok életmenetét, előretolva azt (McCarty, 2001). Az eltolódó évszakok és az emelkedő hőmérsékletek lokális szinten nagyban kihatnak a különböző fajokra és közösségekre, megváltoztatva az életkörülményeiket, egyes fajok drasztikus állománycsökkenését illetve akár kipusztulását is okozva (Sekercioglu és mtsai, 2007; Jankowski és mtsai, 2010).

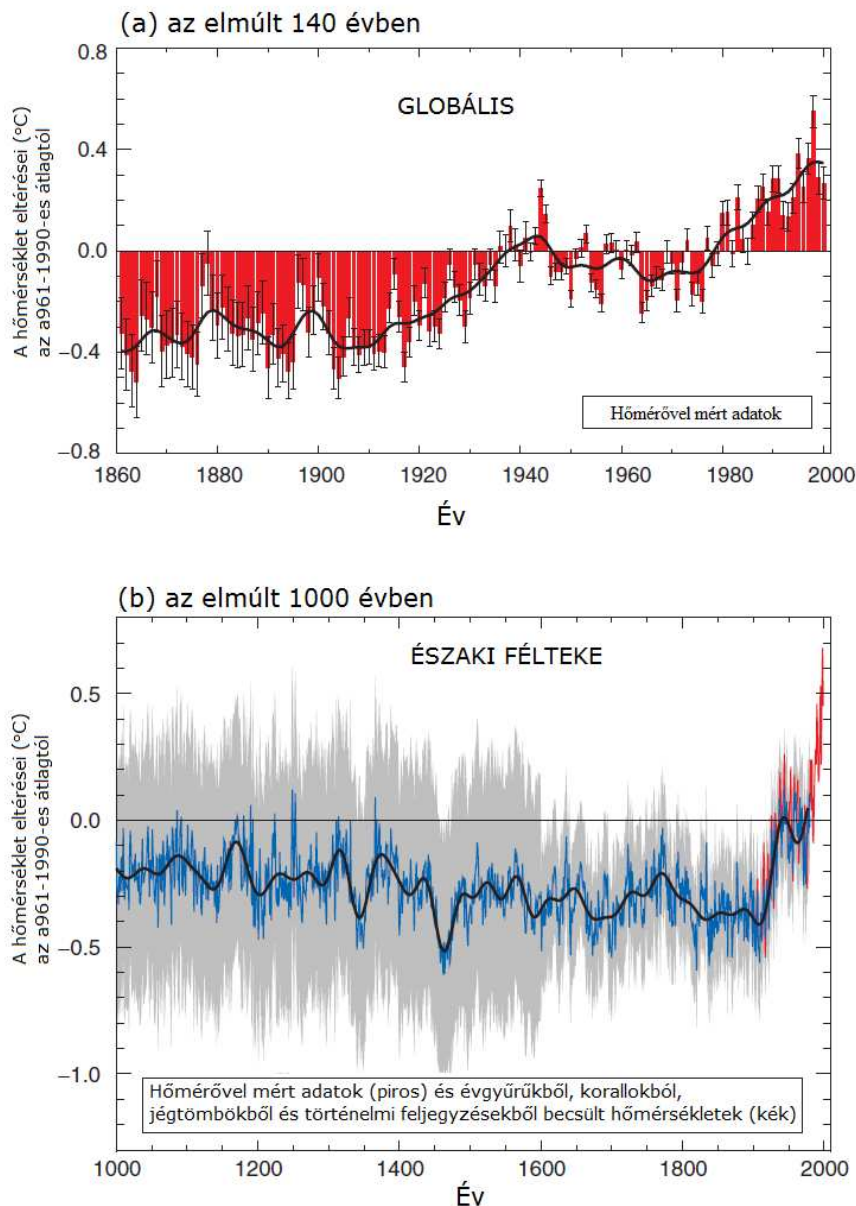
Az egyik leglátványosabb változást a madarak vonulásában figyelhetjük meg, a téma kutatottságából adódóan (Gordo, 2007), hiszen az ember mindig is figyelemmel kísérte az egyes madárfajok vonulását. Borneo-n a farmerek egyes madárfajok átvonulása alapján állítják össze a növények ültetésének naptárát (Gwinner, 1996), és hazánkban, valamint a környező országokban is nagy szenzációnak örvend a füsti fecskék és a fehér gólyák érkezése, valamint a kakukk első hangjai.

Az elmúlt időszakban számos tanulmány mutatott rá az érkezési idők eltolódására, sokan jelezték, hogy a madarak előbb érkeznek meg a költőterületre (Mason 1995, Forchhammer és mtsai 2004, Bradley és mtsai 1999, Sparks 1999, Jenkins és Watson 2000, Hüppop és Hüppop 2003). Többek között Mason (1995) azt is kimutatta, hogy ezek az eltolódások számos esetben összefüggést mutatnak a hőmérsékletváltozással. Ugyanakkor számos madárfaj láthatóan nem. Ugyanakkor számos madárfaj láthatóan nem mutatott semmilyen alkalmazkodást, és ezen fajok állománya jelentős mértékben csökkent (Møller és mtsai., 2008). Mi is ennek fényében vizsgáltuk 63 madárfaj 1942 és 1998 közötti érkezési idejét.

(a)Klímaváltozás

A köznyelvben globális felmelegedésként emlegetett jelenség valójában az utóbbi évtizedek időjárásváltozására utal, melyhez az iparosodás utáni hirtelen megnövekedő széndioxid, és más üvegházhatású gázak kibocsátása is hozzájárult. Amint azt az évi átlaghőmérsékletváltozásokból láthatjuk, mind az elmúlt 140, mind az elmúlt 1000 évet vizsgálva kitűnik az utóbbi évtizedekben az értékek hirtelen emelkedése (1. ábra).

A Föld felszíni hőmérsékleteinek változása:



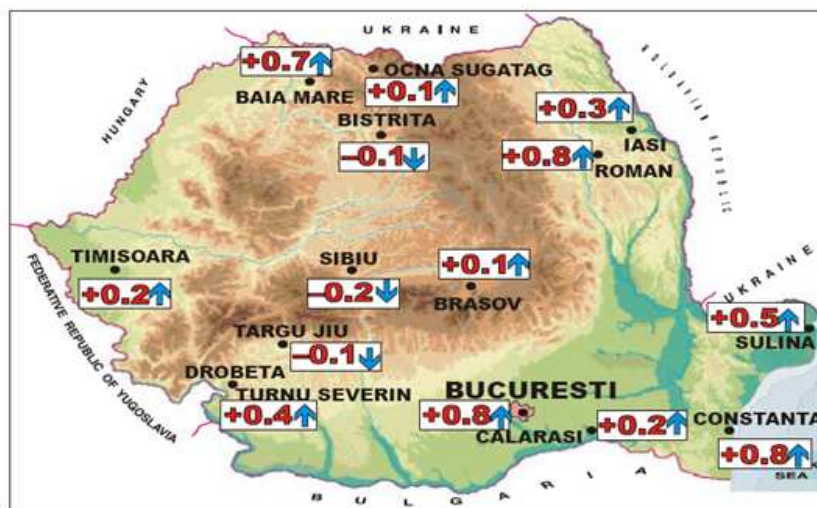
1.ábra: a földfelszín hőmérsékletének változása az elmúlt 140, illetve 1000 évben IPCC 2001 alapján

(a) a piros sávok az évi hőmérsékleteket mutatják, míg a fekete vonal a tízéves átlagokat. A fekete szakaszok a 95%-os konfidenciaintervallumok határai, melyek az adatsor hiányosságait és az esetleges mérési hibákat hivatottak kompenzálni. Az adatok alapján elmondható, hogy az elmúlt 100, illetve 140 évben a globális évi átlaghőmérséklet megközelítőleg $0.6 \pm 0.2^\circ\text{C}$ -ot emelkedett

(b) ebben az esetben a szürke sávok a 95%-os konfidenciaintervallumok határai. Ezek a bizonytalanságok mind jobban megnövekszenek, ahogy visszafele haladunk az időben, és mindig nagyobbak, mint a hőmérővel mért adatok esetén, de ezek ellére is megfigyelhető hogy az utóbbi 100 év jelentősen melegebb volt, mint az azt megelőző évszázadok, ugyanakkor elmondhatjuk, hogy az 1990-es évek az elmúlt század legmelegebb évtizede, 1998 pedig a legmelegebb éve.

Bár globális szinten valóban egy felmelegedésről beszélhetünk (McCarty, 2001), hiszen a Föld átlaghőmérséklete az elmúlt 100 évben $0.3\text{-}0.6^\circ\text{C}$ -ot melegedett (IPCC, 2001), a jelenség helyi szinten jelentősen variál, így egyes pontokon lehűlés, míg másokon felmelegedés észlelhető. Ugyanezek a trendek figyelhetők meg Románia területén is (GASC, 2008) (2.

ábra). Bár nagy általánosságban egy felmelegedés figyelhető meg, helyi szinten ezek a változások szotchasztikusak, ami megnehezíti a különböző fajoknak az alkalmazkodást, jelentősen veszélyeztetve a sérülékeny, vagy kis egyedszámú, specializáltabb csoportokat. Inouye és mtsai (1999) rámutattak, hogy egyes esetekben a tavaszi felmelegedés miatt előbb térnek vissza a madarak, és a hibernáló fajok, mint a mormoták, előbb hagyják el üregüket, ugyanakkor a téli megnövekedett csapadékmennyiség miatt az adott időpontokban még nem olvadt el a hó, megnehezítve ezen csoportok táplálkozását.

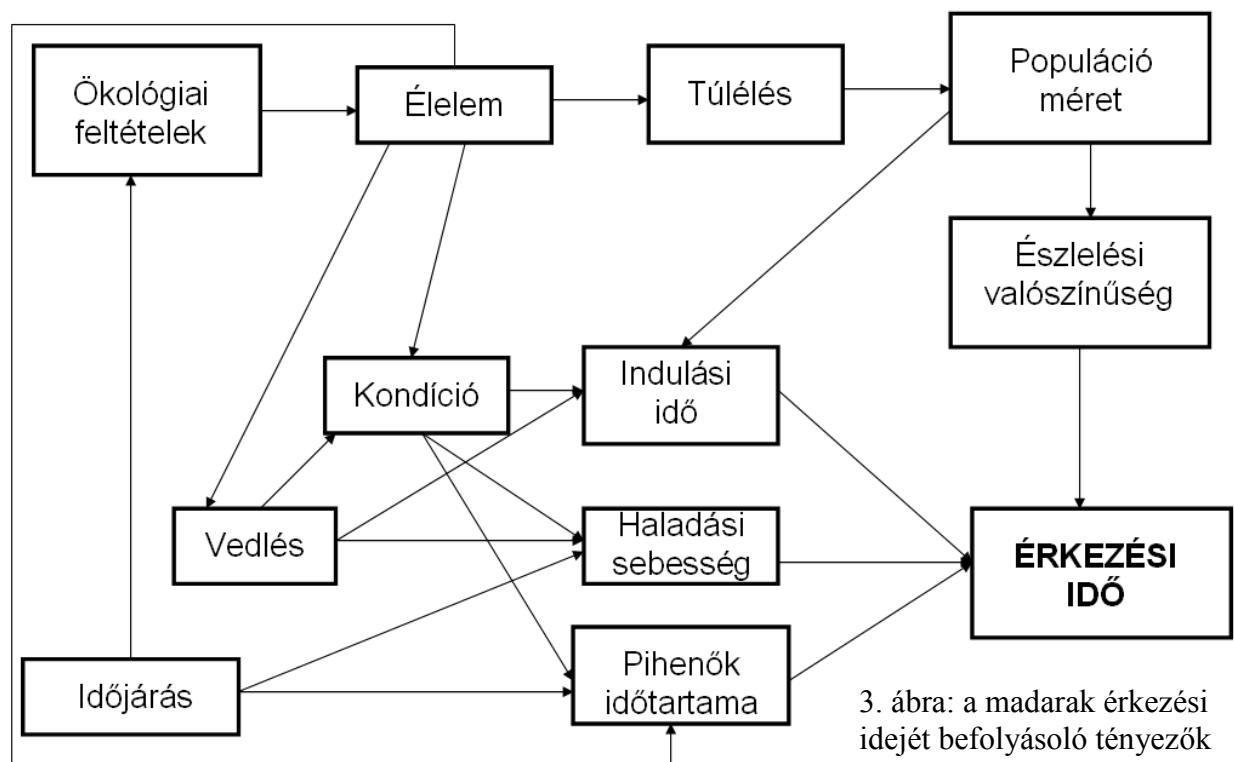


2. ábra: Az évi átlaghőmérséklet változása Romániában 1901 és 2007 között (GASC 2008)

(b)A madárvándorlást befolyásoló tényezők

Az ornitológusok évtizedek óta vizsgálják a madarak vándorlását, és az ezt befolyásoló tényezőket. Számos tanulmány kimutatta a hosszú távú vonulóknál úgy az útvonal mint a távozási és érkezési idő örökletességét (Pulido, 2001). Az elmúlt években, különösen a nyugati országokban legalább ugyanekkora figyelmet kapott a klímaváltozás madarak érkezési idejére gyakorolt hatása is (Gordo 2007), számos, a témában íródott tanulmány születését eredményezve.

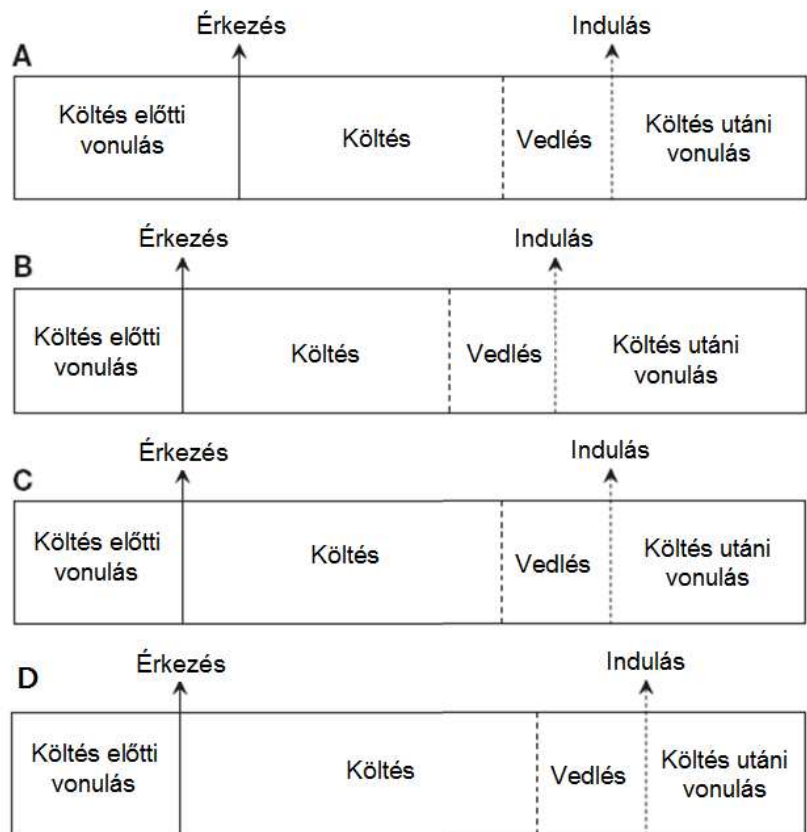
Az érkezési és távozási időt, valamint ennek észlelését számos tényező befolyásolhatja (Gordo 2007) (3. ábra):



Az egyik legfontosabb talán az az antropogén hatás, amely számos esetben a variancia nagy részét magyarázza, vagyis az észlelés valószínűsége, hiszen az érkezési dátumot általában az első 1-5 madár észlelése alapján állapítják meg. Ez, érthető okokból, függ a vizsgált populáció méretétől. Ugyanakkor a populáció méretet jelentősen befolyásolják a különböző ökológiai tényezők, mint például a táplálékellátottság/hozzáférhetőség, amelyre nagyrészt az időjárás gyakorol hatást. További befolyásoló tényező a vándorlás maga, vagyis annak elemei, így a haladási sebesség, a pihenők gyakorisága és időtartama, valamint az indulás dátuma. E három szoros összefüggésben áll a madarak kondíciójával, így többek között a tollak minőségével, amelyeket ismételten a források elérhetősége, és ezen keresztül az időjárás szabályoz. Ugyanakkor az időjárási viszonyok közvetlenül is kihatnak a haladási sebességre és a pihenők időtartamára, hiszen egy vihar jelentősen csökkentheti az előbbi, és elnyújthatja az utóbbit. (ábra) Ezek alapján tehát megállapítható, hogy a klíma változása több szinten is jelentősen kihat a madarak vándorlására (Gordo 2007), jelentős szelekciós nyomást gyakorolva a populációkra.

Az említett szelekciós nyomásnak így módon számos, különböző hatása lehet a vonulás fenológiájára, valamint a madarak éves ciklusára. Nagyon leegyszerűsítve egy vonuló madár életének főbb mozzanatai a kirepülést követő első őszi vándorlás a telelő területre - ahol az indulás időpontja, mint fent említettük összefüggésben van a madár állapotával - , majd a telelést követően a visszatérés a költőterületre. Ezt követi a költés, majd a vedlés, és végül ismételten a távozás (4.ábra, A)

Ebben a rendszerben a legkötetőbb periódusok a költési valamint a vedlési időszak. Előbbi rövidíthető ugyan, egyrészt a fészekaljméret csökkentésével, így kevesebb idő telik el az első tojás elhelyezése valamint a költés megkezdése között, vagy az inkubációs periódus rövidülésével, mint utóbbit Visser és mtsai (1998) kimutatták széncinegék esetében. Ugyanakkor ismert, hogy az immunrendszer fejlettsége szoros összefüggésben áll az inkubációs idővel, így a csökkent inkubációs idő fogékonyabbá teheti a madarakat a különböző fertőzésekre. A költési idő elnyújtása pedig növeli a fészekpredáció esélyét, így ez a jelleg mindkét oldalról erős szelekciós nyomás alatt van. Ugyanez érvényes a vedlésre is, mivel a gyorsított vedlés gyengébb minőségű tollakat eredményez (Vágási 2010), ami növeli a predáció esélyét, illetve, mint azt fent említettük megnyújtja a vonulás időtartamát is. Az elhúzódó vedlési periódus, a vedléssel járó csökkent repülési képesség miatt ugyancsak növeli a predációs nyomást.



4. ábra: egy vándormadár éves ciklusa, és a klímaváltozásra adott lehetséges válaszok (Gordo 2007)

Mint látható, ezek alapján a változtatható és változást igénylő pontok az érékezés és a távozás dátumai. Előbbi a tavasz korábbi beköszönte miatt előnyös a madárnak, mivel a költőterületen való hosszabb tartózkodás esélyt jelent egy további fészekalj beiktatására, növelve ezzel a szaporodási sikert, ugyanakkor a legtöbb faj esetében szükséges is, a táplálékrovar előretolódó megjelenési csúcsa miatt (Visser, 2005), erős szelekciós nyomást gyakorolva az egyedekre (4.ábra, B, C, D). Bár számos fajnál a vonulás időzítése genetikailag meghatározott, az igen nagy egyéni variancia (Møller, 2001), valamint a kisénkezesek esetében a viszonylag rövid élettídhé lehetővé teszi a gyors evolúciós adaptációt.

Az utóbbi dátum, ha az érkezési idő előrehozódik, három lehetőséget vet fel. Az egyik alapján, nagy predációs nyomás esetén a korábbi érkezéssel előbbre csúszhat a költés valamint a vedlés, és így a madár előbb távozhat a költőterületről, csökkentve a predációt (4.ábra, B). Egy másik változat, amikor a távozás időpontja nem változik, az előrehozott érkezés miatt kinyúlhat a költési periódus, és a madár két fészekaljat is röptethet, növelve a szaporodási sikerét (4.ábra, C). A harmadik változat a távozási idő későbbre tolódása, amely a fent említett gondolatmenet alapján ismételten növelheti a madár fitnesszét (4. ábra, D). Ezen utóbbi trendek észlelése körülményesebb, a költőterületen telelő populációk megjelenése miatt.

Ugyanakkor a hosszútávú vonulók esetében a vonulás időzítése belső szabályozás alatt áll (Gwinner 1996; Berthold 1996), és az ezt befolyásoló ingerek nem valószínű, hogy kapcsolatba hozhatóak a költőterület időjárásával. Ezen madarak esetén az érkezési idő az által is előbbre hozódhat, hogy a költőterülethez közelebb telelnek, ez által megváltoznak a fotoperiodikus ingerek is (Coppack és mtsai, 2003).

Anyagok és módszerek

Az adatgyűjtést Kohl István, ornitológus végezte 1942-től 1998-ig Szászrégen környékén. Ezen periódusban rendszeresen ellátogatott a környező területekre, naplóiban feljegyezve a dátumot, a helyszínt, valamint a látott/hallott madárfajok tudományos neveit. A kilenc naplót felölelő adatsor alapján állapítottuk meg 63 madárfaj érkezési idejét, az első észlelési dátumot figyelembe véve. Ezen dátumokat számszerűsítettük, meghatározva, hogy az illető év hányadik napján történt a megfigyelés.

Az adatok elemzéséhez az R statisztikai programot használtuk. Az érkezési időt az évekkel korreláltattuk, megfigyelve, hogy van-e eltérés az évek között, megállapítva a trendeket. Az eredmények tárgyalásából kizártuk azon fajokat, ahol a mintaszám 20 alatt volt, mivel a kisebb minták nem reprezentatívak, és így félrevezetőek lehetnek. Végül 40 madárfajtól maradt értelmezhető adatunk.

Eredmények

Más vizsgálatokhoz hasonlóan mi is megállapíthattuk, hogy az egyes madárfajok eltérő trendeket mutatnak az érkezési időt illetően (1.táblázat):

1. táblázat: az érkezési időpontok tendenciái az évek függvényében

A fajok többségénél, 31 esetben, az érkezési idő nem változott szignifikánsan a vizsgált periódusban. Amint az a táblázatból kitűnik, mind hosszútávú, mind rövidtávú vonulók estében találunk példát alkalmazkodásra (5. ábra).

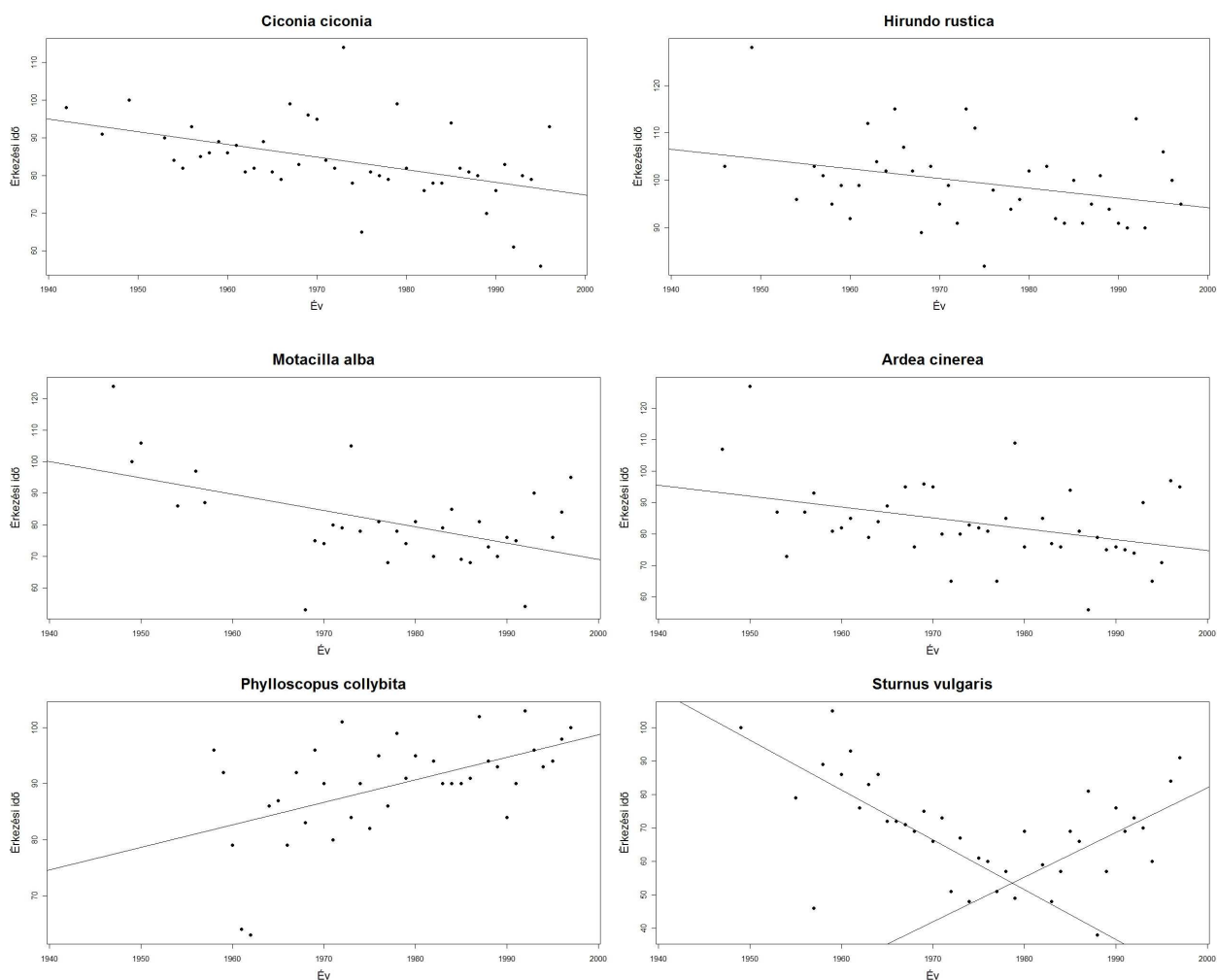
Egyes hosszútávú vonulóknál, mint a fehér gólya (*Ciconia ciconia*) és a füstös fecske (*Hirundo rustica*) szignifikáns csökkenés figyelhető meg az érkezési dátumot illetően. Ezen fajoknál érdemes kiemelni a jó észlelhetőséget, ami lehetővé teszi az érkezési dátumok pontosabb behatárolását, jelentősen csökkentve annak szórását, a többi fajhoz képest.

Ugyancsak csökkenő tendencia figyelhető meg a rövidtávú vonuló barázdabillegtőnél (*Motacilla alba*), szürke gémnél (*Ardea cinerea*), kis lilénél (*Charadrius dubius*) illetve kis posztánál (*Sylvia Curruca*).

	r	df	p
<i>Acrocephalus arundinaceus</i>	0.107	25	0.59
<i>Acrocephalus palustris</i>	0.283	22	0.17
<i>Actitis hypoleucos</i>	0.187	25	0.34
<i>Alauda arvensis</i>	0.188	41	0.22
<i>Anas querquedula</i>	0.274	37	0.091
<i>Anthus trivialis</i>	0.018	32	0.91
<i>Ardea cinerea</i>	-0.375	40	0.014
<i>Charadrius dubius</i>	-0.434	29	0.014
<i>Chlidonias niger</i>	-0.329	25	0.093
<i>Ciconia ciconia</i>	-0.472	44	<0.001
<i>Columba palumbus</i>	0.26	23	0.19
<i>Cuculus canorus</i>	0.157	39	0.32
<i>Delichon urbica</i>	0.085	27	0.65
<i>Erithacus rubecula</i>	-0.097	36	0.56
<i>Falco tinnunculus</i>	-0.248	37	0.12
<i>Gallinago gallinago</i>	0.163	22	0.44
<i>Gallinula chloropus</i>	-0.255	22	0.22
<i>Hirundo rustica</i>	-0.322	40	0.037
<i>Jynx torquilla</i>	0.034	24	0.86
<i>Lanius collurio</i>	0.095	34	0.57
<i>Luscinia luscinia</i>	-0.148	41	0.34
<i>Merops apiaster</i>	0.102	21	0.64
<i>Motacilla alba</i>	-0.521	31	0.001
<i>Motacilla cinerea</i>	-0.224	16	0.37
<i>Oenanthe oenanthe</i>	0.102	24	0.61
<i>Oriolus oriolus</i>	0.162	36	0.329
<i>Phoenicurus ochruros</i>	-0.139	35	0.4
<i>Phylloscopus collybita</i>	0.534	36	<0.001
<i>Phylloscopus sibilatrix</i>	0.342	23	0.093
<i>Riparia riparia</i>	-0.297	25	0.13
<i>Saxicola rubetra</i>	-0.268	36	0.1
<i>Saxicola torquata</i>	0.13	22	0.54
<i>Sturnus vulgaris</i>	-0.349	39	0.025
<i>Streptopelia turtur</i>	0.04	22	0.85
<i>Sylvia atricapilla</i>	0.106	31	0.55
<i>Sylvia communis</i>	-0.142	30	0.43
<i>Sylvia curruca</i>	-0.473	37	0.002
<i>Turdus philomelos</i>	0.221	35	0.18
<i>Upupa epops</i>	-0.113	35	0.5
<i>Vanellus vanellus</i>	-0.335	43	0.024

Az egyetlen, 20-as mintaszám fölötti, későbbben megérkező faj a csilpcsalpfüzike (*Phylloscopus collybita*). Hozzá hasonló tendenciákat mutat az erdei pacsirta (*Lullula arborea*) ($r=0.47$, $df=17$, $p=0.04$), valamint az erdei szalonka (*Scolopax rusticola*) ($r=0.845$, $df=11$, $p<0.001$) de esetükben a kis mintaszám megkérdőjelezi az adatok pontosságát és így figyelembevehetőségét.

A számunkra legmeglepőbb tendenciát a seregély (*Sturnus vulgaris*) mutatta, esetében ugyanis az érkezési idő 1980-ig erős, szignifikáns csökkenést ($r=-0.722$, $df=23$, $p<0.000$), míg 1980 után ugyancsak szignifikáns növekedést mutat ($r=0.503$, $df=14$, $p=0.047$).



5. ábra: A fehér gólya (*Ciconia ciconia*), a füsti fecske (*Hirundo rustica*), a barázdabillegető (*Motacilla alba*), a szűkre gém (*Ardea cinerea*), a csilpcsalpfüzike (*Phylloscopus collybita*) valamint a seregély (*Sturnus vulgaris*) érkezési tendenciái 1942 és 1998 között.

Tárgyalás

Az egyes fajok különböző reakciója jól mutatja a vizsgált csoportok eltérő felxibilitását. Mit az eredményeinkből is kitűnik, a rövidtávú vonulók érkezési idejei drasztikusabban csökkentek, ami arra vezethető vissza, hogy ezen fajok kisebb távolságot kell megtegyenek, ily módon a vonulásuk fenológiája is rugalmasabb, nagyobb a populációs szórás, amely lehetővé teszi a gyorsabb evolúciós változásokat. Más vizsgálatok szintén rámutattak, hogy a hosszútávú vonulók lassabban reagáltak a változó körülményekre, mint a rövidtávú vonulók (Jenkins & Watson 2000, Penuelas és mtsai. 2002), bár Jonzén és mtsai (2006) Skandináviában ellenkező eredményre jutottak. Ez egyrészt magyarázható azzal, hogy a telelőterületen a jelzések nem tükrözik megfelelően a költőterületi körülményeket, így ezek a fajok nem tudják előbbrehozni az érkezésüket, és így a költést sem tudják összehangolni a táplálékrovar abundanciájával. Másrészt az indulást szabályozó jelzések nem függnak a hőmérséklettől, vagy a szabályozást belső folyamatok végzik (Gwinner 1996). Ugyanezzel magyarázható más fajoknál a reakció elmaradása, melyek állománya drasztikusan csökkent az elmúlt évtizedekben azon területeken, ahol csúszás van a költés és a táplálék megjelenése között (Møller, 2008; Both 2006).

Mint fentebb említettük, a telelőterületen élő gerinctelenek, rövid generációs idejük miatt sokkal gyorsabban alkalmazkodtak a megváltozott körülményekhez, így a lárvák, a növényzet korábbi kizöldülése miatt előbb jelennek meg, elcsúszva a madarak érkezéséhez és költéséhez képest (Visser és mtsai 2006). A táplálék hiánya ily módon nagyon erős szelekciós nyomást gyakorol a vándormadarakra, és az áttelelőekre egyaránt, számos populációt veszélybe sodorva.

Az emelkedő hőmérsékletek és a változó klíma egy másik hatása a parazitanyomás megnövekedése. Garamszegi (2011) például a klímaváltozásnak tulajdonítja a madarak *Plasmodium* fertőzöttségének megnövekedését az elmúlt években, míg mások szerint a klímaváltozás számos parazitának lehetővé teszi a gazdaváltást, járványokat okozva (Brooks 2005, Agosta 2010).

A számos oldalról ható szelekciós nyomás jelentősen lecsökkenti a madarak állományait, különösen a nehezebben adaptálódókét. Így a klímaváltozáshoz láthatólag alkalmazkodni képtelen, vagy csak nehezen alkalmazkodó fajok kiszűrése és a védelmüket célzó intézkedések fogantatosítása elengedhetetlen lesz a biodiverzitás megőrzésében.

Irodalomjegyzék

- Agosta, S.J., Janz, N. & Brooks, D.R. (2010). How specialists can be generalists: resolving the “parasite paradox” and implications for emerging infectious disease, *Zoologia* 27: 151–162.
- Anon. (2001) Climate change 2001. Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC (WG I & II). Cambridge University Press
- Berthold, P. (1996). Control of Bird Migration. Chapman & Hall, London
- Both, C., Bouwhuis, S., Lessells, C.M., Visser, M.E. (2006). Climate change and population declines in a long-distance migratory bird. *Nature* 471: 81-83.
- Bradley, N.L., Leopold, A.C., Ross, J. & Huffaker, W. (1999). Phenological changes reflect climate changes in Wisconsin. *Proceeding of the National Academy of Sciences of the USA* 96: 9701–9704
- Brooks, D.R. & Ferrao, A.L. (2005). The historical biogeography of co-evolution: emerging infectious diseases are evolutionary accidents waiting to happen. *Journal of Biogeography* 32: 1291–1299.
- Coppack, T., Pulido, F., Czirisch, M., Auer, D.P. & Berthold, P. (2003). Photoperiodic response may facilitate adaptation to climatic change in long-distance migratory birds. *Proceeding of the Royal Society of London B* 270: 43-46.
- Crick, H.Q.P. (2004). The impact of climate change on birds. *Ibis* 146: 48–56.
- Easterling, D.R., Horton, B., Jones, P.D., Peterson, T.C., Karl, T.R., Parker, D.E., Salinger, M.J., Razuvayev, V., Plummer, N., Jamason, P. & Folland, C.K. (1997). Maximum and minimum temperature trends for the globe. *Science* 277: 364–367.
- Forchhammer, M.C., Post, E. & Stenseth, N.C. (1998). Breeding phenology and climate. *Nature* 391: 29–30.
- Garamszegi, L.Z. (2011). Climate change increases the risk of malaria in birds. *Global Change Biology* 17: 1751–1759.
- Gordo, O. (2007). Why are bird migration dates shifting. *Climate Research* 35: 37-58.
- Gwinner, E. (1996). Circadian and circannual programmes in avian migration. *Journal of Experimental Biology* 199: 39-48.
- Gwinner, E. (1996). Circannual clocks in avian reproduction and Migration. *Ibis* 138: 47–63.
- Hüppop, O. & Hüppop, K. (2003). North Atlantic Oscillation and timing of spring migration in birds. *Proceeding of the Royal Society of London B* 270: 233–240.

- IPCC (2001). *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Houghton, J.T., Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, and C.A. Johnson (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 881 pp.
- Jankowski, J.E., Robinson, S.R., Levey, D.J. (2010). Squeezed at the top: Interspecific aggression may constrain elevational ranges in tropical birds. *Ecology* 91: 1877–1884.
- Jenkins, D. & Watson, A. (2000). Dates of first arrival and song of birds during 1974–99 in mid-Deeside, Scotland. *Bird Study* 47: 249–251.
- Jonzén, N., Lindén, A., Ergon, T., Knudsen, E., Vik, J.O., Diego Rubolini, D., Dario Piacentini, D., Christian Brinch, C., Fernando 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, 1959-1961.
- Korodi A. (2008). GASC - Ghid privind adaptarea la efectele schimbărilor climatice, Ministrul mediului și dezvoltării durabile. București.
- Mason, C.F. (1995). Long-term trends in the arrival dates of spring Migrants, *Bird Study* 42: 182–189.
- McCarty, J.P. (2001). Ecological consequences of recent climate change. *Conservation Biology* 15: 320-331.
- Møller, A.P., Rubolini, D. & Lehikoinen, E. (2008). Populations of migratory bird species that did not show a phenological response to climate change are declining. *Proceeding of the National Academy of Sciences of the USA* 105: 16195-16200.
- Penuelas, J., Filella, I. & Comas, P. (2002). Changed plant and animal life cycles from 1952 to 2000 in the Mediterranean region. *Global Change Biology* 8: 531–544.
- Pulido, F. (2001). Heritability of the timing of autumn migration in a natural bird population. *Proceeding of the Royal Society of London B* 268: 953-959.
- Sekercioglu, C.H., Schneider, S.H., Fay, J.P., Loarie, S.R. (2007). Climate Change, Elevational Range Shifts, and Bird Extinctions. *Conservation Biology* 22: 140–150.
- Sparks, T.H. (1999). Phenology and the changing pattern of bird migration in Britain. *International Journal of Biometeorology* 42: 134–138.
- Vágási, C.I., Pap, P.L., Barta, Z. (2010). Haste Makes Waste: Accelerated Molt Adversely Affects the Expression of Melanin-Based and Depigmented Plumage Ornaments in House Sparrows. *PLoS ONE* 5(12): e14215

- Visser, M.E., Holleman, L.J.M., Gienapp, P. (2006). Shifts in caterpillar biomass phenology due to climate change and its impact on the breeding biology of an insectivorous bird. *Oecologia* 147: 164–172.
- Visser, M.E., Noordwijk, A.J., Tinbergen, J.M., Lessells, C.M. (1998). Warmer springs lead to mistimed reproduction in great tits (*Parus major*). *Proceeding of the Royal Society of London B* 265: 1867-1870.

Köszönetnyilvánítás

Ez úton is köszönöm az Erdélyi Múzeum Egyesület könyvtárosainak az adatgyűjtésben nyújtott segítségét, valamint mindenkinek, aki ötletekkel és kritikákkal, illetve közös éjszakázással segítette a dolgozat létrejöttét.