

PÓLYA VIKTOR

A klímaváltozás hatása a Kárpát-medence madárfaunájára

Konzulens: Dr. Csörgő Tibor

Absztrakt

Az elmúlt évtizedben folytatott vizsgálatok eredményeképpen megállapítható, a klímaváltozás tény, és a legtöbb élőlény életciklusát befolyásolja. A változó klíma komplex hatást gyakorol az egész élővilágra. A Kárpát-medence speciális helyzetéből és gazdag madárvilágából kifolyólag kiváló terep annak tanulmányozására, milyen hatással van a klímaváltozás a madarakra. Annak ellenére, hogy a vonuló madarak nem egyenlő időt töltenek el életciklusuk alatt a különböző területeken, a folyamatban rejlő változások jól detektálhatók. Különbséget kell tennünk a madarak vonulási stratégiáját illetően, hiszen más módon hat a klíma megváltozása a rövid-, illetve a hosszútávú vonuló madarakra. Ezenfelül a változások értékelésénél számos egyéb tényezőt is figyelembe kell vennünk (pl. életkori és nemi különbségeket) ahhoz, hogy valós következtetéseket vonhassunk le a hosszútávú adatsorok elemzésekor. A Kárpát-medencében tapasztalt változások javarészt összecsengenek az Európa egyéb területein észleltekkel, de mutatnak sajátos vonásokat is. A várható hőmérsékletemelkedés és csapadékmennyiség-csökkenés a régióban bizonyos fajok terjedését, mások akár teljes eltűnését okozhatja. A természetvédelem fontos ügy, hiszen az éghajlat megváltozása mellett számos egyéb élőhely-romboló és biodiverzitás-csökkentő tevékenységet folytatunk, ami megakadályozza a természetes alkalmazkodást. Különös tekintettel kell lennünk a hosszútávú vonuló és a speciális élőhelyekhez kötődő madarakra, hiszen a gyorsütemű változások rájuk vannak a legnegatívabb hatással.

Kulcsszavak: fenotípusos plaszticitás, hosszútávú vonulók, klímaváltozás, populációdinamikai változások, rövidtávú vonulók, természetvédelem

Bevezetés

Korunk embere számos kihívás előtt áll. A klímaváltozás csak egy a sok fenyegető probléma közül, amelyre sürgősen megoldást kell találnunk. Már mindennapi életünkben is észlelhető a klíma gyorsütemű változása. Felelőtlen magatartásunk, környezetünk pusztítása és annak következményei ma már szemmel láthatóak. A természetben zajló kiegyenlítő mechanizmusok beindultak ugyan, és az élővilág is folyamatosan reagál, de gyökeres változtatások nélkül a problémák csak tovább mélyülnek.

A természetes élőhelyek degradációja, a vizek, a levegő és a talaj beszennyezése mind-mind olyan problémákat szülnek, amelyekre az egyes fajok elterjedési területük visszaszorulásával és populációjuk létszámának visszaesésével válaszolnak. A biodiverzitás csökkenése, a faji sokféleség eltűnése óriási problémák előidézője. A fajgazdag ökoszisztéma létünk alapja, nélküle semmilyen jól szervezett társadalom nem maradhat fenn. A madáchi falanszter szín így nem csupán tragédia, de képtelenség is, ti. nem jutunk el odáig. A természeti környezettel való harmonikus együttélésünk a jövőnk záloga.

Az emberi felelősségvállalás abban áll, hogy a magunk köré épített (fizikai és virtuális) környezet eltávolító mechanizmusait felismerjük, és még időben változtatunk rajtuk. Szükségünk van személyes tapasztalatokra (kirándulásokra, természetvédelmi programokon való részvételre, békamentésre stb.), hiszen ahogyan S. J. Gould rámutat, *„Akkor nyerhetjük meg a fajok és környezetünk megmentéséért vívott csatát, ha érzelmi köteléket alakítunk ki a természettel is, hiszen az ember nem harcol olyan dolgok megmentéséért, amelyeket nem szeret.”*¹ A célt tehát a rousseau-i *„Vissza a természetbe!”* helyett a *„Vissza a tapasztalathoz!”* felkiáltás jobban leírja.

Jelen dolgozatomban a klímaváltozás madarakra (*Aves*) gyakorolt hatásait vizsgálom, különös tekintettel a Kárpát-medencére. Lévén, hogy a madarak életciklusának minden szakaszát jelen-

¹ ORR, DAVID W.: A szeretet. *Liget*, 2001. 14. évf. 5. sz. 66-69. o.

tősen befolyásolja a mindenkori klíma, illetve, hogy nagyfokú alkalmazkodóképesség jellemzi őket, kiváló indikátorai a környezet, ezen belül a klíma megváltozásának. A Kárpát-medence madárvilága különösen alkalmas a fent említett hatások vizsgálatára. Ennek oka az itt tapasztalt sokszínűség, ami a terület biogeográfiai egységéből és speciális helyzetéből fakad.

Az elmúlt évtizedek kutatásai alapján a klímaváltozást a legtöbb tudományos fórumon tényként kezelik. A hőmérséklet tendenciaszerű emelkedése, a csapadékmennyiségek eloszlásában tapasztalt változások, illetve a szélsőségek megjelenése minden ember számára tapasztalható valóság. Sorra dőlnek meg a különféle éghajlati rekordok. A legnagyobb probléma a változás sebességében, intenzitásában valamint az antropogén környezetpusztítás egymást erősítő hatásaiban rejlik.

A madaraknál megfigyelhető, hogy életciklusuknak szinte minden szakaszára hatással van a klímaváltozás. Az elmúlt évtizedekben folyó vizsgálatok részletesen kimutatták a változások irányát és mértékét. Megváltozott a madárfajok földrajzi eloszlása, módosultak elterjedésük határai, új telelő- és pihenőhelyek keletkeztek. Változás volt észlelhető a vonulás időzítésében és fenológiájában, a vedlés és költés elkezdésének időpontjában. Módosultak a biometriai és demográfiai jellemzők, valamint a természetes és szexuális szelekciós nyomás is erősödött egyes területeken.

A természetvédelem jelentősége vitathatatlan, hiszen nagy a tét: vajon képesek leszünk-e gyermekeinket felvértezni azzal az ökológiai intelligenciával, ami szükséges a körülöttünk zajló folyamatok megértéséhez? Vajon képesek leszünk-e belátni, hogy az élővilág sokszínűségének megóvása nem pusztán egy kedves és hasznos cselekedet, hanem életben maradásunk alapfeltétele?

A KLÍMAVÁLTOZÁSRÓL

Földünk rendszerei folyamatos változásban vannak. Így a klíma, amely a Föld egyik leglátványosabb globális rendszere, szintén állandó, periodikus változással jellemezhető. Ezt a rendszert a különböző tér- és időskálán zajló fizikai folyamatok összessége alakítja. A rendszer elemei a légkörön túl az óceán, a talajfelszín, a krioszféra (tengeri és szárazföldi jég és hó összessége) és a bioszféra. Ezek együttesen alakítják a mindenkori éghajlatot.

A légköri folyamatok után az óceánok szerepe a legjelentősebb. Az óceánok aránya a szárazföldekhez képest jóval nagyobb (70,8 %), a különböző óceáni áramlatok jelentős befolyással bírnak az egész földfelszín éghajlatára. E jelentős hideg- és meleg óceáni áramlatokról ma már tudható, hogy nem csupán a különféle szélrendszerek irányítják, hanem sokkal inkább a vízben oldott sótartalom mennyiségi különbségéből és a hőmérsékleti értékek eltéréseiből adódó sűrűségkülönbségek okozzák. Ezt nevezzük termohalin cirkulációnak.²

A klíma állandó változása a többmilliárd éves skálán vizsgálva számos természetes okra vezethető vissza. Ezeket a lemeztektonika (vagyis a kontinensvándorlás), a Föld Nap körüli pályájának csillagászati ciklusai, a napsugárzás erősségének, a légkör összetételének és a termohalin cirkuláció változásai, valamint a vulkanikus tevékenységek határozták meg. A változások csak igen kis léptékben vizsgálva lehettek egyirányú éghajlatváltozások. Sokkal inkább értelmezhetők éghajlat-ingadozásokként. Emberi léptékben vizsgálva, ezek – a különböző természeti katasztrófákat leszámítva – általában lassan, hosszán elnyúlóan érvényesültek, amelyhez gyakran évezredek, évmilliók kellettek. Így a bolygó természetes élővilága fokozatosan lépést tudott tartani a változásokkal. Jelen korunk, a holocén – amely 11.550 évvel ezelőtt kezdődött – az elmúlt néhány millió évhez viszonyítva, jóval stabilabb és kiegyenlítettebb éghajlata van. A pleisztocén kori eljegesedéseket követően ma egy ún. interglaciálisban, azaz két jégkorszak közötti felmelegedési fázisban vagyunk.³

Számos kutatócsoport és tanulmány⁴ foglalkozott a közelmúltban azzal a mára már tényné vált feltételezéssel, hogy a természetes folyamatok mellett az emberi tevékenység is jelentős befolyással bír a Föld éghajlatának módosításában. Ebből kifolyólag egyes kutatók, már nem is holocénról, hanem antropocénról beszélnek. Úgy tűnik, az éghajlati rendszer elemei viszonylag rövid idő alatt (évtizedes, évszázados időskálán) is jelentős vál-

² HARNOS, ZS., GAÁL, M., HUFNAGEL, L.: *Klímaváltozásról mindenkinek*. Budapesti Corvinus Egyetem, Kertészettudományi Kar, Matematika és Informatika Tanszék, Budapest, 2008, 7-88. o.

³ PÉCZELY, GY.: *Éghajlatlan*. Budapest, 2002, Nemzeti Tankönyvkiadó, 258-284. o.

⁴ HARNOS, ZS., GAÁL, M., HUFNAGEL, L.: *Klímaváltozásról mindenkinek*. Budapesti Corvinus Egyetem, Kertészettudományi Kar, Matematika és Informatika Tanszék, Budapest, 2008, 7-88. o.

tozáson mehetnek keresztül, amelynek mind természetvédelmi, mind egészségügyi, mind pedig gazdasági vonatkozásai vannak. E folyamatok potenciálisan hatással lehetnek a globális és a regionális klímára, az időjárásra, a levegőminőségre, valamint a növény- és állatfajok földrajzi elterjedésére, illetve kipusztulására. Természetesen a gyors változások csak a több természetes és antropogén tényező komplex kölcsönhatásaként jöhetnek létre. Azonban az ma már világosan látszik, hogy az ember az üvegházhatású gázok és szennyezőanyagok légköri emissziója, illetve a földfelszín nagymértékű megváltoztatása (erdőirtás, felszíni vizek átalakítása, urbanizáció) révén a környezeti változások egyik főszereplőjévé vált.⁵

Klímakutatásról a műszeres megfigyelések kezdete óta, mintegy 200-250 éve lehet beszélni. A meteorológiai megfigyelések azonban csak az elmúlt 100 évre visszamenőleg szolgálnak olyan jellegű eredményekkel, amelyek segítségével az egész Földre vonatkozó klimatikus változások jellemezhetők.⁶ A klímakutatásban jelenleg számos módszert alkalmaznak, hogy a múltbéli tendenciákat értelmezzék, illetve hogy a hőmérsékleti és légköri jellemzők összefüggéseit kutassák. Vizsgálják a különböző földrajzi területekről származó eltérő korú fák évgyűrűit, a korallok épülésének alakulását (mintázatának és növekedési sebességének változását), a növények pollenjeit, a jégtakaróban található zárványokat és a mélytengeri meszes üledékekben lévő oxigénizotópok arányát. Ezekből mind-mind hasznos információkat tudnak kigyűjteni.⁷ Az IPCC 2007-es jelentésének különböző módszerrel számolt scenáriói szerint az átlaghőmérsékleti változás 1,4 és 5,8 °C között várható a század végére. Nem csupán az átlaghőmérséklet emelkedése a gond, hanem annak következményei is. A szélrendszerek és óceáni áramlások megváltozása, a csapadék mennyiségének, eloszlásának valamint jellegének átalakulása egyaránt probléma.

A vészjósló előrejelzések napjainkra tapasztalattá váltak. Hőmérsékleti és csapadékeloszlási szélsőségek jellemzők. Ezek a

⁵ HURRELL, J. W., TRENBERTH, K. E.: *Climate change*. In: Møller, A. P., Fiedler, W., Berthold, P.: *Effects of climate change on birds*. Oxford, 2010, Oxford University Press, 9-29. o.

⁶ PÉCZELY, GY.: Éghajlatlan

⁷ HARNOS, ZS., GAÁL, M., HUFNAGEL, L.: *Klímaváltozásról...*

hideg- és melegrekordok megdöntésében, illetve árvizek és aszályok – gyakran ugyanazon a földrajzi helyen történő – pusztításában egyaránt megmutatkoznak. Megfigyelések szerint, 1861. óta a globális átlaghőmérsékletet tekintve a három legmelegebb év rendre a következőképpen alakult: 2003-ban $+0,473$ °C-al volt melegebb az 1961-1990 közti átlagnál, 2002-ben ez $+0,474$ °C-ot ért el, így ez a második a sorban. A rekord 1998-ban volt a $+0,579$ °C többlethőmennyiséggel.⁸ Ez azt bizonyítja, hogy az utóbbi év(tized)ekben történő felmelegedés valamiféle tendencia eredménye, semmiképp sem véletlen egybeesés. A melegrekordokhoz kapcsolódóan az erdőtüzek megjelenése is jóval gyakoribb, amelyeknek szintén számottevő pusztító hatásuk van. Klímakutatók szerint az ilyen jellegű szélsőségek a jelentősebb éghajlatváltozások kezdetén és végén jellemzőek. Az éghajlat-ingadozások kapcsán rendkívül fontosak az ún. visszacsatolási mechanizmusok, amik az adott fizikai rendszerben lejátszódó önszabályozást mutatják be. A klímarendszeren belül ismert pozitív vagy más néven labilizáló visszacsatolás, amely a rendszert erő külső gerjesztő hatásokat erősítik fel és fokozzák a megkezdett változást. A másik típus a negatív vagy stabilizáló visszacsatolási mechanizmus, ami a megkezdődött folyamatokra negatív módon, lassító folyamatként hat.⁹ Ezekre legjobb példa a jégfelszín, az albedó (fényvisszaverő tulajdonság), a felhőzet és a napsugárzás kapcsolatai.¹⁰ A kutatók többnyire abban már egyetértenek, hogy a 2 °C átlaghőmérsékleti változás már katasztrófális lehet, mert különféle öngerjesztő folyamatok indulnak el. Természetesen nem mindenütt számolnak felmelegedéssel, hiszen számos helyen lehűlés fog bekövetkezni. Ezért érdemesebb a globális felmelegedés kifejezés helyett a globális éghajlatváltozást használni.

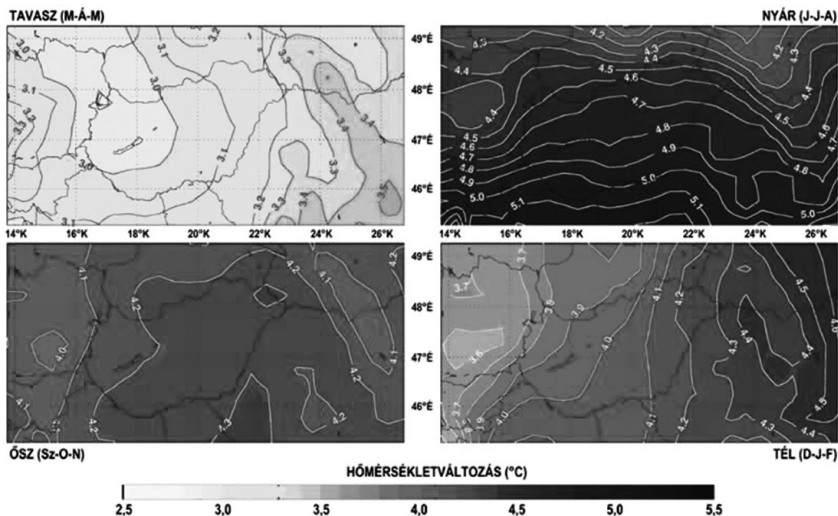
Jégfuratokból vett levegőmintákból tudjuk, hogy az ipari forradalom előtt a CO₂ légköri koncentrációja nem haladta meg a 300 ppm-et, azonban ez a koncentráció 2006-ban már elérte a 381 ppm

⁸ MENZEL, A., DOSE, V.: Analysis of long-term time series of the beginning of flowering by Bayesian function estimation. *Meteorologische Zeitschrift*, 2005, 14. 3. 429-434. o.

⁹ PÉCZELY, GY.: Éghajlatlan & IPCC (INTERGOVERNMENTAL PANEL OF CLIMATE CHANGE): Synthesis report. *An Assessment of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 2007

¹⁰ CURRY, J. A., SCHRAMM, J. L., EBERT, E. E.: Sea ice-albedo climate feedback mechanism. *Journal of Climate*, 1994, 8. 240-247. o.

értéket. Ez az utóbbi 650 ezer év legmagasabb koncentrációja. A vizsgálatok során az is kiderült, hogy a CH_4 mennyisége a légkörben megduplázódott, a N_2O pedig 20 %-kal nőtt az ipari forradalom óta. A jégfuratok elemzésével sikerült megállapítani azt a tényt, hogy a jégkorszakok közötti felmelegedési periódusokban (interglaciálisokban) ugyanannyi volt a CH_4 koncentráció, mint az ipari forradalom előtti évszázadokban. Ez jelentős bizonyíték arra, hogy az emberi tevékenység áll a megnövekedett koncentráció hátterében.¹¹



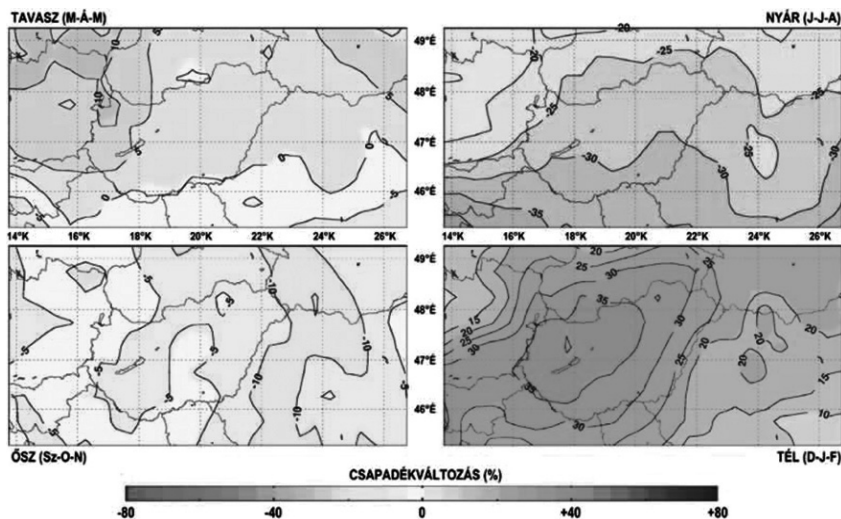
1. ábra. Évszakos hőmérsékletváltozás (°C) a Kárpát-medence térségére a 2071–2100 időszakra

(http://www.kormany.hu/download/9/67/10000/N%C3%89S_2008-2025.pdf)

A klímaváltozást illetően a legnagyobb probléma a változások sebességében rejlik. Az alig néhány évtizedes változások körülbelül ötvenszer, százszor gyorsabban történtek, mint a földtörténeti korok során. A jégsapkák és a gleccserek elolvadása nem csak azért probléma, mert hűtik a világtengereket, hanem mert ezek

¹¹ HANSEN, J., SATO, M., RUEDY, R., LAELS, A., OLNAS, V.: Global warming in the twenty-first century: An alternative scenario. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2000, 97. 9875-9880. o. & NÉS (NEMZETI ÉGHAJLATVÁLTOZÁSI STRATÉGIA) 2008. Országgyűlési határozat

édesvizek, ezért jelentősen csökkentik az óceánok só koncentrációját. A só koncentráció pedig döntően befolyásolja az óceáni áramlatok alakulását. Ilyen veszély fenyegeti az európai térséget is a Golf-áramlat mérséklődése illetve megszűnése kapcsán.



2. ábra. Évszakos csapadékváltozás (%) a Kárpát-medence térségére a 2071–2100 időszakra

(http://www.kormany.hu/download/9/67/10000/N%C3%89S_2008-2025.pdf)

A klíma globális átalakulásával párhuzamosan egyértelmű változások mutathatók ki a Kárpát-medence hőmérsékleti és csapadékviszonyaiban is. Az Európai Unió PRUDENCE nevű programjának kutatásai szerint egy globálisan 1 °C-os átlaghőmérséklet emelkedés hazánk területén akár 1,7 °C-os is lehet.¹²

A tendenciák értékeléseként megállapítható, hogy összességében a hőmérséklet emelkedésével, a csapadékmennyiség csökkenésével (30-35 %-os változás) és az eloszlás átrendeződésével valamint a szélsőségek erősödésével kell számolnunk a Kárpát-medence területén (1. és 2. ábra).

Hazánk területén minden évszakban egyértelmű melegedés várható. Ennek mértéke nyáron a legnagyobb (4–5 °C) és tavasz-

¹² NÉS (NEMZETI ÉGHAJLATVÁLTOZÁSI STRATÉGIA) 2008. Országgyűlési határozat

szal a legkisebb (3–3,5 °C). A hőmérséklet emelkedés tendenciája, hogy nyáron északról dél felé, télen és tavasszal pedig nyugatról kelet felé haladva növekszik. Az alkalmazott modellek szerint a legnagyobb szórás nyáron (0,9–1,1 °C) a legkisebb télen (0,3 °C) figyelhető meg, így a nyári előrejelzés bizonytalansága lényegesen nagyobb, mint a télié.¹³

A csapadék éves átrendeződése során a téli csapadékmennyiség növekvő, a nyári csökkenő tendenciát mutat. A növekvő téli esőzések miatt a késleltetés nélküli téli lefolyás növekedése várható, így nőhet az árvizek gyakorisága és nagysága. A nyári csapadékmennyiség csökkenése az emelkedett hőmérséklettel párosulva a hidrológiai aszály gyakoriságának növekedésével fenyeget. Ennek következtében csökkennek a mértékadó természetes vízkészletek, rosszabbodnak a vízkivételi lehetőségek, kedvezőtlenül alakulhatnak a hajózási viszonyok, romlik a vízfolyások öntisztuló képessége és jelentősen változik a vízfolyások élővilága.¹⁴

A KLÍMAVÁLTOZÁS HATÁSA A MADARAKRA

A klímaváltozás madarakra gyakorolt hatásáról viszonylag gazdag irodalom áll rendelkezésre, ami egyrészt az állatcsoport változatosságának és népszerűségének valamint az összetett adatbázisoknak köszönhető, amelyek gyakran hosszú távú vizsgálatok eredményeként születtek. Crick¹⁵ munkájában rámutat arra, hogy a változások a megfelelő élőhelyek ismételt, nagyléptékű mintavételével követhetők a legjobban.

A madarakat jelentősen befolyásolja az éghajlat változása, és a rájuk gyakorolt hatás legalább annyira komplex, mint a részleteiben még ma sem értett klímaváltozás. Ilyen változásokat már a múlt század elején is észleltek¹⁶, és az 1940-es években tetőző felmelegedési hullám egyik hatása volt, hogy bizonyos madárfajok fészkelőterülete észak felé tolódott. Ilyen volt a csicsörke (*Serinus serinus*) és a házi rozsdafarkú (*Phoenicurus ochruros*) északi irá-

¹³ UO.

¹⁴ HARNOS, ZS., GAÁL, M., HUFNAGEL, L.: *Klímaváltozásról...*

¹⁵ CRICK, H. Q. P.: The impact of climate change on birds. *Ibis*, 2004, 146. évf. 1. szám, 48-56. o.

¹⁶ PARMESAN, C.: Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 2006. 37. 637-669. o.

nyú terjedése. Hazánkban a legszembetűnőbb a balkáni gerle (*Streptopelia decaocto*) huszadik századi megjelenése és elterjedése, valamint a balkáni fakopáncs (*Dendrocopos syriacus*) és a halvány geze (*Hippolais pallida*) kárpát-medencei expanziója. A balkáni gerléknek még a Kárpátok vonulata sem jelentett akadályt és tovább terjedtek észak, északnyugat felé, ellentétben a balkáni fakopáncssal, amely csupán Csehországig, illetve Lengyelországig jutott. Ezen balkáni madárfaj terjeszkedésének következtében a fákkal ritkásabban benőtt területeken kiszorította hazai rokonfaját, a nagy fakopáncsot (*Dendrocopos major*). Megfigyelhető a két faj közti hibridizáció is (*Dendrocopos syriacus* X *Dendrocopos major*), hiszen elterjedésüknek határzónájánál alkalmanként előfordulnak kereszteződések. A halvány geze szintén a Balkán-félsziget felől érkezett, de terjedése több okból sem volt annyira látványos, mint az előbb tárgyalt két fajé. Egyrészt csak az 1950-es évektől érte el hazánkat (addig a Balkán-félszigeten belül terjedt a délebbi részekről az északi irányba), és ekkorra már egy lehülési hullám volt jellemző Európa szerte, ami visszafoghatta terjedését. Másrészt pedig jóval rejtettebb életmódot folytat (többnyire folyók mentén terjeszkedik, kerüli a településeket), és emellett kevésbé látványos, apróbb testű állat.¹⁷

Az elmúlt évtizedekben észlelt változások jelentősen befolyásolták a madarak életjelenségeit és különféle jellemzőit. Változott a madárfajok földrajzi eloszlása és elterjedésük határai, új telelő- és pihenőhelyek keletkeztek. Változás észlelhető a vonulás időzítésében és fenológiájában, a vedlés és költés elkezdésének időpontjában. Továbbá változás mutatható ki a biometriai jellemzők kapcsán, valamint a szelekciós nyomás is erősödött az egyes területeken.¹⁸ Ezek a változások természetesen populációdinamikai következményekkel járnak. A klímaváltozás következtében az egyedszám- és népességviszonyok térbeni és időbeni változásai egyaránt kimutathatók, ami jelentősen függ attól, mekkora a populáció mérete.

¹⁷ HADARICS, T.: Új madárfajok Magyarország faunájában a Magyar Madártani Egyesület 1974-es megalakulása óta. ELTE Állatrendszertani és Ökológiai Tk, Szakdolgozat, 2006. 11-43. o., 59-156. o.

¹⁸ CRICK, H. Q. P.: The impact of climate change... & CSÖRGŐ, T., HARNOS, A., KOVÁCS, SZ., NAGY, K.: A klímaváltozások hatásainak vizsgálata hosszútávú madárgyűrűzési adatsorok elemzésével. *Természeti és Környezeti Közlönyek*, 2009, 15. 1-12. o.

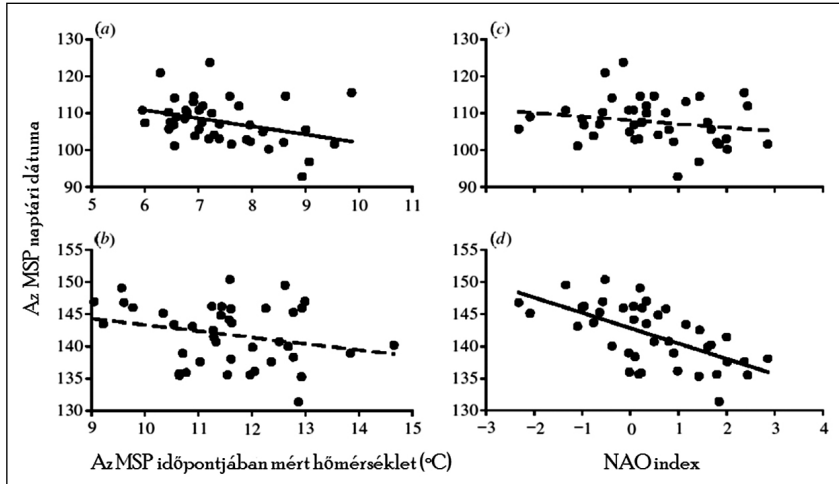
Számos kutatás foglalkozott már a klímaváltozás madarak vonulására gyakorolt hatásával. A madárvonulásnak a Föld ökológiai rendszerében betöltött szerepe igen jelentős, hiszen a több mint 9.000 madárfaj közel kétharmada vonul, és ez nagyságrendileg mintegy 50 milliárd példányt tesz ki. A vonulás mindenekelőtt a környezet megváltozásának hatására kialakuló evolúciós válasz. A madarak majd 150 éves evolúciója során több alkalommal is kialakulhatott ez a jelenség, így ennek mai egységes definiálása igen nehéz. Célja legfőképp a megfelelő táplálkozási és/vagy szaporodási terület megszerzése az év különböző szakaszaiban, hogy így lehetőség nyíljon a túlélésre és a szaporodásra.

A klíma megváltozása az eltérő stratégiájú fajokra eltérő módon és eltérő súllyal hat. Az erősebb genetikai kontroll alatt álló madárfajok kevésbé tudnak a klíma gyors változására reagálni, szemben azokkal a madarakkal, amelyek fakultatív vonulókként az időjárás változásaira rugalmasabban reagálnak.¹⁹

A tavaszi és az őszi vonulás mintázata, motivációja jelentősen különbözik. Tavaszi vonulás esetén ugyanis a szaporodásra optimalizálnak a madarak, hiszen minél korábban érkeznek, annál nagyobb valószínűséggel foglalják el a jobb territóriumokat, így sikeresebb lehet szaporodásuk is. Őszi vonuláskor azonban az egyedek a túlélésre optimalizálnak, azaz ha úgy adódik, a madarak tovább maradnak és zsírt halmoznak fel a sikeresebb vonulás érdekében. Számos kutató ért egyet abban, hogy a tendencia folytatódik, és egyre több fajra, egyre nagyobb mértékben lesz hatással a klímaváltozás minden előnyével és hátrányával együtt. Bizonyos szcenárió szerint 2080-ra már a madarak 75 %-ának fog előrébb tolódni tojásrakásuknak dátuma. Ez persze egy igen elnagyolt jóslat, hiszen az adatok elemzésekor nem különítették el az ivarokat. Ez azt eredményezi, hogy ha csak a hímek érkeznek hamarabb, akkor is átlagosan korábbi érkezés lesz észlelhető. Számos kutató pedig pont azt támasztja alá, hogy csak a hímek érkeznek hamarabb, így nincs korábbi tojásrakás.²⁰

¹⁹ LEHIKONEN, E., SPARKS, T. H.: *Changes in migration*. In: Møller, A. P., Fiedler, W., Berthold, P.: *Effects of climate change on birds*. Oxford, 2010, Oxford University Press, 89-112. o.

²⁰ BERGMANN, F.: Long-term increase in numbers of early-fledged Reed Warblers (*Acrocephalus scirpaceus*) at Lake Constance (Southern Germany). *Journal of Ornithology* 1999, 140: 81-86.



3. ábra, Az átlagos tavaszi áthaladás (MSP) időpontja és a hőmérséklet illetve NAO index közti kapcsolat rövidtávú vonuló vörösbegy (*Erithacus rubecula* - a,c) és hosszútávú vonuló mezei poszáta (*Sylvia communis* - b,d) madárfajokon vizsgálva (Hüppop – Hüppop 2003 alapján átszerkesztve)

Egy Németországhoz tartozó Északi-tengeren lévő kis szigeten (Helgoland) 1909 óta folynak ornitológiai megfigyelések (befogások, gyűrűzés stb.). 12 rövid- és középtávú, illetve 12 hosszútávú vonuló madár átlagos tavaszi áthaladásának időpontjait (MSP – mean spring passage) vizsgálták. Egy faj kivételével minden faj korábban érkezett, mint az előző időszakokban és ezt a klímaváltozás hatásának tudják be. Szignifikáns különbség 7 rövid és középtávú vonulónál, illetve 10 hosszútávú vonulónál volt kimutatható. Az átlagos tavaszi áthaladás időpontjának görbéje egybeesik az ekkor mért hőmérsékletek görbéjével, ami emelkedő hőmérsékleti tendenciát mutatott. Kutatásukban összefüggést találtak a NAO-index alakulása és a madárvonulások időzítése között (3. ábra).²¹

Nagy-Britanniában – ahol évszázados hagyománya van a madarászásnak és óriási mennyiségű adat gyűlt már össze, külö-

²¹ HÜPPOP, O., HÜPPOP, K.: North Atlantic Oscillation and timing of spring migration in birds. *Proceedings of Royal Society London B*, 2003, 270. 233–240. o.

nösen a vonulással kapcsolatban – 74.258 feljegyzést elemeztek. Mintegy 65 faj tojásrakásának dátumát vizsgálták egy 25 éves (1971-1995) periódusban. Ebből 20 faj (31 %) szignifikánsan korábban kezdte el a tojásrakást. Átlagosan 8,8 nappal költöttek korábban (a szórás 4 és 17 nap közötti). Erre magyarázatot abban találtak, hogy a korábban emelkedő tavaszi hőmérséklet serkentő hatással van a vegetációra, hamarabb lesz lombfakadás és virágzás, így jóval korábban képesek a madarak a sikeres költéshez szükséges táplálékforrást beszerezni.

A korábbi tavaszi érkezés célja, hogy minél jobb territóriumot szerezzenek a madarak. Így nem meglepő, hogy gyakran a hímek hamarabb érkeznek vissza tavasszal a telelőterületekről, mint a tojók,²² hiszen ők foglalják el a területeket és majd a később érkező tojók választanak párt maguknak. A verseny célja tehát, hogy a korábban érkezők növeljék szaporodási esélyüket, és tulajdonságaikat nagyobb valószínűséggel örökítsék tovább, mint később érkező fajtársaik. A költési siker jelentősen függ attól, hogy időben mikor kezdődik, és milyen feltételek között kell a madaraknak a fiókákat felnevelni. A klímaváltozás tehát közvetve és közvetlenül is hatással van a reprodukciós sikerre.²³

A klímaváltozás hatására módosult időzítések problémákat is rejthetnek magukban. Számos vizsgálat rámutatott már arra, hogy ha nincsenek szinkronban a madarak az adott területen jellemző táplálékforrások megjelenésével, akkor komoly gondot jelenthet a fiókák felnevelése. Abban az esetben ugyanis, amikor a tavaszi hőmérséklet korai emelkedése miatt hamarabb érkeznek meg a költőterületre a madarak, de azon a területen a vegetáció és így a táplálékul szolgáló ízeltlábúak még vagy már nincsenek bőségben, a szűkös táplálékforrás fokozott versenyt és jelentős stresszt okoz a madarak számára. Extrém esetben a mortalitás jelentősen megnőhet.²⁴

²² FRANCIS, M. C., COOKE, F.: Differential timing of spring migration in Wood Warblers (*Parulinae*). *The Auk*, 1986, 103. 3. 548-556. o.

²³ DUNN, P. O., WINKLER, D. W.: *Effects of climate change on timing of breeding and reproductive success in birds*. In: MØller, A. P., Fiedler, W., Berthold, P.: *Effects of climate change on birds*. Oxford, 2010, Oxford University Press, 113-128. o.

²⁴ ROSIVALL, B., SZÖLLŐSI, E., TÖRÖK, J.: Maternal compensation for hatching asynchrony in the collared flycatcher (*Ficedula albicollis*). *Journal of Avian Biology*, 2005. 36. 531-537. o.

Táplálékláncok szinkronizált rendszerére jó példa a kocsányos tölgy (*Quercus robur*), kis téliaraszoló (*Opheroptera brumata*), széncinege (*Parus major*) kapcsolatrendszer. A széncinege kiváló példája az erdei rovarevő madárfajoknak, amelyek főleg hernyókkal táplálják fiókaikat. A hernyók tavasszal csak egy viszonylag rövid ideig érhetőek el nagyobb mennyiségben. Ebből kifolyólag ez egy szelekciós nyomást jelent a reprodukciós időszak időzítésében. A reprodukciós sikerhez a szaporodási és fiókaetetési időszakot a hernyók abundanciájának csúcsához kell igazítaniuk, ami pedig a kocsányos tölgy rügyfakadásához alkalmazkodik. Abban az esetben, ha ennél korábban vagy később raknának tojásokat, utódaik száma jóval kevesebb, kondíciójuk pedig jóval gyengébb lenne.²⁵

Megfigyelések szerint a klímaváltozás hatására a vedlés is korábbra tolódott. Seregélyeken (*Sturnus vulgaris*) végeztek vizsgálatokat Hollandiában. Mesterségesen szabályozott hőmérsékleti körülmények között tartották a madarakat, és azt vizsgálták, milyen eltérés észlelhető az 5 °C-os és a 20 °C-os hőmérsékletű madárházakban tartott seregélyek nemi érésére és vedlésére. A vizsgálat eredménye szerint, a magasabb hőmérséklet hatására jóval hamarabb kezdték el vedlésüket. A klímaváltozás miatt bekövetkező hőmérsékletemelkedés a természetes populációkra is hasonló módon hat.²⁶

Az areahatárok is módosulhatnak a klímaváltozás hatására. A legtöbb kutatás egy-egy faj vizsgálata során figyelte meg a változásokat. Készültek azonban összegző munkánk is, amelyek a különböző táplálkozású és vonulási stratégiájú madárfajokat hasonlítja össze. Vizsgálatuk eredménye, hogy a specialisták, a mag- és rovarevők gyorsabban változtatták areahatáraikat, mint a generalista, ragadozó és mindenevő fajok. Különbséget találtak a vonulási stratégiák kapcsán is, ugyanis a helyben maradónál nem találtak jelentős areamódosulást, ellenben a vonuló madarak egyre gyakrabban repülnek tovább a pólusok felé tavasszal, ahol szintén találnak alkalmas területeket a költéshez. A parciá-

²⁵ VISSER, M. E., BOTH, C.: Shifts in phenology due to global climate change: the need for a yardstick. *Proceedings of the Royal Society B*, 2005. 272. 2561-2569. o.

²⁶ DAWSON, A.: The effect of temperature on photoperiodically regulated gonadal maturation, regression and moult in starlings – potential consequences of climate change. *Functional Ecology*, 2005, 19. 995-1000. o.

lis- és rövidtávú vonuló fajok esetén különösen gyors változások észlelhetők, hiszen ezek a közelebbi telelésből kifolyólag jobban tudnak reagálni a klimatikus változásokra.

A megváltozott klimatikus tényezők a fajok közötti versengésre is hatással vannak. Ez elsősorban a maradó, illetve a vonuló madarak között számottevő. Finnország dél-nyugati részén 1953-2005. között végeztek kutatásokat a széncinegéken (*Parus major*) és kormos légykapó (*Ficedula hypoleuca*) fészek-odúért zajló interspecifikus kompetícióra. A kutatók arra a következtetésre jutottak, hogy a versengés a fajok denzitásától függ, ami pedig a klimatikus tényezők által módosulhat. Ez elsősorban a hőmérséklet tojásrakás időzítésére gyakorolt hatása révén érvényesül.

A svájci-francia Alpokban az 1958-1999 közötti 63 vonuló madárfajt vizsgáltak. A 42 éves periódus alatt szignifikáns különbség volt kimutatható a rövid- és hosszútávú vonulók viselkedése között. Azok a fajok, amelyek a Szaharán túl telelnek, egyfajta szelekciós nyomásnak kitéve (hogy elkerüljék a kedvezőtlen vonulási időszakot a Szaharán), hamarabb indultak el. Azok a fajok, amelyek Észak-Afrikában telelnek, tovább maradtak a költési területen és a megszokottnál többször raktak tojásokat. A kutatók végkövetkeztetése, hogy az őszi vonulás a tavaszhoz képest összetettebb, több tényezőtől függ. Általánosítani nehéz, a tendenciózus változásokra adott válaszokat fajonként érdemes értelmezni.²⁷

A populációdinamika változások egyben a tápláléklánc teljes hálózatára hatással vannak. Ezek komplex folyamatok és kapcsolatok révén többek között befolyásolják a ragadozó-préda valamint a gazda-parazita interakciókat. Egyfelől azzal, hogy módosulnak az areahatárok és így a fajok előfordulási helyei, ami szükségszerűen kihat köztük lévő kapcsolatra. Másfelől azzal, hogy megváltozik a madarak és/vagy ragadozóik vonulási fenológiája. Ekkor – szemben az előző esettel – nem térbeli elkülönülés alakulhat ki, hanem időbeli. A folyamatszerű változások mellett előfordulhatnak extrém, nagyszabású (katasztrófaszerű) változások is, amik alapjaiban boríthatják fel a tápláléklánc

²⁷ JENNI, L., KÉRY, M.: Timing of autumn bird migration under climate change: advances in long-distance migrants, delays in short-distance migrants. *Proceedings of the Royal Society B*, 2003, 270. 1467-1471.o.

egyensúlyát. Viselkedésbeli változások is előfordulhatnak, amik szintén az interakciók módosulásához vezethet.²⁸

A klímaváltozás által kiváltott változások genetikai háttere még ma sem teljesen tisztázott. Kérdés, hogy az egyes változások hátterében (mikro)evolúciós válaszok állnak, vagy az egyedek fenotípusos plaszticitásából származik a madarak alkalmazkodása. Vajon van-e szelekciós nyomás az időzítés megváltozására, illetve öröklődik-e a további generációk számára az esetleges módosulás?

Az utóbbi időben egyre több kutatás foglalkozik ezzel a kérdéssel.²⁹ Egyes Skandináv- és Appennini-félszigeten lévő madárgyűrűző helyeken több rövid- és hosszútávú vonuló madárfaj tavaszi érkezését vizsgálták. A meglepő eredmény az volt, hogy a hosszútávú vonulók korábbi érkezésének mértéke szignifikánsan nagyobb volt, mint a rövidtávú vonulók. Ezt azzal magyarázták, hogy a nagyobb genetikai kontroll alatt álló madarak korábbi tavaszi érkezésének hátterében evolúciós változás áll. Ezzel szemben mások valószínűbbnek tartják, hogy a vonulási útvonal körülményeiben történtek pozitív változások, így hamarabb visszaérkeznek tavasszal. A jelenség tehát csak fenotipikus válasz, nem evolúciós. Utóbbi megállapítást is elvetették, ugyanis a vonulási útvonalon történő természetes változások inkább negatívak (pl. sivatagosodás, élőhely degradáció) mintsem kedvezőek a madarak számára.³⁰

A KLÍMAVÁLTOZÁS HATÁSA A KÁRPÁT-MEDENCE MADÁRFAUNÁJÁRA

Hazánkban számos kutatás folyik a vonulás fenológiájával kapcsolatos változások detektálására. Az Ócsai Madárvártán standardizált feltételek mellett 1987-2004 között befogott transz-szaharai, hosszú-távú vonuló nádiposzáta (*Acrocephalus*) és tücsökmadár fajok (*Locustella*) őszi vonulási adatait vizsgálták. Arra a következtetésre jutottak, hogy bár közeli rokon fajokról van szó, az éghajlatváltozásra különböző irányban és mértékben reagáltak. A korábban vonulók egyre korábban, míg a később vonulók egyre

²⁸ BRETAGNOLLE, V., GILLIS, H.: *Predator-prey interactions and climate change*. In: Møller, A. P., Fiedler, W., Berthold, P.: *Effects of climate change on birds*. Oxford, 2010, Oxford University Press, 227-248. o.

²⁹ PULIDO, F., BERTHOLD, P., MOHR, G., QUERNER, U.: Heritability of the timing of autumn migration in natural bird population. *Proceedings of the Royal Society B*, 2001. 268. 953-959. o.

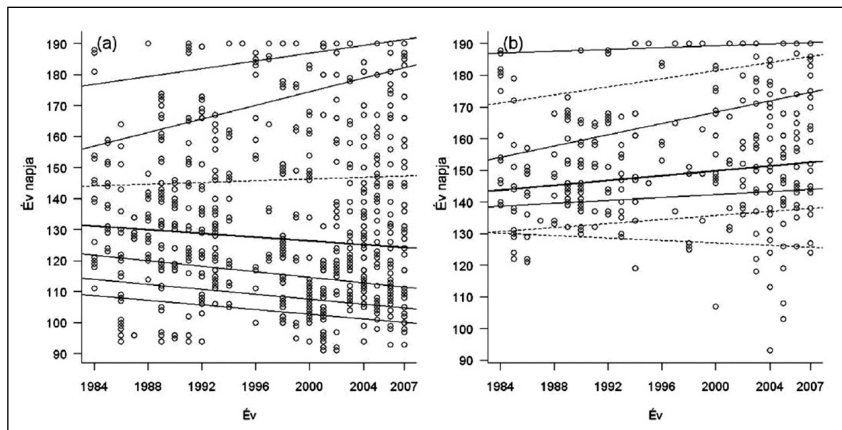
³⁰ JONZÉN, N., LINDÉN, A., ERGON, T., KNUDSEN, E. (EDS.): Response to comment on „Rapid advance of spring arrival dates in long-distance migratory birds”. *Science*, 2007, 315. 598.

később vonulnak. A látszólagos ellentmondás okai a fajok eltérő vonulási és vedlési stratégiájában kereshető. A vizsgálat alatt szignifikáns változást találtak a vonulás időzítésének évenkénti alakulásánál az augusztusi átlaghőmérsékletek függvényében.³¹

Szintén Ócsán hosszútávú madárgyűrűzési adatsorok elemzésével a klímaváltozás három fajpárra gyakorolt hatásait vizsgálták. A vizsgált fajpárok a cserregő nádiposzáta (*Acrocephalus scirpaceus*) és az énekes nádiposzáta (*Acrocephalus palustris*), a csilpcsalpfüzike (*Phylloscopus collybita*) és a sisegő füzike (*Phylloscopus sibilatrix*) valamint a barátposzáta (*Sylvia atricapilla*) és a kerti poszáta (*Sylvia borin*) voltak. A vizsgálat eredménye, hogy bár testvér fajokról van szó, mégis teljesen eltérő lehet azok vonulási stratégiája, így a hatások mértéke és iránya is eltérhet. A vizsgált fajok közül kettő a Mediterráneumban is telet (barátposzáta, csilpcsalpfüzike), a másik négy tipikus hosszútávú vonuló. Emellett két faj (cserregő nádiposzáta, csilpcsalpfüzike) északi populációi például elkerülik a Kárpát-medencét, míg a többi négy faj észak-európai állományai keresztülvonulnak rajta. A változások tehát többnyire csak fajonként, sőt populációnként, esetleg kor- és ivarcsoportonként értelmezhetők. A vonulások időzítése mellett a vonulási hullám alakjában is változást észleltek. A kezdeti és végpontok mellett lényeges tehát a vonulás lefolyásának időbeli eloszlása, azaz, hogy a tömeges érkezések az egész periódust vizsgálva mikor zajlanak. Az adatsorok elemzésével megállapították, hogy az észlelt biometriai változások (a jelentős átvonuló állománnyal rendelkező fajok esetén nőtt a szárnyhossz és csökkent a testtömeg) oka az állományátrendező-dés lehet, ami pedig közvetetten a klímaváltozás következménye.

Őszi vonuláskor az egyedek a túlélésre optimalizálnak. Ebből kifolyólag bizonyos hazai madárpopulációk esetén megfigyelhető, hogy a fiatal madarak tovább maradnak és zsírt halmoznak fel a sikeresebb vonulás érdekében. Így előfordulhat, hogy 13 nappal később indulnak téli élőhelyükre. Az öreg, tapasztaltabb madarak viszont hamarabb felkészülnek a vonulásra és egy 24 éves vizsgálat kimutatta, hogy őszi vonulásuk időzítése számottevően nem változott. Ezt egy kerti poszáták (*Sylvia borin*) vonu-

³¹ MIHOLCSA, T., TÓTH, A., CSÖRGŐ, T.: Change of timing of autumn migration in *Acrocephalus* and *Locustella* genus. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae*, 2009. 55. 2. 175-185. o.



4. ábra A cserregő nádiposzták (a) és az énekes nádiposzták (b) tavasi vonulás időzítésének változása a 24 év során.

(Nagy et al. 2009)

lasi fenológiájának változását vizsgáló 1984-2007 között zajló magyarországi kutatás során sikerült kimutatni.³²

Cserregő és énekes nádiposztákon (*Acrocephalus scirpaceus*, *A. palustris*) végzett vizsgálatok arra hívják fel a figyelmet, hogy közeli rokonfajok is eltérő módon reagálhatnak a klímaváltozásra, hiszen eltérő elterjedési területű, különböző élőhelyű, más-más vonulási stratégiájúak lehetnek. Egy 24 évre kiterjedő vizsgálati adatsor alapján kimutatható volt, hogy a cserregő nádiposztáta tavasi vonulási hullám mediánja 7,5 nappal előbbre, az énekes nádiposztáaté pedig 8 nappal későbbre tolódott. Eltérést mutatott az egyes fajokon belül a korösszetétel szerinti vizsgálat is. Ősszel a medián az öreg cserregő nádiposztátnál 8,5 nappal, a fiataloknál 6 nappal, az énekes nádiposztáta fiataljainál pedig 9 nappal tolódott későbbre. Ezzel szemben az öreg énekes nádiposzták őszi vonulási hullám mediánja nem mutatott szignifikáns eltérést (4. ábra).³³

³² KOVÁCS, SZ., CSÖRGŐ, T., HARNOS, A., NAGY K., REICZIGEL, J.: A kerti posztáta (*Sylvia borin*) vonulási fenológiájának változása Ócsán 1984-2007 között. *Természetvédelmi Közlemények*, 2009, 15. 422-433. o.

³³ NAGY, K., CSÖRGŐ, T., HARNOS, A.: A cserregő és az énekes nádiposztáta (*Acrocephalus scirpaceus*, *A. palustris*) vonulásának fenológiai változásai. *Természetvédelmi Közlemények*, 2009. 15. 434-445. o.

A biometriai jellemzők (szárny- és farok hossz) vizsgálatával az ivari különbözőséget is megállapíthatjuk. Ennek nagy jelentősége van abban, hogy a változások alakulása nem szerinti összehasonlításban is értelmezhetőek legyenek. A Kárpát-medencében fészkelő csilpcsalpfüzikék (*Phylloscopus collybita*) ivara ezzel a módszerrel nagy biztonsággal megállapítható. Ócsán 2.902 madár adatait vizsgálták, és azt tapasztalták, hogy mind tavasszal mind ősszel több volt a befogott hím, mint a tojó. Eredményeik szerint a vonulások során kimutatott ivararány eltérés lehetséges oka tavasszal a protandria, ősszel a protogynia. Összességében megállapítható, a klíma évenkénti változására a vonulás időzítésével elsősorban a hímek reagálnak.

Kutatások folynak a Kárpát-medence területén a költés időzítését illetően is. Abban az esetben, amikor a kelési aszinkronia elkerülhetetlen, a tojók befolyásolhatják a költés sikerességét és az utódok életképességét. Örvös légykapókat (*Ficedula albicollis*) vizsgáltak a Pilisben. Transzszaharai vonuló, a vonulási útvonalai és telelőhelyei kevéssé ismertek. Magyarországi költőterületükre április közepén érkeznek. A hazai költőállomány stabil, helyi egyedszámváltozás az időjárás és a rendelkezésre álló táplálékkészlet függvényében változhat. 2002-2003 között 45 fészkaljat vizsgáltak meg és kimutatták, a költési szezon végén, az aszinkroniából fakadó hátrányt a tojók azzal kompenzálták, hogy nagyobb tojásokat raktak, mint a szezon elején. Így amikor elegendő táplálék áll rendelkezésre, akkor több kisebb tojást raknak, ellenben ha nincs megfelelő mennyiségű ennivaló, akkor a kevesebb, de nagyobb tojás stratégiáját választják.³⁴

Az eredmények sok esetben ellentmondásosak a klímaváltozás hatásainak vizsgálatánál, aminek több oka is lehet. Egyfelől a vonulás időzítésének változása ugyanazon fajok esetén földrajzi területenként is eltérő lehet, hiszen más-más lehet az alfajok vagy populációk szokása. Emellett számolni kell azzal is, hogy az időjárási tényezők megváltozásai lokálisan szintén különböző mértékben hathatnak. Másfelől pedig lehetséges, hogy a vonulás különböző szakaszain folytatott vizsgálatok természetesen mutatnak eltéréseket, nem is beszélve arról, hogy sok eset-

³⁴ ROSIVALL, B., SZÖLLŐSI, E., TÖRÖK, J.: Maternal compensation for hatching asynchrony in the collared flycatcher (*Ficedula albicollis*). *Journal of Avian Biology*, 2005. 36. 531-537. o.

ben eltérő mérőszámokat és módszereket használnak az egyes kutató(csoporto)k.³⁵

A globális klímaváltozás hatására a Kárpát-medence legtöbb területén szárazodás várható, ami elsősorban a vizes élőhelyekre lesz hatással, valamint a szikes és homok puszták értékes madárfaunájára. A kifejezetten ezen élőhelyekhez kötődő (költés, megpihenés, táplálkozás) madárfajok esetén várható csökkenő tendencia. Bizonyos madárfajok számára kedvező lehet a felmelegedés, hiszen északabbra tolódhat elterjedésének határa. Ilyenek például a mediterrán elterjedésű, száraz élőhelyeket igénylő fajok.³⁶

TERMÉSZETVÉDELMI MEGFONTOLÁSOK

Számos nemzetközi tanulmány foglalkozik a klímaváltozás biodiverzitás csökkentő hatásával. Emellett olyan tanulmányok is készültek, amelyek a madarak diverzitásváltozását vizsgálják, illetve a jövőbeli elterjedési területeket is megjósolják. A diverzitás fontossága abban áll, hogy nagyfokú környezetváltozás esetén is lehetővé teszi olyan egyedek megjelenését, amelyek az új környezetben is sikeresek tudnak maradni, illetve csökkentik a populáción belüli beltenyésztés kockázatát.

Az élőlények bizonyos keretek között képesek alkalmazkodni a külső körülmények változásaihoz. Alapvetően három lehetőségük van: elviselik, elvándorolnak vagy elpusztulnak. Mivel a természetes ökoszisztémák stabil és önfenntartó rendszerek, az éghajlatváltozás káros következményeinek mérsékléséhez, illetve elkerüléséhez legjobb mód, ha a meglévő rendszerek természetes ellenálló- és alkalmazkodó képességének megerősítése. Fontos, hogy a fennálló ökológiai kapcsolatok megőrzéséhez az önszabályozó rendszerek és a sokszínűség megőrzése párosuljon. Az elvándorlás, mint második lehetőség közvetlenül csak a mozgékonyabb fajok egyedei számára kivitelezhető (pl.: rovarok, madarak). A legtöbb élőlény esetében a vándorlás több generáción keresztül tartó folyamat. Az elpusztulás többnyire a kis, elszigetelt

³⁵ CSÖRGŐ, T., HARNOS, A., KOVÁCS, SZ., NAGY, K.: A klímaváltozások hatásainak vizsgálata hosszútávú madárgyűrzési adatsorok elemzésével. *Természetvédelmi Közlemények*, 2009, 15. 1-12. o.

³⁶ CZÚCZ, B., KRÖEL-DULAY, GY., RÉDEL, T., BOTTA-DUKÁT, Z., MOLNÁR, ZS. (EDS.): Klímapolitika. Éghajlatváltozás és biológiai sokféleség – elemzések az adaptációs stratégia tudományos megalapozásához. MTA Ökológiai és Botanikai Kutatóintézete, 2007

területen előforduló fajok esetén problémás, mivel az intenzív pusztulási hullám a faj kihalásához is vezethet. A természetvédelmi törekvések legfontosabb célja többnyire a hosszútávú állományfenntartás.³⁷

Lévén, hogy a mérsékelt övben a madárfajok 80 %-a vonul, kiemelt feladat ezeknek a fajoknak a védelme, hiszen a vonulás amúgy is számos veszélyforrást jelent. A klímaváltozás okozta kihívások nagyon összetettek. Egyrészt azért, mert életmenetük alatt több, egymástól jelentős távolságra lévő helyen fordulnak elő, másrészt mert a fajokat befolyásoló változások eltérő időben fejtik ki hatásukat. Pontosan ebből kifolyólag a természetvédelmi megfontolások során a teljes életciklust kell figyelembe venni.

A vonulási útvonalak védelme lényeges, hiszen több veszély is fenyegeti a vonuló madarakat. A pihenőhelyek degradációja mellett számolni kell a bizonyos területeken (Dél-Európa, Észak-Afrika) közkedvelt vadászattal is, amely még a Kárpát-medence madárfaunáját is érinti. Jelentős problémákat okoz az infrastruktúra is. Évente jelentős számú madár repül neki magas épületeknek, illetve magasfeszültségű elektromos vezetékeknek, ami legtöbbször pusztulásukhoz is vezet. A gond az, hogy vagy nekirepülnek a vezetékeknek, vagy áramütés éri őket, amikor két különböző potenciálú vezeték- vagy oszlopelemet egyidejűleg érintenek meg. Magyarországi felmérés szerint Magyarországon évente 20.000 madár lesz áldozata a halálos ütközéseknek. Ezek többnyire éjszaka történnek.³⁸

Az élőhelyvesztés és az egyéb emberi tevékenység okozta zavarás mind-mind hozzáadódik a klímaváltozás okozta kihívásokhoz, mint például az egyre jelentősebb sivatagosodáshoz és az egyre extrémebb időjáráshoz.³⁹ A madaraknak azon túl, hogy a változó klímára kell reagálniuk, az élőhelyek elvesztésével és egyéb nehézségekkel is szembe kell nézniük. Ide tartozik a mocsarak, lápok eltűnése, a folyószabályozások okozta vizes élőhelyek degradációja,

³⁷ HARNOS, ZS., GAÁL, M., HUFNAGEL, L.: *Klímaváltozásról...*

³⁸ HORVÁTH, M., DEMETER, I., BAGYURA, J., KOVÁCS, A., LOVÁSZI, P., NAGY, K., SZÜGYI, K., TÓTH, P. 2010. Madarak és légvezetékek. – Magyar Madártani és Természetvédelmi Egyesület, Budapest.

³⁹ McCARTY, J. P.: Ecological consequences of recent climate change. *Conservation Biology*, 2001, 15. 2. 320-331. o.

az erdőirtás, az urbanizáció, az intenzív mezőgazdaság okozta diverzitáscsökkenés és fragmentáció valamint a szennyezések (a táplálékláncban akkumulálódó mérgezőanyagok). Az egyre intenzívebbé váló mezőgazdaság óriási problémát jelent. Szegélyeltűnással és gyepfeltöréssel folyamatosan nehezítik az amúgy is szegényessé vált élőhely kultúratűrő fajainak életbenmaradását. A fragmentáció, az élőhely feldarabolódás az egyik legnagyobb probléma, hiszen legfeljebb csak nagy kockázatok vállalása mellett van lehetősége az élőlényeknek a menekülésre, de többnyire abba is belepusztulnak. Az egyes fajokat nem egyenlő mértékben érintik a változások káros hatásai. A speciális élőhelyekhez kötődő fajok esetén a jobban növekvő kompetícióval is számolni kell.

A folyamatosan romló környezeti állapot felismerése egyre több és több embert készítet arra, hogy a természet megóvására szentelje életét. Nekik azonban két igen lényeges tényt kell szem előtt tartani. Egyrészt, hogy a természetvédelem nem ismer határokat, így a különféle akciók és kutatások során a természetes egységeket kell figyelembe venni, ami legtöbbször eltér a politikai határoktól. Másrészt a természetvédelem nem lehet csupán egy kedves jócselekedet a körülöttünk – és ma már sajnos tőlünk egyre elkülönítettebben – létező természet felé, hiszen a hosszútávú fenntarthatóság alaptétele, hogy csak olyan (gazdasági, társadalmi) rendszer maradhat fenn, amely képes a nála nagyobb (természeti) rendszer szabályai szerint működni. Rá kell ébredni, hogy vannak helyzetek, amelyekhez nem alkalmazkodni kell, hanem változtatni rajtuk. A változtatás egyik legkézenfekvőbb eszköze az oktatás és ismeretterjesztés, ami lehetővé teszi az ökológiai intelligencia széleskörű elterjedését. Enélkül lehetetlen lesz a problémákat orvosolni.

Irodalom

- BERGMANN, F.: Long-term increase in numbers of early-fledged Reed Warblers (*Acrocephalus scirpaceus*) at Lake Constance (Southern Germany) – *Journal of Ornithology* 1999, 140: 81–86.
- BRETAGNOLLE, V., GILLIS, H.: *Predator-prey interactions and climate change*. In: MØller, A. P., Fiedler, W., Berthold, P.: *Effects of climate change on birds*. Oxford, 2010, Oxford University Press, 227–248. o.
- CRICK, H. Q. P.: The impact of climate change on birds. *Ibis*, 2004, 146. évf. 1. szám, 48–56. o.

- CSÖRGŐ, T., HARNOS, A., KOVÁCS, SZ., NAGY, K.: A klímaváltozások hatásainak vizsgálata hosszútávú madárgyűrűzési adatsorok elemzésével. *Természetvédelmi Közlemények*, 2009, 15. 1-12. o.
- CURRY, J. A., SCHRAMM, J. L., EBERT, E. E.: Sea ice-albedo climate feedback mechanism. *Journal of Climate*, 1994, 8. 240-247. o.
- CZÚCZ, B., KRÖEL-DULAY, GY., RÉDEI, T., BOTTA-DUKÁT, Z., MOLNÁR, ZS. (EDS.): Klímapolitika. Éghajlatváltozás és biológiai sokféleség – elemzések az adaptációs stratégia tudományos megalapozásához. MTA Ökológiai és Botanikai Kutatóintézete, 2007
- DAWSON, A.: The effect of temperature on photoperiodically regulated gonadal maturation, regression and moult in starlings – potential consequences of climate change. *Functional Ecology*, 2005, 19. 995-1000. o.
- DUNN, P. O., WINKLER, D. W.: *Effects of climate change on timing of breeding and reproductive success in birds*. In: Møller, A. P., Fiedler, W., Berthold, P.: *Effects of climate change on birds*. Oxford, 2010, Oxford University Press, 113-128. o.
- FRANCIS, M. C., COOKE, F.: Differential timing of spring migration in Wood Warblers (*Parulinae*). *The Auk*, 1986, 103. 3. 548-556. o.
- HADARICS, T.: Új madárfajok Magyarország faunájában a Magyar Madártani Egyesület 1974-es megalakulása óta. ELTE Állattrendszertani és Ökológiai Tanszék, Szakdolgozat, 2006. 11-43. o., 59-156. o.
- HANSEN, J., SATO, M., RUEDY, R., LACLS, A., OLNAS, V.: Global warming in the twenty-first century: An alternative scenario. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2000, 97. 9875-9880. o.
- HARNOS, ZS., GAÁL, M., HUFNAGEL, L.: *Klímaváltozásról mindenkinek*. Budapesti Corvinus Egyetem, Kertészettudományi Kar, Matematika és Informatika Tanszék, Budapest, 2008, 7-88. o.
- HORVÁTH, M., DEMETER, I. – BAGYURA, J. – KOVÁCS, A. – LOVÁSZI, P. – NAGY, K. – SZÜGYI, K. – TÓTH, P. 2010. Madarak és légvezeték. – Magyar Madártani és Természetvédelmi Egyesület, Budapest.
- HÜPPOP, O., HÜPPOP, K.: North Atlantic Oscillation and timing of spring migration in birds. *Proceedings of Royal Society London B*, 2003, 270. 233-240. o.
- HURRELL, J. W., TRENBERTH, K. E.: *Climate change*. In: Møller, A. P., Fiedler, W., Berthold, P.: *Effects of climate change on birds*. Oxford, 2010, Oxford University Press, 9-29. o.
- IPCC (INTERGOVERNMENTAL PANEL OF CLIMATE CHANGE): Synthesis report. *An Assessment of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 2007

- JENNI, L., KÉRY, M.: Timing of autumn bird migration under climate change: advances in long-distance migrants, delays in short-distance migrants. *Proceedings of the Royal Society B*, 2003, 270. 1467–1471. o.
- JONZÉN, N., LINDÉN, A., ERGON, T., KNUDSEN, E. (EDS.): Response to comment on „Rapid advance of spring arrival dates in long-distance migratory birds”. *Science*, 2007, 315. 598c.
- KOVÁCS, SZ., CSÖRGŐ, T., HARNOS, A., NAGY K., REICZIGEL, J.: A kerti poszáta (*Sylvia borin*) vonulási fenológiájának változása Ócsán 1984-2007 között. *Természetvédelmi Közlemények*, 2009, 15. 422-433. o.
- LEHIKONEN, E., SPARKS, T. H.: *Changes in migration*. In: Møller, A. P., Fiedler, W., Berthold, P.: *Effects of climate change on birds*. Oxford, 2010, Oxford University Press, 89-112. o.
- MCCARTY, J. P.: Ecological consequences of recent climate change. *Conservation Biology*, 2001, 15. 2. 320-331. o.
- MENZEL, A., DOSE, V.: Analysis of long-term time series of the beginning of flowering by Bayesian function estimation. *Meteorologische Zeitschrift*, 2005, 14. 3. 429-434. o.
- MIHOLCSA, T., TÓTH, A., CSÖRGŐ, T.: Change of timing of autumn migration in *Acrocephalus* and *Locustella* genus. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae*, 2009. 55. 2. 175-185. o.
- NAGY, K., CSÖRGŐ, T., HARNOS, A.: A cserregő és az énekes nádiposzáta (*Acrocephalus scirpaceus*, *A. palustris*) vonulásának fenológiai változásai. *Természetvédelmi Közlemények*, 2009. 15. 434-445. o.
- NÉS (NEMZETI ÉGHAJLATVÁLTOZÁSI STRATÉGIA) 2008. Országgyűlési határozat. 2008. május 17. (http://www.kormany.hu/download/9/67/10000/NÉS_2008-2025.pdf)
- ORR, DAVID W.: A szeretet. *Liget*, 2001. 14. évf. 5. sz. 66-69. o.
- PARMESAN, C.: Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 2006. 37. 637-669. o.
- PÉCZELY, GY.: Éghajlattan. Budapest, 2002, Nemzeti Tankönyvkiadó, 258-284. o.
- PULIDO, F., BERTHOLD, P., MOHR, G., QUERNER, U.: Heritability of the timing of autumn migration in natural bird population. *Proceedings of the Royal Society B*, 2001. 268. 953-959. o.
- ROSIVALL, B., SZÖLLÖSI, E., TÖRÖK, J.: Maternal compensation for hatching asynchrony in the collared flycatcher (*Ficedula albicollis*). *Journal of Avian Biology*, 2005. 36. 531-537. o.
- VISSER, M. E., BOTH, C.: Shifts in phenology due to global climate change: the need for a yardstick. *Proceedings of the Royal Society B*, 2005. 272. 2561-2569. o.

ABSTRACT

It can be proved that in the last couple of decades climate has changed, which affected the life cycle of several species. The changing climate has a complex effect on the whole wild-life. According to the fact that the Carpathian Basin has a unique location and a rich avifauna it provides a good opportunity to examine how the climate change influences birds' life. Although the migratory birds don't spend the same amount of time during their annual cycle in different areas, where the effects are different, the change in the processes can be well recognized. We have to distinguish between the different migration strategies of birds, since changing climate influences short- and long-distance migrants variously. Moreover a number of other factors (i.e. age and sexual differences) have to be considered while evaluating the changes to make relevant consequences from the long-term observation records. The changes experienced in the Carpathian Basin mainly link to the tendencies recognized in other parts of Europe but still they have some specific characteristics too. The expected rise in temperature and decrease in precipitation on one hand can cause the expansion of some species, but on the other hand some species might disappear from this region. The conservation is an important matter, since the climate change is only one problem because we make a number of other habitat destroying and biodiversity decreasing activities, which hinders natural adaptability. We need to put great emphasis on long-distance migrants and birds living in special habitats as the quick changes influence them heavily.

Keywords: climate change, conservation, long-distance migrants, phenotypic plasticity, population dynamical changes, short-distance migrants

