

Élővilág és Éghajlatváltozás



Tudomány az élő természetért 1.

© MTA Ökológiai és Botanikai Kutatóintézete, Vácrátót, 2009

Szöveg:

CZÚCZ BÁLINT

Szerkesztette:

MOLNÁR EDIT és CZÚCZ BÁLINT

Tervezés, tördelés:

RAJHONA TAMÁS

ISBN 978-963-8391-41-4

ISSN 2060-8071

Készült az MTA Ökológiai és Botanikai Kutatóintézete és a KvVM Természet- és Környezetmegőrzési Szakállamtitkársága gondozásában

A fényképek készítői:

BÖLÖNI JÁNOS (1., 19., 21., 25. kép)
CZÚCZ BÁLINT (borítók, 4. oldal)
CSATHÓ ANDRÁS (23. kép)
GARADNAI JÁNOS (22. kép)
HORVÁTH ANDRÁS (26. kép)
KÖNYVES KÁLMÁN (16. kép)
MOLNÁR ÁBEL (8., 17. kép)
MOLNÁR V. ATTILA (5., 6., 9., 20. kép)
MTI (fotó reprodukció, 2007. 07. 30.) (4. kép)
NOSEK JÁNOS (24., 27. kép)
PAPP BEA (7. kép)
PETERSON, J. SCOTT (USDA) (3. kép)
PUKY MIKLÓS (2. kép)
TÖRÖK KATALIN (2. oldal)

Ábrák, képek világhálós elérhetőségei:

1. ábra http://www.globalwarmingart.com/wiki/Image:Ice_Age_Temperature_Rev_png
10. kép <http://www.hilarynightingale.net/fungi.html>
11. kép <http://www.fotohaz.hu/fotoarena/showphoto.php?photo=87432>,
fotó: daywalker, 2004. aug. 30.
12. kép <http://www.all-about-bats.net/.../abbildung4k.jpg>; fotó: fledermausschutz.ch
13. kép http://twig.tamu.edu/yellow_nutsedge_cyperus_esculentus_1_006.jpg
15. kép http://personales.ya.com/botanical/Celtis_australis.jpg
17. kép <http://www.bkmakro.de/Makro/images/Schmetterlinge/Operophtera%20brumata.jpg>
18. kép http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Tatra_storm.jpg

Ma már felismert és elfogadott tény, hogy gazdasági és társadalmi életünk alapjában támaszkodik a természeti környezet korlátos erőforrásaira, és az ökoszisztémák legkülönbélebb hasznait élvezzi. Alapvető életfeltételeinket a bioszféra, és az azt alkotó ökológiai rendszerek szerkezetének és működésének fennmaradása, az ökoszisztémák „egészsége” biztosítja. Az elmúlt évszázadban világszerte a biodiverzitás és az ökoszisztéma szolgáltatások példa nélküli csökkenésének vagyunk szemtanúi. Egy széleskörű ENSZ felmérés és elemzés szerint az utóbbi 50 évben a vizsgált szolgáltatások 60 %-a jelentősen leromlott, így az ökoszisztémák szabályozó, fenntartó és kulturális szolgáltatásait gyorsuló ütemben túlhasználjuk, „feléljük”. Ez a folyamat már középtávon is komolyan veszélyezteti az emberek életminőségét, és ezáltal társadalmunk fenntarthatóságát, fennmaradását is. A folyamat megállításához jelentős erőket kell mozgósítani, amihez a tudományos eredményeket le kell fordítani a társadalom nyelvére, ezáltal közkinccsé és a társadalmi párbeszéd részévé téve a modern ökológiai ismereteket. Ezzel a füzettel az MTA Ökológiai és Botanikai Kutatóintézete egy új sorozatot kíván indítani, mely a XXI. század nagy környezeti kihívásaira válaszokat kereső ökológiai kutatásokról kíván közérthető nyelven számot adni. Reményeink szerint ezzel is hozzájárulunk a szélesebb közönség tudományos ismereteinek gyarapodásához, lehetőséget teremtve konkrét cselekvésekre a megfelelő szinteken, akár a kormányzás vagy a köznapi élet terén.

Induló sorozatunk első füzetében az előttünk tornyosuló globális problémák egyik legjelentősebb fenyegetésével, az éghajlatváltozással foglalkozunk. A 2007. év folyamán Nobel-díjjal jutalmazott Éghajlatváltozási Kormányközi Bizottság (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) legújabb jelentése szerint a Föld éghajlata az elmúlt száz évben kb. 0,7 °C-ot melegedett, és a XXI. századra legjobb esetben is legalább további 2-4 °C-os emelkedés várható. Ez egy igen jelentős változás, mely a természetes ökológiai rendszerek mellett (és részben rajtuk keresztül) a társadalom és a gazdaság fejlődésének alapvető irányvonalát is meg fogja határozni a következő évtizedekben. A kihívás jelentőségét már részben a hazai politikai élet is elismeri: 2008 márciusában a Magyar Országgyűlés egyhangúlag fogadta el a 2025-ig terjedő Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégiát, melynek szakmai előkészítő munkálataiba intézetünk is bekapcsolódott. A stratégia elfogadásával azonban a munkának még nincsen vége, sőt az igazi munka éppen csak most kezdődik! Az elkerülhető



következmények mérséklésének, illetve az elkerülhetetlenekhez való alkalmazkodásnak az érdekében a természeti-társadalmi-gazdasági összefüggések jobb megértésére, gazdasági ágazatokon, társadalmi rétegeken és országhatárokon átnyúló összefogásra és határozott cselekvésre van szükség.

Török Katalin
igazgató
MTA Ökológiai és Botanikai Kutatóintézet



A természet, mint barométer¹

Az élőlények érzékenyen reagálnak környezetük megváltozására, köztük olyan dolgokra is, amelyeket az ember műszerek nélkül nem, vagy csak korlátozottan képes érzékelni. Erre a jelenségre számos példa hozható (vándorló madárfajok mutatják az évszakok változását, a növényzet jelzi a talaj só-, nedvesség- és tápanyagtartalmát, számos zuzmófaj pusztulásával jelzi a levegő szennyeződését), de talán a legkézenfekvőbb példa az, hogy az időjárási események változásai válaszreakciókat váltanak ki a szabadban élő állatokból és növényekből. A természeti népek számtalan megfigyeléssel rendelkeznek arról, hogy egyes élőlények viselkedése milyen információkat szolgáltathat az időjárás várható alakulásáról. E népi bölcsességek többsége felületesen szemlélve babonának tűnhet, de már sok ilyenről kiderült, hogy van rá racionális magyarázat (pl. a fecskék esős időben a légnyomás csökkenésének hatására lejjebb húzódnak, illetve repülnek alacsonyabban).

A természetes élővilág sokkal közvetlenebbül ki van téve az időjárás viszontagságainak, mint a magának mesterséges környezetet építeni igyekvő ember. Ily módon az sem meglepő, hogy a pillanatnyi időjárás mellett az időjárás hosszútávú jellegének és mintázatának – **az éghajlatnak** a változásai is igen érzékenyen érintik egy-egy terület élővilágát. Könnyen megeshet, hogy amíg az emberiség még vitatja az éghajlatváltozás tényét, addig a természet, mint egy érzékeny műszer már egyértelműen jelzi a változások bekövetkeztét. A nemzet-

¹ Ez volt a címe Igor Lityinyeckij hazánkban, 1986-ban megjelent népszerű ismeretterjesztő könyvének, melyben bemutatja hogy a különböző állat- és növényfajok viselkedése milyen kapcsolatban áll az időjárás változásaival – egy olyan téma, amely már évezredek óta az emberek érdeklődésének homlokterében áll.

közi szakirodalomban már ma is számos jól dokumentált példa ismert az olyan változásokra, amelyekre kizárólag az éghajlatváltozás ténye kínál elfogadható tudományos magyarázatot.

Mivel az éghajlat megváltozása azt jelenti, hogy az időjárás változásának rendszere kimozdul az addig megszokott mederből, így várhatóan az élőlények reakciói is eltérhetnek a korábban megszokottaktól. A különböző időjárási helyzetek gyakorisága megváltozik, és a fajok többségének várhatóan korábban nem tapasztalt szélsőséges időjárási helyzetekkel kell majd a jövőben szembenéznie. Ez a folyamat az ökológiai rendszereket a mainál sérülékenyebbé, sebezhetőbbé teszi. Az emberi társadalom „minden igyekezete ellenére” nem tudta teljesen függetleníteni magát az élővilág, a bioszféra különféle „szolgáltatásaitól”, mint amilyen a globális szén-, víz- és tápanyag-körforgás fenntartása, a hulladékok lebontása, az élelem- és nyersanyag-szükséglet (pl. fa, papír, rostok) megfelelő minőségű biztosítása, a különböző kulturális és esztétikai szolgáltatások vagy a biológiai sokféleség fenntartása. Sőt, mivel a bioszféra a globális éghajlati rendszernek is egy kulcsfontosságú belső szabályozó eleme, így tulajdonképpen a jelenlegi éghajlat stabilitása is többek között az ökológiai rendszerek egyik szolgáltatásának tekinthető. Mindezek alapján az élővilágnak a globális változások

következtében bekövetkező sebezhetősége sokkal több, mint érdekes, tanulmányozásra váró jelenség – az emberiség jövője, jövőbeli életminőségünk szempontjából kulcsfontosságú, hogy milyen mértékben és hogyan alakulnak át az ökológiai rendszerek az éghajlatváltozás következtében. Ezáltal pedig a természeti környezet állapota nemcsak a közeljövő időjárásának vagy az éghajlat aktuális állapotának, hanem a jövő generációk lehetőségeinek is fokmérőjévé válik.

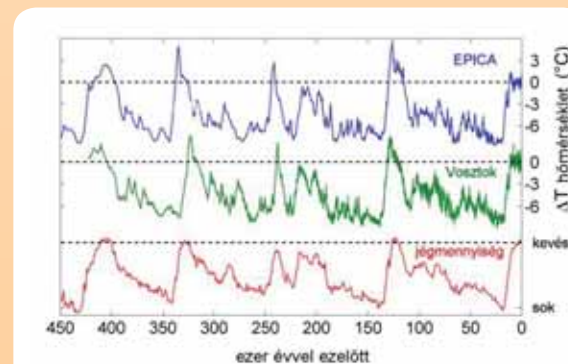


Az éghajlatváltozás élővilágra gyakorolt hatásai

A jégkorszakok során Földünk átlaghőmérséklete mintegy 4–7 °C-kal volt hidegebb az elmúlt évezredben tapasztalhatónál, és ez a hőmérséklet-különbség elegendő volt ahhoz, hogy egész kontinensek élővilágát teljesen átrendezze. Hazánk nagy részét például 12000 évvel ezelőtt még erdős és tundra jellegű foltokkal tagolt, hideg kontinentális sztyeppvidék borította, mely az időközben eltelt évezredek alatt fokozatosan, több lépésben alakult át a mai meleg-kontinentális erdősztyepp jellegű vegetációvá. A pesszimistább forgatókönyvek által a XXI. század végére jóslt felmelegedés mértéke azonos nagyságrendű a jégkorszakok leghidegebb időszakok óta bekövetkezett melegedés mértékével. Nyilvánvaló, hogy a jelenleg tapasztalható éghajlatváltozás is kiterjedt és mélyreható változásokat fog előidézni Földünk ökológiai rendszereinek szerkezetében és működésében. Az ökológiai irodalom máris igen gazdag azoknak az utóbbi évtizedekben tapasztalható jelenségeknek a bemutatásában, amelyek az éghajlatváltozás első jeleiként értelmezhetők.

A következő fejezetekben számos, dokumentált hazai és nemzetközi megfigyelés mellett egy a közelmúltban elkészült sérülékenységi elemzés² segítségével tekintjük át az éghajlatváltozás lehetséges hatásait és következményeit.

² Az „Éghajlatváltozás és biológiai sokféleség – elemzések az adaptációs stratégia tudományos megalapozásához” című jelentés 9 kutatóintézet 30 munkatársának a közreműködésével készült 2007 során a Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia (NÉS) egyik háttér tanulmányaként. A teljes jelentés, valamint annak magyar és angol nyelvű összefoglalója a következő címről tölthető le: <http://www.botanika.hu/download-01/NES>



1. ábra

A jégkorszakok hőmérsékleti változásai (Global Warming Art: GNU FDL).



1. kép
Száradó
bükkök
a szentgáli
Mecsek-hegy
(Bakony)
északi
oldalának
tetején.

Melegebb idő – nagyobb termés?

A megváltozó külső körülmények (légtörési szén-dioxid koncentráció növekedése, hőmérséklet emelkedése, növekvő besugárzás, csökkenő csapadék) közvetlen hatással vannak a fajok életfolyamataira. Így az éghajlatváltozás következtében változások várhatók az egyes egyedek növekedésében, testfelépítésében, szöveteiben, biológiai produktivásában.

Az éghajlatváltozásért jelentős részben felelőssé tehető megemelkedett szén-dioxid koncentráció egyik következménye, hogy a növényzet könnyebben tudja felvenni a szén-dioxidot a légkörből. Ez többlet tápanyagforrásként jelentkezik, hiszen a fotoszintézis folyamatát, valamint a növények vízgazdálkodását is hatékonyabbá teszi (kevesebbet kell nyitva tartani a gázcserenyílásokat, sőt akár kevesebb gázcserenyílás is elég a felvételhez). Mindezek a növények számára fokozódó szervesanyag-termelést tesznek lehetővé (megfelelő fény-, víz-, ásványi anyag- és tápanyag-ellátottság mellett). A növényi termelés fokozódását a világ számos pontján sikerült már kimutatni évgyűrvizsgálatok segítségével. Ezzel összhangban több erdészeti megfigyelés is a boreális és a magashegységi erdők gyorsabb növekedéséről számol be. Műholdakról nézve ez a folyamat mint fokozatos „zöldülés” válik szembeűnővé, amely – éppúgy, mint az előbbieken említett vizsgálatok – kizárólag azokon a hűvösebb, csapadékosabb éghajlatú területeken jelentkezik, ahol a vízhiány kialakulása nem akadályozza a növényzet gyorsabb növekedését.

Az olyan éghajlatú területeken, ahol a víz korlátozott hozzáférhetősége határozza meg a biológiai produktívot (házánk jelentős része is ide tartozik), döntő jelentőségű lesz, hogy a jövőben növekedni vagy csökkenni fog-e a hozzáférhető víz mennyisége. Az egyre erősebb és egyre gyakoribb aszályos időszakok erősen

próbára tehetik az élőlények teljesítőképességét. Spanyolországban és Olaszországban, a bükkfa (*Fagus sylvatica*) déli elterjedési határának közelében végzett vizsgálatok szerint az emelkedő hőmérséklet károsan érinti a fák növekedését és egészségi állapotát. Ezek az adatok azt sugallják, hogy a hőmérséklet további emelkedése még nagyobb területen veti majd vissza a bükk növekedését. A probléma hazánkat is érinti, és a bükk mellett számos más, erdészeti és ökológiai szempontból kiemelt jelentőségű fafajt is érint, mint például a kocsánytalan tölgyet (*Quercus petraea*). Az éghajlat változásával az öreg fák ugyan még sokáig túlélhetnek, de az újulat számára már nem lesz megfelelő a klíma.

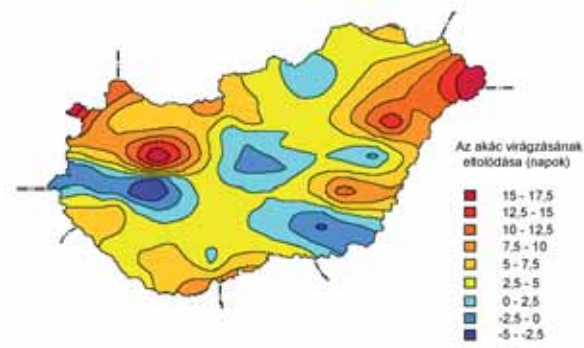


2. kép
Világsszerte számos
kétélűfaj párosodási
időszakának kezdete
1-2 héttel korábban
tolódott az elmúlt év-
tizedekben (a képen
egy éneklő vöröshasú
unka, *Bombina
bombina* látható).

A (túl) korai kikelet

Földünk azon területein, ahol az éghajlat kifejezetten évszakos jellegű (pl. a mérsékelt övben), ott az élőlények többségének visszatérő életszakaszai (úgynevezett fenológiai fázisai) az évszakok változásához kötődnek. A fenofázisok egymásutáni-ságát és időtartamát fajoként különböző és evolúciósan optimalizált környezeti jelek (pl. hőmérséklet, nappalok hossza) küszöbértékei szabályozzák. Az éghajlat módosulása a küszöbértékek, és ezen keresztül a populációk életmenetének megváltozásával jár. Ez számos élőlénycsoport esetében okozott és okoz világszerte már ma is megfigyelhető változásokat.

A növények esetében Európa számos országában léteznek olyan hosszútávú fenológiai adatsorok, amelyek különböző növényfajok rügyfakadásának, virágzá-



2. ábra

Az akác virágzásának előretolódása tíz év (1983-1994) alatt (napokban kifejezve). A viszonyítás alapja az 1851-1930 közötti időszak (WALKOVSKY, 1997 nyomán).

sának, termésérésének vagy esetleg lombhullásának időpontját tartalmazák több évtizedre, olykor évszázados időtávra visszamenőleg. Ezek alapján kimutatható, hogy a tavaszi események, mint például a rügyfakadás, egyre korábban (0,1–0,3 nap évente), míg az őszi, mint például a lombhullás, évről évre később következtek be (0,1–0,2 nap évente). Ezáltal a fák növekedési időszaka évtizedenként 2-4

nappal válik hosszabbá, ami a megemelkedett CO₂ szint mellett szintén hozzájárulhat a növények nagyobb produktívájához. Hazánkban ilyen, az összes fenológiai fázisra kiterjedő vizsgálat eddig nem készült, a legrészletesebb fenológiai elemzés a fehér akác (*Robinia pseudo-acacia*) virágzásáról áll rendelkezésre, amely az elmúlt évszázad folyamán átlagosan 3-8 nappal korábban kezdődött. Az elmúlt évtizedekben bekövetkező fenológiai eltolódások világszerte a megfigyelt esetek túlnyomó többségében (közel 90 %-ában) az adott helyen tapasztalható éghajlati változásokkal teljesen összhangban vannak.

A növényekhez hasonlóan a legtöbb mérsékeltövi állatfaj esetében is vannak olyan életszakaszok, amelyek időzítését az időjárás változásai határozzák meg. Nagy-britanniai és hollandiai vizsgálatok szerint például a lepkék rajzása évtizedenként átlagosan 4-6 nappal korábbra tolódott. Hasonló jelenséget a békák tavaszi nászéneke, illetve peterakásának időpontja esetében is kimutattak, többek között Angliában, Lengyelországban, Finnországban és az USA-ban. Madarak esetén az éghajlatváltozás érzékenyen érinti mind a költés, mind a vonulás időzítését. Számos helyszínen és számos madárfaj egyedein végzett megfigyelések alapján mind a tavaszi vonulás, mind a fészkelés időpontja fokozatosan korábbra helyeződött az elmúlt évtizedekben. Az őszi vonulás esetében ellentmondásosabb a kép, mert még közeli rokon fajok is különböző mértékben reagálnak az éghajlatváltozásra: a korábban vonuló fajok egyre korábban, míg a később vonulók egyre később indulnak útnak. E látszólag meglepő eredmény – melynek kimutatása az Ócsai Madárvárta Egyesület két évtizedes megfigyelései alapján vált lehetővé – oka valószínűleg a fajok eltérő vonulási és vedlési stratégiájában rejlik.



3–4. kép

A jégkorszakok éghajlat-ingadozásai során Európa területéről kihalt gazdag növényvilág egyik képviselője a mocsárciprus (*Taxodium*) nemzetség, mely Észak-Amerika keleti partvidékén ma is sokfelé megtalálható természetes körülmények között (3. kép). Ezek a lombhullató fenyőfélék nálunk ma már csak botanikus kertekben és parkokban fordulnak elő, de néhány millió évvel ezelőtt még Európa-szerette erdősegeket alkottak. Erre többek között a 2007 júliusában Bükkábrány közelében, egy külszíni lignitbányában talált mocsárciprus „erdő” szolgáltat bizonyítékot (4. kép). A 15 gigantikus fatörzsből álló 8 millió éves páratlan leletegyüttes egy része azóta az Ipolytarnóci Ősmaradványok Természetvédelmi Területen került végleges elhelyezésre.

A fajok (el)vándorlása

Régóta ismert, és felismert jelenség, hogy a különböző állat- és növényfajok földrajzi elterjedése szoros kapcsolatban áll az éghajlattal. Különböző fajok számára más-más éghajlat számít kedvezőnek vagy kedvezőtlennek. Az egyes éghajlati övek sajátos, jellegzetes növényzettel és állatvilággal rendelkeznek, olyannyira, hogy általában senkinek sem okoz nehézséget egy-egy tájat ábrázoló fénykép alapján a látott terület éghajlatát nagy vonalakban jellemezni – függetlenül attól, hogy konkrétan ismeri-e vagy sem a képen szereplő növény- és állatfajokat. Az éghajlati övek és az élővilág globális léptékű kapcsolatának erősségét jól jellemzi, hogy a legelterjedtebben használt éghajlat-osztályozási rendszerekben az egyes zónák határát azok növényzete alapján határozták meg. Mindezek alapján biztos számíthatunk arra, hogy a földi éghajlat változásai a legtöbb növény- és állatfaj földrajzi elterjedésére is komoly hatással lesz.

Az éghajlati viszonyok megváltozására a különböző növény- és állatfajok eltérő módon reagálnak: egyes fajok visszaszorulnak, míg más fajok gyakorisága megnő. A változások következményei területenként eltérőek lesznek: ugyanaz a faj tartozhat egyszerre a nyertesek közé (pl. elterjedési területének északabbi



5. kép Élőhelyeinek, a mozaikos szerkezetű lápréteknek pusztulása sodorhatja végveszélybe az Európaszerte veszélyeztetett réti angyalgökyér (*Angelica palustris*) hazai állományait. E faj közvetlen rokonságában számos gyógy- és fűszernövény található, kipusztulása pótolhatatlan genetikai veszteséget jelentene.

részein) és a vesztesek közé is (pl. a számára már alkalmatlanná váló délebbi területeken). A folyamat a fajok elterjedési területének változását, a fajok „vándorlását” eredményezi, amelyhez hasonlóra a földtörténeti múlt során többször is volt már példa: elég csupán a jégkorszakokra és az eljegesedett területek későbbi visszahódítására gondolni. Úgy tűnik tehát, hogy a természet képes az ilyen helyzetekkel is megbirkózni. Ez a megállapítás azonban csak részben igaz. A problémát az okozza, hogy a fajok jelentős része erősen korlátozott terjedési képességgel rendelkezik, és a változások sebességétől, valamint a terjedés akadályaitól függően számos állat- és növényfaj fennmaradása veszélybe kerülhet.

A most zajló klímaváltozás az élővilág számára két szempontból is lényegesen különbözi fog a korábbiaktól:

- várhatóan minden előzőnél gyorsabb lefolyású lesz,
- a fajoknak a megváltozó éghajlat mellett számos emberi eredetű környezetterheléssel is meg kell birkózniuk (élőhelyek átalakítása, talaj-, víz- és levegőszennyezés stb.).



6. kép A hidegkedvelő maradványnövényként számontartott hegyi szirtipáfrány (*Woodsia ilvensis*) állományai fogyatkozóban vannak.



8. kép

Egy, az élőhelyeinek szárazodására és feldarabolódására egyaránt érzékenyen reagáló, ismert, hazai kétéltű-faj, a foltos szalamandra (*Salamandra salamandra*).

A mérsékelt övi területek még a jégkorszakok időszakának viszonylag lassú éghajlat-ingadozásai során is világszerte jelentős biodiverzitásbeli veszteségeket szenvedtek. E veszteségek éppen Európában voltak a legnagyobbak, ahol az Alpok kelet-nyugati irányban húzódó hegyvonulata és a Földközi-tenger medencéje is akadályokat támasztott a fajok vándorlásának útjába. Észak-Amerikában és Kelet-Ázsiában, ahol az akadálytalan észak-déli irányú vándorláshoz szükséges tér rendelkezésre állt, például számos olyan növény család és nemzetség meg-



7. kép Az utóbbi évtizedben egyre ritkábban található meg a hegyvidéki talajlakó izlandi zuzmó (*Cetraria islandica*).

található mind a mai napig, amelyek a földtörténeti harmadidőszakban még Európa-szerre gyakoriak voltak, de mára kihaltak kontinensünkről. Ha tehát egykor az érintetlen tájban lassú fokozatossággal lejátszódó változások is az élővilág feltűnő elszegényedését eredményezték, akkor mit várhatunk e tekintetben a jelenlegi éghajlatváltozástól? A sűrűn lakott területeken, köztük hazánkban is, a természetes élővilág egyre csökkenő méretű „szigetekre” szorul vissza az átalakított táj „tengerében”. Az intenzív mezőgazdasági művelés és az urbanizáció következtében az „élőhely-szigetek” közötti „kultúrtáj” egyre inkább csak a tágtűrésű, generalista fajok (többnyire gyomok, kártevők) számára marad lakható. Az értékes biológiai sokféleséget hordozó területek egymástól való elszigetelődése az éghajlatváltozás során tovább fokozódik. Sajnos ebben a helyzetben még azoknak a fajoknak a jelentős része is komoly veszélybe kerülhet, amelyek érintetlen környezetben jó terjedési képességekkel rendelkeznek, érzékeny veszteségeket okozva ezáltal a biológiai sokféleség és az ökoszisztémák működése szempontjából.



9. kép A tündérhínár (*Cabomba caroliniana*) nálunk korábban csak termálvizekből volt ismert, ma már hideg víző csatornákból is áttelel.



11. kép Az énekes kabócák néhány faja hazánkban már ma is megtalálható (a képen az óriás énekeskabóca, a *Tibicina haematodes* látható), énekküket az utóbbi időkben akár a budapesti utcákon is egyre gyakrabban lehet hallani. A következő években a már meglévők mellett még számos mediterrán, szubmediterrán énekes kabóca faj megtelepedésére számítani lehet.



12. kép A fehérszélű törpedenevér (*Pipistrellus kuhli*) egy alapjában trópusi elterjedésű, apró termetű, védett denevérfaj, amely az 1990-es évek elején jelent meg először hazánkban, és azóta egyre gyakrabban kerül elő.

Állat- vagy növényfajoknak éghajlati okokra visszavezethető terjedésére elsősorban a sarkvidék-peremi (boreális) területek és a magashegységek viszonylag érintetlen természeti területein találhatunk példákat. Számos madár-, hal-, lepke-, szitakötő- és növényfaj esetében figyelték meg elterjedési területük északabbra, illetve nagyobb magasságba tolódását. Sűrűn lakott, erősen átalakított tájban ritkábbak az ilyen megfigyelések, de azért ilyenre is van példa: Hollandiában az utóbbi két évtizedben számos korábban ismeretlen, trópusi eredetű zuzmófaj megjelenését és terjedését regisztrálták, miközben az alacsonyabb hőigényű hazai fajok visszahúzódnak. Fajok éghajlati okokra visszavezethető visszahúzódnak is számos példa ismert: nagy valószínűséggel éghajlati hatások állnak olyan, viszonylag látványos és jól követhető folyamatok mögött is, mint számos antilopfaj egyedszámának drámai csökkenése a dél-afrikai Kruger Nemzeti Parkban. Hazánk növény- és állatfajai közül hosszabb távon elsősorban a magas víz- vagy páraigényű, atlantikus vagy északias elterjedésű, az emberi zavarást nehezen tűrő specialista és/vagy gyenge terjedőképességű fajok eltűnése várható. Közvetlenül és rövidtávon ezek közül a már éghajlatváltozás nélkül is veszélyeztetett fajok a leginkább fenyegetettek.



10. kép Ez a szömöröcsőg-félék rokonságába tartozó bizarr alakú és éretten átható büzt árasztó mediterrán gomba, a vörös kosárgomba (*Clathrus ruber*). Magyarországról még nem került elő, de határaink közelében már többfelé előfordul. Az éghajlat további melegezésével várhatóan hazánkban is megtalálható lesz majd ez a feltűnő megjelenésű gombafaj.

13. kép A világ leghírhedtebb szántóföldi gyomnövényei közé tartozó mandulapalka (*Cyperus esculentus*) a közelmúltban jelent meg hazánk területén, és négy tájegység 15 települése körzetében máris jelentős károkat okozott. Jövőbeli hazai elterjedését többek között a hőmérséklet emelkedése is elősegítheti.



Az élőhelyek átalakítása és felaprózódása mellett a természetes élővilág megmaradása szempontjából legnagyobb gondot a távoli földrészekről érkező új jövevények, az úgynevezett inváziós, vagy más szóval özőnfajok jelentik. Felgyorsult világunkban a társadalomhoz hasonlóan az élővilág is „globalizálódik”: az egyre intenzívebb nemzetközi közlekedés és kereskedelem számos faj számára teremt lehetőséget, hogy új földrészen is sikeresen megvethesse a lábát. Az áruszállítmányokban, hajók ballasztvizében utazó potyautasok mellett kiirthatatlan dísznövények, meguntható házikedvencek, valamint kétes értékű „haszon”állatok és -növények is szerepelnek az agresszív jövevények között. Hazánk tizenegy természetvédelmi szempontból legveszedelmesebb özőnnövénye (zöld juhar, parlagfű, gyalogakác, bálványfa, selyemkóró, hibrid japán-keserűfű, amerikai kőrís, ké-

14. kép A gazdasági célból a XIX. században betelepített észak-amerikai selyemkóró (*Asclepias syriaca*) ma a kevésbé kötött talajú, száraz területeken komoly természetátalakító tényezőként szerepel.



16. kép A meleget és szárazságot egyaránt jól tűrő aszályfű (*Eleusine indica*) a trópusi és a szubtrópusi területeken világszerte elterjedt gyomnövény, amely Budapesten az elmúlt 8-10 évben kezdett rohamos terjedésbe.

15. kép A nagyvárosokban lappangó, melegigényes fajok egyik hazai mintapéldája a Dél-Európában széleskörűen elterjedt déli ostorfa (*Celtis australis*), amely Magyarországon egyelőre még csak a Mecsek déli lejtőin, valamint a budai Várhegy déli lejtőin honosodott meg. Ezen a helyeken gyakori és könnyen újul. A faj szélesebb elterjedését egyelőre a fiatal egyedek fagyérzékenysége korlátozza, az éghajlatváltozás előrehaladtával azonban számítani lehet a jelenlegi előfordulási helyekről kiinduló fokozatos elterjedésére.



sei meggy, fehér akác, magas aranyvessző és parti szőlő) közül tíznek (a parlagfű kivételével) a megtelepedésében és elterjedésében szándékos betelepítés és szaporítás is szerepet játszott.

A legtöbb veszélyes özőnfaj egy darabig csendesen, meghúzódva kezdi karrierjét jövőendő hódításai földjén. Ez azt jelenti, hogy mielőtt látványos terjeszkedésbe kezdenek, évekig, sokszor évtizedekig ott élnek már új hazájuk valamely szegletében. Az, hogy végül milyen folyamatok indítják be e lappangó fajok gyors terjeszkedését, ma még kevésbé ismert.

Külön figyelmet érdemes fordítani azokra a fajokra, amelyek olyan területeken, élőhelyeken honosodtak meg, melyek az előre jelzett éghajlathoz hasonló mikro- és mezoklimatikus feltételeket kínálnak már ma. Ilyenek lehetnek például a vízi fajok számára a hóforrások és a melegvízű csatornák; míg a szárazföldi élőlények számára a déli országrészek, a hegyvidékek déli lejtői, valamint a környezetüknél télen-nyáron néhány fokkal melegebb hőszigetet képező nagyvárosok jelenthetnek először kedvező megtelepedési helyeket, majd pedig ugródeszkát a későbbi terjeszkedéshez.



17. kép Az egyik legtöbbet vizsgált táplálékhálózati kapcsolatrendszer, a kocsányos tölgy (*Quercus robur*) – kis téliaraszoló (*Opheroptera brumata*) – széncinege (*Parus major*) tápláléklánc. Ahhoz, hogy a számukra kritikus időszakban megfelelő mennyiségű táplálékot találjanak, a cinegék költésének a hernyók bőségéhez, az araszolóhernyók kikelésének pedig a fák tavaszi rügyfakadásához kell igazodnia. A melegedés hatására azonban mind a madarak költési időszaka, mind a kis hernyók kikelése hamarabb következik be, mint a tölgyfák kirügyezése.

Ez már nem az az erdő

Mint láthattuk, az éghajlatváltozás várhatóan mind az egyes egyedek sikerességében, mind a fajok elterjedésében jelentős változásokat fog előidézni. Az egyes fajok gyakoriságának megváltozásával a fajok közötti összetett kapcsolatrendszerben is óhatatlanul változások következnek be. A bonyolult versengési, táplálkozás-hálózati viszonyok átrendeződése következtében várhatóan a természetközeli közösségek ökológiai stabilitása és önfenntartó-képessége is gyengülni fog. Az eddigiekben bemutatott folyamatok bármelyike hozzájárulhat az ökológiai rendszerek további felbomlásához, átalakulásához: a növényi produkció fokozódása például fokozott avartermeléshez és ezáltal a tűzveszélyesség gyakorisága növekedhet, míg a fenológiai viszonyok megváltozása számos szoros táplálékhálózati kapcsolat széteséséhez vezethet.

Sajnos komoly a veszély, hogy a kisebb tűrőképességű, specializálódott fajok többsége az emberi tevékenység hatására a számára nagyrészt lakhatatlanná, „átjárhatatlanná” vált tájban ki fog pusztulni lelőhelyeinek többségéről. Ez a folyamat tágtűrűsű, gyomjellegű növény- és állatfajok által uralt, elszegényedett és sérülékeny társulásokat eredményez, és így további fajok inváziója előtt nyitja meg az utat. Kizárólag a legigénytelenebb, tágtűrűsű, bolygatáskedvelő fajok lesznek versenyképesek. A helyzetet tovább súlyosbítja, hogy – még ha az éghajlatváltozása viszonylag egyenletesen történik is – az átmenetek nem feltétlenül lesznek fokozatosak: a sérülékenyebbé váló ökoszisztémák extrém időjárási események,

vagy bolygatások (aszály, tüzek, új kártevők tömeges megjelenése) hatására hirtelen omolhatnak össze, és helyükön már az új, kevésbé fajgazdag, kevésbé stabil, a megváltozott körülményeket tükröző közösségek fognak megjelenni.

Az éghajlatváltozás élőhely-alakító hatása rövidebb vagy hosszabb távon sajnos a hazai természetes és természetközeli élőhelyek túlnyomó többségét jelentősen veszélyezteti. A következőkben a legfontosabb élőhelycsoportokat érő várható éghajlati hatásokat mutatjuk be a fenyegetettség sorrendjében:

18. kép A Magas Tát-ra lucfenyveseinek 2004. novemberi pusztulásáért nem kizárólag az éghajlatváltozása tehető felelőssé. Az esetben sajnos mintája lehet a jövőben várható hirtelen bekövetkező, katasztrofális élőhely-átalakulásoknak is.



lápi élőhelyek: A lápok, láprétek, láperdők oxigénben szegény vizek állandó hatásának kitett területeken kialakult sajátos élőhelyek, amelyek legfőbb jellemzője, hogy az elpusztult növényi részek a vízszint alá kerülve nem bomlanak le teljesen, hanem szerkezetüket valamennyire megtartva tőzeggé alakulnak. Az oxigénben és rendszerint tápanyagokban is szegény környezet, valamint a tőzeg jelenléte különleges élővilág megtelepedését teszi lehetővé. Az elmúlt másfél évszázad hazai vízrendezéseinek köszönhetően mára a hazai lápterületek egykori kiterjedésüknek mindössze 3 %-ára szorultak vissza. A megmaradt lápi élőhelyek fennmaradását az éghajlatváltozás a vízellátottság csökkenése révén várhatóan igen kedvezőtlenül fogja befolyásolni. A hazai lápi élőhelyek legnagyobb része feláramló mélységi vizekhez kötődik. Ha a vizek utánpótlása csökken vagy elapad, akkor a lápok sorsa bármilyen további klimatikus változás nél-

19. kép

Vízállásos sásos, magyar kőrises-füzes-nyáras láperdő tavasszal az Alföldön, Tabdi közelében. A lápi élőhelyek többségét közvetlenül és erősen veszélyezteti az éghajlatváltozás.

**20. kép**

A nagy természeti értéket képviselő üde gyepek többségét, ahogyan a képen látható fajgazdag kaszálórétet is a kaszálás felhagyása és az éghajlat szárazodása egyaránt veszélyezteti.

kül is megpecsételődik. Mivel a hazai mélységi vizek beszívargási, utánpótlási területe részben a környező országok területére esik, ezért például az Alföld utolsó lápterületeinek fennmaradását hosszabb távon a hazai vízrendezési politika változásai mellett a Kárpátoknak és előhegyeinek a csapadék-ellátottsága határozhatja meg.

üde gyepek: Nagy természetvédelmi értékkel bíró, igen fajgazdag élőhelyek, amelyek az elmúlt évszázadok hagyományos tájgazdálkodásának (kaszálás, extenzív legeltetés) hatására alakultak ki az ország hűvösebb, csapadékosabb területe-

in. A hagyományos tájhasználati módok megszűnése önmagában is erősen veszélyezteti ezeket az élőhelyeket, ami részben az ezeken az élőhelyeken megjelenő tájidegen fajok nagy számában is tükröződik. Az általános melegedés és szárazodás folyamata ezt a helyzetet rontja tovább.

üde erdők: Az ország csapadékosabb, jobb vízellátottságú vidékeihez kötődő élőhelyek, amelyek ennek megfelelően igen érzékenyek a nyári szárazságra. Az egyre gyakoribb aszályhelyzetek és a hatásukra elszaporodó károsítók komoly károkat okoznak a fő fafajokban (bükk, kocsánytalan tölgy). Felújulásukat a szárazodás mellett az intenzív vadgazdálkodás, a túlzott méretű nagyvadállomány is alapvetően nehezíti.

erdőszyepp-erdők: Ezeknek az Alföldre egykor jellemző, erdőfoltok és tisztások sajátos mozaikjából álló, európai viszonylatban is különleges élőhelyeknek a többsége mára sajnos eltűnt hazánk területéről. Egykori területüket többnyi-

**21. kép**

Az egykor kiterjedt erdőszyepp-erdők megmaradt apró, elszigetelt és legyengült állományai is veszélyben vannak.

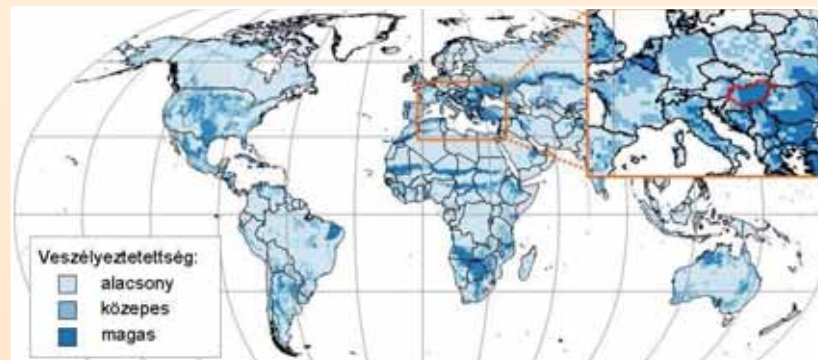
re szántóföldek, városok és erdészeti ültetvények foglalták el. Míg megmaradt területeik sorsát is több aggasztó folyamat (talajvízszint-süllyedés, özöngyomok megjelenése, túlzott vadlétszám) befolyásolja, amelyek miatt az erdőfoltok természetes felújulása már ma is problémássá vált. A további melegedés és szárazodás következményeivel már nem biztos, hogy meg tudnak birkózni, és ez a kis területű, elszigetelt maradványfoltokban katasztrófaszerű élőhely-átalakulási folyamatokat is beindíthat, például tüzek vagy új károsítók kártétele nyomán.

ligeterdők: A patak- és folyóparti ligeterdők esetében az általános szárazodás mellett az idegenhonos fajok térhódítása és a hidrológiai rezsim esetleges változásai (ritkábban jelentkező, de akkor annál magasabb, tartós vízborítással járó árvizek) jelenthetnek további kihívást.

száraz gyepek: Közülük elsősorban a kedvezőtlen vízgazdálkodású homoktalajokon kialakult, már ma is félsivatagi jellegű gyepterületek kerülhetnek veszélybe. Ezek a viszonylag nagy területen megmaradt sajátos élőhelyek gazdag és különleges növény- és állatvilágnak adnak otthont. Már ma is megfigyelhető azonban, hogy extrém aszályos esztendő után a gyepek regenerálódása több évet vesz igénybe. Ha az aszályos nyarak egy bizonyos gyakoriságnál sűrűbben követik egymást, akkor e társulások helyén egy új típusú, fajszegény félsivatagi növényzet megjelenése várható. A homoki gyepek átalakulása mellett a félszáraz löszgyepek elszegényedését, a löszvegetáció uniformizálódását is fokozza az éghajlatváltozás.

szikések: A szikések nedves élőhelyeit (szikés rétek és mocsarak) a lecsapolások már napjainkra töredékükre zsugorították. Alig felismert lappangó veszély a súlylyedő talajvízszint miatt bekövetkező sziktelenedés, kilúgzódás. A klímaváltozás e folyamatot gyorsíthatja.

22. kép
A melegedés és szárazodás homokpusztagyepekre gyakorolt hatását a Bács-Kiskun megyei Fülöpháza közelében szabadföldi kísérletekben is vizsgálják, takarófoliák segítségével kizárva a csapadék egy részét, illetve csökkentve az éjszakai lehűlés mértékét.



3. ábra
Földünk különböző területeinek az éghajlatváltozás ökológiai hatásaival szembeni sebezhetősége. Hazánk a leginkább fenyegetett térségek közé tartozik (SEG 2007 alapján).

A hazai élővilág veszélyeztetettsége

Mint azt az eddigiekben bemutatott példák is érzékeltetik, nem álltathatjuk magunkat azzal, hogy az éghajlat változása csak távoli vidékeken vagy a messzi jövőben okozhat jelentős ökológiai problémákat. Ebben a kérdésben Európa, és ezen belül Magyarország is súlyosan érintett. Azt már a földtörténeti jégkorszakok tanulságai alapján is láttuk, hogy sajátos földrajzi viszonyai miatt az éghajlat ingadozásai különösen érzékenyen érintik ezt a földrészt. Az európai táj veszélyeztetettségét tovább fokozta az itt élő népek több évezrede tartó intenzív tájformáló tevékenysége, amely a sűrűn lakott területeken a természetközeli élőhelyek drasztikus megfogatkozásához vezetett. Hegyvidéki területeken megvan az a lehetőség, hogy a fajok néhány száz méteres magassági elmozdulásokkal reagáljanak az éghajlati körülmények változásaira, – a síkvidéki területek fajainak viszont rövid idő alatt több száz kilométert kellene vándorolni az éghajlati övek követéséhez, amelyre a megváltozott viszonyok között kérdéses, hogy hány faj lesz képes. Legrosszabb helyzetben tehát a sűrűn lakott síkvidéki területek vannak. Ha ehhez még hozzávesszük, hogy a Kárpát-medence viszonylag gazdag és egyedi élővilága számára a Kárpátok vonulatai is jelentős vándorlási akadályt képezhetnek, akkor már látható, hogy miért sorolta a közelmúltban több mérvadó nemzetközi szakmai jelentés is hazánkat az ökológiailag leginkább sérülékeny, sebezhető területek közé.



4. ábra
Azoknak a növényfajoknak a jelenlegi elterjedése, melyek esetén a XXI. század közepére jó-solt potenciális elterjedési terület nem fed át a jelenlegi elterjedéssel (Araújo és mtsai 2004 alapján).



23. kép

Az alföldi tájak egykor gazdag sztyeppnövényzetének többnyire utolsó tanúi az utakat kísérő mezsgyék, melyek helyenként Európai jelentőségű botanikai és zoológiai értékeket őriznek, mint például az atracélcincér (*Pimelia tigrina*), az erdélyi hérics (*Adonis x transsylvanica*), vagy a bókoló zsálya (*Salvia nutans*) utolsó hazai állományait.

Mit tehetünk a sokféleség fennmaradásáért?

Az élővilág csodálatos képessége, hogy bizonyos keretek között képes alkalmazkodni a külső körülmények változásaihoz. Mivel a természetes ökoszisztémák alapján stabil és önfenntartó rendszerek, az éghajlatváltozás káros következményei mérséklésének, elkerülésének legjobb módja a rendszerek természetes ellenálló- és alkalmazkodó képességének megerősítése.

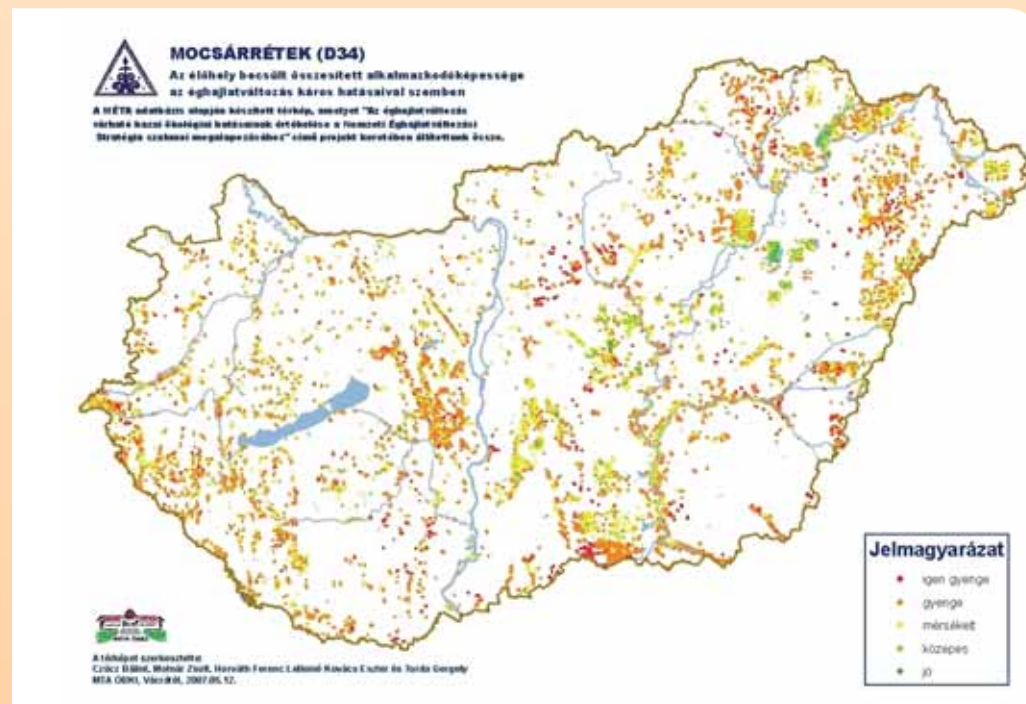
A külső körülmények romlása esetén egy élőlénynek alapján véve három lehetőség van: „elviselem” – „elmegyek” – „elpusztulok”. Természetesen a második lehetőség közvetlenül csak a mozgékonyabb állatfajok egyedei számára kivitelezhető, a legtöbb élőlény esetében a „vándorlás” több generáción keresztül tartó folyamat.

A természeti értékek megőrzése szempontjából az lenne az ideális, ha az éghajlatváltozást olyan szinten tudnánk tartani, hogy a legtöbb faj még képes legyen az eredeti élőhelyeinek nagy részén tartósan fennmaradni. Ez az egyik legnagyobb tétje annak a nagy nemzetközi éghajlat-politikai játszmánynak, amely jelenleg az ENSZ Éghajlatvédelmi Keretegyezményének (UNFCCC) keretei között folyik. Ahhoz hogy a biológiai sokféleség (minden élőlény) fennmaradjon az eredeti élőhelyén az is szükséges, hogy jelentősen mérséklődjenek az élőhelyeket károsító tájhasználati folyamatok (pl. erdőirtások, túlhalászat, iparszerű mezőgazdaság előretörése), és a megmaradt élőhelyek világszerte kellő védelmet kapjanak.

Ha a felmelegedés mértékét nem sikerül korlátozni, akkor számos növény- és állatfaj számára kizárólag új területek meghódításával kerülhető el a biztos kipusztulás. Mint a jégkorszakok példája is mutatja, ez a folyamat még viszonylag nagymértékű változások ellensúlyozására is képes lehet. Ehhez viszont az kell,

hogy az emberi tevékenység ne gördítsen akadályokat a fajok vándorlásának útjába. A táj lakhatóságának és átjárhatóságának biztosítása nagy társadalmi tudatosságot és előrelátást igénylő feladat. Az intenzíven művelt agrártájak és erdészeti ültetvények a biodiverzitás szempontjából szinte „sivatagoknak” tekinthetők. De egy rosszul megépített autópálya is jelentősen csökkentheti az élővilág mozgásterét és ezáltal az éghajlatváltozással szembeni alkalmazkodó-képességét is.

Mai világunk hosszú távon nem maradhat fenntartható, ha a társadalmi szabályozó mechanizmusok közé nem építjük be az élő természeti környezet védelmének szempontjait. Ez a feladat túlmutat a hagyományos természetvédelem keretein. Könnyű belátni ugyanis, hogy stabil környezeti feltételek között megfelelő méretű természetvédelmi területek kialakításával sok faj és élőhely jó eséllyel megőrizhető. Az éghajlatváltozás következtében viszont a rögzített rezervátumok önmagukban alkalmatlanná válnak a biológiai sokféleség megőrzésére, fenntartására. A védett területeken kívüli táj azonban döntően nem a természetvédelem, hanem más szektorok (mezőgazdaság, erdészet, vízügy) ke-



5. ábra Az egyes élőhely-előfordulások természeti állapota, környezete és elhelyezkedése alapján az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodás lehetőségei becsülhetők. Az ábra a megmaradt hazai mocsárrétek becsült alkalmazkodó-képességét mutatja be.



24. kép
A csapadékból származó vizek helyben tartása és a vizes élőhelyek restaurációja nagy mértékben megnöveli a környező táj éghajlatváltozással szembeni ellenállóképességét.

zelésében van. Mindezek alapján hazánk biológiai sokféleségének hosszútávú megőrzéséhez a természetvédelem szempontjainak az érintett szektorok tevékenységébe való integrálása elengedhetetlen. A legfontosabb feladatok a következőképpen foglalhatók össze:

Természetvédelem: a vizes élőhelyek vízmegtartó képességének helyreállítása, esetleges vízpótlási lehetőségek kidolgozása; az élőhelyek táji változatosságának, mozaikosságának fenntartása; a Nemzeti Ökológiai Hálózat továbbfejlesztése; védelmi koncepció és kezelési ajánlások kidolgozása a mezőgazdasági területekbe



25. kép
A vágásos erdőgazdálkodás nagyon sebezhetővé teszi az őshonos fafajú erdőket az éghajlatváltozással szemben.

ágyazódó nem művelt területek (mezsgyék, sövények, fasorok) hálózatainak kedvező természeti állapotba hozására; a monitorozó tevékenység erősítése.

Vízgazdálkodás: a csapadékvíz és a talajvíz megtartását előtérbe helyező vízkészletgazdálkodás előmozdítása és a jelenlegi vízlevezetési gyakorlat megreformálása; a víz mindenáron történő elvezetése helyett annak tárolása, hasznosítása a vizes élőhelyek arányának növelésével; ökológiai szempontok fokozott figyelembevétele a tározók üzemeltetése, valamint a hullámterek kezelése terén.

Erdészet: folyamatos erdőborítottságot biztosító természetserű és természetközeli erdőgazdálkodás folytatása; védőzónák biztosítása az érzékeny élőhelyek környezetében; a természetserű erdőkre és az erdészeti ültetvényekre vonatkozó szabályozások elkülönítése; az erdőssztyepp zónában kis záródású erdők fenntartása; erdőtelepítések lehetőleg őshonos fafajokkal, mind a jelenlegi erdőző-



26. kép
A kultúrtájak változatosságának és gazdagságának, többek között a régi fasorok, sövények és mezsgyék megőrzésének jelentős szerepe van az élővilág alkalmazkodóképességének biztosításában.

nában, mind az alföldi erdőssztyepp területeken; a nagyvadállomány létszámának korlátozása, extenzív vadgazdálkodás bevezetése.

Mezőgazdaság: a hagyományos tájgazdálkodás elemeinek (gyepek kaszálása, legeltetése), fenntartása, újraélesztése; védőzónák biztosítása az érzékeny élőhelyek környezetében, és elsősorban itt, de lehetőleg máshol is a kevésbé intenzív, kisebb környezetterheléssel járó gazdálkodási módok előtérbe helyezése; az ag-

rártáj heterogenitásának, mozaikosságának növelése (kisebb parcellaméret, valamint mezsgyék, sövények, fasorok, mezővédő erdősávok telepítése, gondozása).

Közlekedés: ökológiai átjárók (vadátjárók) létesítése a főutakon és az autópályákon; őshonos fajokból álló sövények; cserje és erdősávok telepítése ezek szegélyére; a kötött pályás közlekedés előnyben részesítése a közúti közlekedéssel szemben.

Szerencsére az ökológiai fenntarthatóság szempontjai már több előremutató ágazati politikában is megjelentek (Agrár- és erdő-környezetvédelmi programok, Pro Silva típusú erdőgazdálkodás, Víz Keretirányelv), és ezt a témakört az Európai Unió is kiemelt fontosságúnak tekinti. Ahhoz azonban, hogy a Pannon ökorégió gazdag természeti öröksége unokáink számára is fennmaradjon, kitarító társadalmi párbeszédre és a rövidtávú gazdasági érdekeken túlmutató bátor tervezésre és megvalósításra van szükség.



27. kép Az autópályák áthatolhatatlan akadályt jelenthetnek az élővilág számára. A káros hatások megfelelő műtárgyak (vadátjárók, zöldhidak) beépítésével mérsékelhetők.



Ajánlott irodalom

- ARAÚJO M.B., M. CABEZA, W. THULLER, L. HANNAH & P.H. WILLIAMS (2004): Would climate change drive species out of reserves? An assessment of existing reserve-selection methods. *Global Change Biology* **10**: 1618–1626.
- CZÚCZ B., KRÖEL-DULAY Gy., RÉDEI T., BOTTA-DUKÁT Z. & MOLNÁR Zs. (SZERK.) (2007): Éghajlatváltozás és biológiai sokféleség – elemzések az adaptációs stratégia tudományos megalapozásához. Kutatási jelentés, kézirat, MTA ÖBKI, Vácrátót. URL: http://www.botanika.hu/download-01/NES/Eghajlatvaltozas_Biodiverzitas.pdf
- FEKETE G. & MOLNÁR E. (2005): Természetes életközösségek, növénypopulációk válasza a klímaváltozásra. *Botanikai Közlemények* **92**(1–2): 173–187.
- IPCC (2007): Éghajlatváltozás 2007. Az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület (IPCC) Negyedik Értékelő jelentése: A munkacsoportok döntéshozói összefoglalói. Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium – Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest.
- KOVÁCSNÉ LÁNG E., KRÖEL-DULAY Gy. & CZÚCZ B. (2006): Szakértői anyag a Kormány programjában szereplő Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia természetvédelmi részéhez. Kézirat, MTA ÖBKI, Vácrátót, URL: http://www.botanika.hu/download-01/NES/szakertoi_anyag_2006.dec_hosszu.pdf
- LÁNG I., JOLÁNKAI M. & CSETE L. (SZERK.) (2007): *Globális klímaváltozás: hazai hatások és válaszok – a VAHAVA jelentés*. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest.
- MOLNÁR V. A. (2007): Az éghajlatváltozás hatása a hazai növényvilágra. Hol volt, hol nem volt... *Vadon* **14**(4): 20–24.
- PARMESAN C. (2006): Ecological and Evolutionary Responses to Recent Climate Change. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* **37**: 637–669.

- SEG (Scientific Expert Group on Climate Change) (2007): Confronting Climate Change: Avoiding the Unmanageable and Managing the Unavoidable. In: *Report prepared for the United Nations Commission on Sustainable Development* (Eds. BIERBAUM, R.M., J.P. HOLDREN, M.C. MACCRACKEN, R.H. MOSS & P.H. RAVEN). Sigma Xi – United Nations Foundation, Washington, DC. URL: http://www.unfoundation.org/files/pdf/2007/SEG_Report.pdf
- UNEP (2001): GLOBIO. *Global methodology for mapping human impacts on the biosphere*. (Eds. C. NELLEMAN, L. KULLERUD, I. VISTNES, B.C. FORBES, E. HUSBY, G.P. KOFINAS, B.P. KALTENBORN, J. ROUAUD, M. MAGOMEDOVA, R. BOBIWASH, C. LAMBRECHTS, P.J. SCHEI, S. TVEITDAL, O. GRØN & T.S. LARSEN). UNEP/DEWA/TR.01-3.
- WALKOVSKY A. (1998): Changes in phenology of the locust tree (*Robinia pseudo-acacia* L.) in Hungary. *International Journal of Biometeorology* **41**: 155–160.
- WALTHER G.R., E. POST, P. CONVERY, A. MENZEL, C. PARMESAN C, T.J.C. BEEBEE, J. FROMENTIN, O. HOEGH-GULDBERG & F. BAIRLEIN (2002): Ecological responses to recent climate change. *Nature* **416**: 389–395.