

AZ ÖKOSZISZTÉMA-SZOLGÁLTATÁSOK SZEREPE ÉS LEHETŐSÉGEI AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS ELLENI KÜZDELEMBEN

Czúcz Bálint

tudományos segédmunkatárs,
MTA Ökológiai és Botanikai Kutatóintézet,
czucz@botanika.hu

Kröel-Dulay György

tudományos főmunkatárs,
MTA Ökológiai és Botanikai Kutatóintézet
gyuri@botanika.hu

Török Katalin

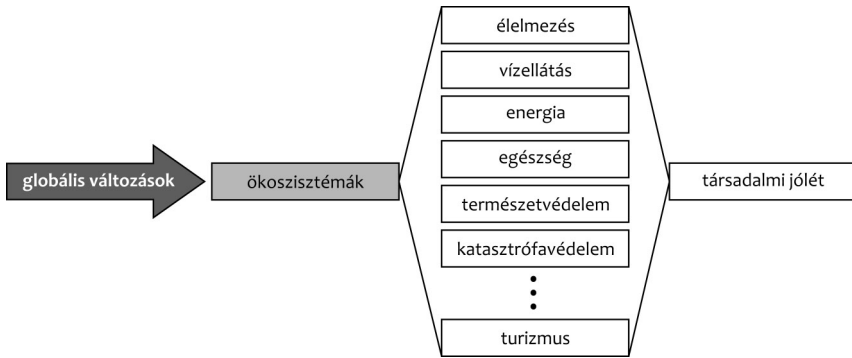
igazgató, MTA Ökológiai és Botanikai Kutatóintézet
kati@botanika.hu

Bevezetés

Az emberiség a XX–XXI. században számos korábban nem tapasztalt, jelentős globális környezeti válsággal szembesült, melyek komoly kihívást és egyúttal fenyegetést is jelentenek. E globális problémák két markáns és egymáshoz szorosan kapcsolódó képviselője az antropogén éghajlatváltozás és a biológiai sokféleség pusztulása. A légkör és a bioszféra földtörténeti egymásrataltságának, kölcsönhatásainak és koevolúciójának ismeretében ez a szoros kapcsolat nem meglepő. Mindemellett azonban az ökoszisztémák degradációjának és az éghajlatváltozásnak a kiváltó okai is részben közös gyökerekre vezethetők vissza: arra az alapproblémára, hogy az emberiség létszáma és életmódja folytán a természeti környezet egyre kevésbé képes kielégíteni a szükségleteinket, és elnyelni a hulladékainkat. Társadalmunk jellemzően nyílt körfolyamatokkal dolgozó „gazdasági metabolizmusa” az elmúlt évtizedek folyamán elérte azt a méretet, melyet a természetes

rendszerek már nem képesek tünetek, mellékhatások nélkül tolerálni (például: Daly, 2005; Rockström et al., 2009).

Ennek megfelelően az éghajlatváltozás és az ökoszisztémák problémái nem kezelhetők külön-külön. Az egyes problémák elkülönült kezelése a kiváltó okok kezelése nélkül csak a problémák tologatását jelenti, és kizárólag ideiglenes megoldásokat hozhat. Csak a teljes problémakör együttes, rendszerszintű kezelésétől remélhetünk valódi eredményeket. Mindezt Connie Hedegaard, az EU klímaügyi biztosa a következőképpen fejezte ki: *„Nem leszünk képesek megállítani az éghajlatváltozást, vagy alkalmazkodni hozzá, ha nem őrizzuk meg az ökoszisztémáinkat. És nem fogjuk tudni megállítani az ökoszisztémák pusztulását sem, ha nem tudjuk féken tartani az éghajlatváltozást.”* (Hedegaard, 2010) Integrált megközelítésekre van tehát szükség. Olyan éghajlati adaptációs és mitigációs politikákra, melyek egyben elősegítik az ökoszisztémák épségének megőrzését is, illetve olyan biodiverzitási politikákra, melyek egy-



1. ábra • Az ökoszisztéma szolgáltatások koncepciójának beépítése a stratégiai elemzésekbe (Schröter, 2005 alapján)

ben az éghajlatváltozással szemben is növelik az élővilág és a tájban élő emberi közösség rezilienciáját.

Sajnos azonban nem minden éghajlatvédelmi adaptációs és mitigációs intézkedés jár automatikusan pozitív ökológiai hatásokkal. Talán a leginkább vitatott klímavédelmi eszköz ilyen tekintetben az intenzív mezőgazdasági természetből származó „bioüzemanyagok” kérdésköre, melyek amellet, hogy károsan érintik az adott terület élővilágát, negatívan befolyásolhatják a globális élelmiszerbiztonságot, ráadásul nem is biztos, hogy érdemben képesek hozzájárulni az emberiség energia-gondjainak csökkentéséhez (például Field et al., 2008). Vitatható összhatásokkal járó klímavédelmi intézkedésekre azonban számos további példa is hozható. Felmerülhet a kérdés, hogy lehet-e egyáltalán, s ha igen, hogyan lehet hatékonyan és áttekintően előre mérlegelni egy-egy lehetséges intézkedés várható társadalmi, környezeti és ökológiai hatásait?

Itt jön képbe az ökoszisztéma-szolgáltatások fogalma (Török, 2009): ez a szemléletmód ugyanis egy olyan eszköztárat, megközelítési lehetőséget kínál, mely közös nevezőre tudja hozni a különböző szektorok felé támasztott

társadalmi igényeket, és egyszerre tudja szemlélni és megjeleníteni egy-egy folyamat, beavatkozási lehetőség különböző jellegű hatásait és mellékhatásait (1. ábra).¹

Hogyan segíthetnek az ökoszisztémák és szolgáltatásaik?

A stratégiailag jó éghajlatvédelmi intézkedéseknek két fő ismérvük van: (1) rendszerszinten kezelik a jelentkező problémákat (azaz nem úgy oldják meg az egyik részrendszerben, társadalmi-gazdasági ágazatban jelentkező problémákat, hogy azt közben más részrendszerekre terhelik át), valamint (2) reziliensek, azaz a környezeti, társadalmi vagy gazdasági körülmények különböző várható és előre nem látható megváltozásai esetén is fenntarthatók maradnak. Az ökológiai rendszerek működésére építő, az ökoszisztéma-szolgál

¹ Az „ökoszisztémák” ebben a megfogalmazásban magukban foglalják a teljes önszerveződő környezeti rendszert, annak élő és élettelen elemeivel, visszacsatolási mechanizmusával egyaránt. Az ökoszisztéma-szolgáltatások vizsgálata így ebben a megközelítésben nemcsak biológiai, hanem egyben fizikai, kémiai, sőt szociológiai, gazdasági jellegű feladat is, amely intenzív együttműködést igényel az egyes szakterületek művelői között.

tatások széles körét figyelembe vevő megoldások mindkét szempontból megfelelőek lehetnek (CBD, 2009). Az, hogyha egyetlen probléma, egyetlen szektor helyett az ökoszisztéma-szolgáltatások széles körére egyszerre optimalizálunk, nagy lépést jelenthet a problémák rendszerszintű kezelése irányába. Másrészt az ökoszisztémák működésének, belső folyamatainak tudatos használatára alapozó megközelítések jobban ki tudják használni a természetes rendszerek önszerveződő képességét, belső rezilienciáját, s ily módon a külső körülmények változásai esetén is nagyobb eséllyel maradhatnak önfenntartók vagy minimális energiabefektetéssel fenntarthatók, mint a tisztán mérnöki vagy technológiai jellegű megoldások.

A következőkben néhány jellegzetes példán keresztül mutatjuk be az ökoszisztémának a lehetséges éghajlatvédelmi intézkedések tervezésében és az adaptációs és mitigációs stratégiák kialakításában betöltött szerepét.

A légköri szén-dioxid megkötése és megtartása (mitigáció)

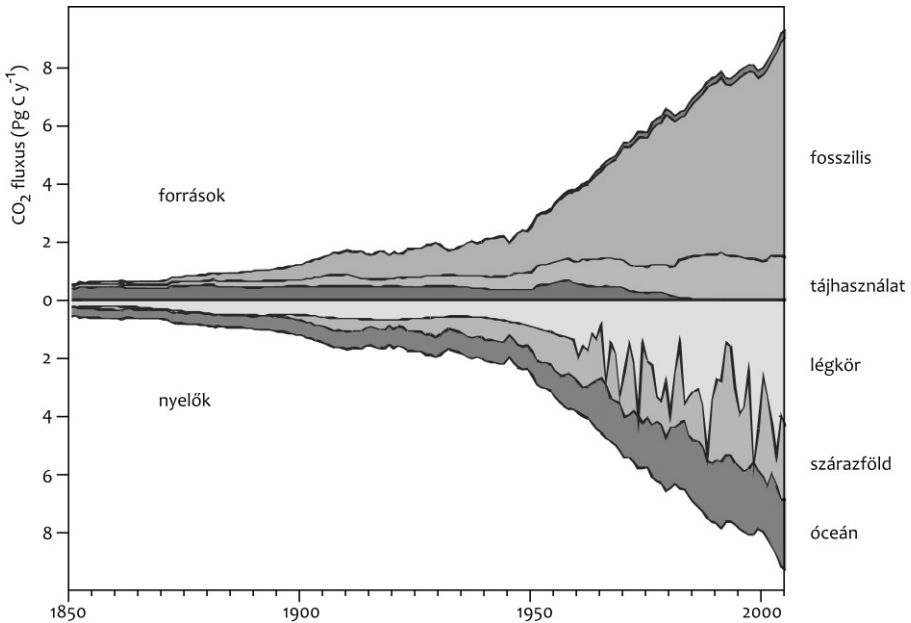
A természetes ökoszisztémák a légköri CO₂-koncentráció szabályozásán keresztül egy hatalmas jelentőségű szolgáltatást nyújtanak az emberiségnek, mely nélkül a földi klíma stabilitását vesztené.

A 2. ábra felső részén az emberiség kumulatív szén-dioxid kibocsátása, míg az alsó felén a kibocsátott CO₂ sorsa látható. A kibocsátott CO₂-nak csak egy része marad tartósan a légkörben, a többit a szárazföldi ökoszisztémák és az óceánok elnyelik. Ez a rész igen jelentős: a 2000–2006-os időszak számadatai alapján a szárazföldi növényzet és az óceánok az emberi kibocsátások mintegy 55%-át vonták ki rövid úton a légkörből. Ez az óriási mennyiség társadalmi-gazdasági szempont-

ból is hatalmas szolgáltatást jelent.² Problémát okoz viszont, hogy az ökoszisztémák lassan telítődni látszanak, és az elnyelt szén-dioxid aránya hosszú távon lassú, de határozott (~1 százalékpont/évtized) csökkenési tendenciát mutat (Canadell et al., 2008). Ráadásul sajnos nem garantálható, hogy ez a telítődési folyamat a jövőben is lineáris maradjon: modellszámítások szerint +2–3 °C-os globális felmelegedés esetén a szárazföldi ökoszisztémák nettó nyelők-ből nettó kibocsátókká válnak, melyet többek között az Amazonas-medence esőerdeinek várható összeomlása okoz majd.

Mint láthatjuk tehát, a megkötés mellett a szénkészletek megtartása is igen jelentős ökoszisztéma-szolgáltatásnak tekinthető. Eből a szempontból sem tekinthető azonban minden magas szénkészlettel rendelkező szárazföldi ökoszisztéma egyformának. Bár lehet, hogy az egyfajú, homogén erdészeti ültetvények a szénmegkötés szempontjából ideig-óráig lekörözik a diverz és strukturált természetes erdőket, de egyúttal sokkal sebezhetőbbek, kiszolgáltatottabbak is a különböző káros hatásoknak, többek között az éghajlatváltozás hatásainak is. Jó példa erre az amerikai trópusok egyik legnagyobb erdészeti ültetvényének esete. Ezt a több mint 600 000 ha-os elegyetlen és homogén *Pinus caribaea* ültetvényt az 1997-es különösen száraz El Niño év során egy olyan gombafaj pusztította el csaknem teljesen, mellyel szemben ez a fenyőfaj normális körülmények között amúgy viszonylag ellenálló (Guariguata et al., 2008). De az emlékezetes 2004-es magas-tátrai széltörés is jó példa az egykorú

² 2002 és 2006 között a szárazföldi növényzet évente átlagosan 10 mrd tonna CO₂-t vont ki a légkörből. E mennyiség értéke az EU ETS emissziókereskedelmi rendszerében 2008-as árfolyamon több mint 200 mrd Eurót tett ki (Canadell et al., 2008 adatai alapján).



2. ábra • Az emberiség kumulatív szén-dioxid kibocsátásának alakulása, források és nyelők szerinti megoszlása az elmúlt évszázadok folyamán (Canadell et al., 2008)

elegyetlen erdők csökkent rezilienciájára. A változatos fajösszetételű és koreloszlású erdők ezzel szemben általánosságban ellenállóbbak a szélsőséges eseményekkel szemben (Kenderes et al., 2007).

Az éghajlatváltozás káros hatásaihoz való alkalmazkodás (adaptáció)

Egy tipikus példa, ahol talán a leginkább egyértelmű az ökoszisztéma-alapú megközelítések előnye a tisztán mérnöki vagy technológiai megoldásokkal szemben, az a tengerparti területek védelme a földrengések és trópusi ciklonok keltette szökőárraktól. A mangrove vegetáció kiválóan képes nyújtani ezt a szolgáltatást (Danielsen et al., 2005). A legtöbb partvédelmi műtárgynál lényegesen kisebb bekerülési és fenntartási költségek mellett a mangrove számos további jelentős előnnyel rendelkezik, melyek jól példázzák

az ökoszisztémák működésére és szolgáltatásaira alapuló védekezés előnyeit: a kialakított védérdők hozzájárulnak a biodiverzitás fenntartásához, a lakosság élelmezéséhez (szaporodóhely és élettér a halak számára), valamint a CO₂ megkötéséhez is.

Az éghajlatváltozás a világ számos részén a csapadék szélsőségesebbé válásához vezethet. Az, hogy ez mennyire fog szélsőséges folyami vízjárásokhoz vezetni, nagymértékben a felső vízgyűjtők felszínborításától függ. A vizes élőhelyek és a stabil, klimax közösségek fenntartása, illetve restaurációja hatékony eszköz lehet az érintett alvízi területek és az ott élő lakosság éghajlati rezilienciájának megerősítéséhez (3. ábra). Hasonlóképpen: a síkvidéki területek esetében az árterületek restaurációja vezethet számos ökoszisztéma-szolgáltatás és az éghajlati reziliencia szintjének emelkedéséhez.

Az ökoszisztémák működésére és szolgáltatásaira alapuló megoldások számos további, hagyományosan intenzíven menedzselt szektor esetében is léteznek (1. táblázat).

A követendő stratégia

A bemutatott megoldások többnyire (1) a diverzitás megőrzésén, és (2) a mértékletesebb, de egyúttal fenntarthatóbb haszonvételek elvén nyugszanak. Mindez rávilágít arra, hogy mint mindennek, az ökoszisztéma-alapú megoldásoknak is „áruk” van: területeket kell biztosítanunk, melyeken ökológiai rendszereket kell restaurálni. Vagy más nézőpontból szemlélve: némi rásegítéssel és a gátló tevékenységek korlátozásával lehetővé kell tennünk, hogy az ökoszisztémák önszerveződő

és szolgáltatásnyújtó képessége érvényesüljön. Szolgáltatásnyújtó képessége? Igen, itt elsősorban azokról az ökoszisztéma-szolgáltatásokról (mint például a faanyagtermelés vagy az árvizek levezetése) van szó, melyeket történetének zömében természetes rendszerek biztosítottak az emberiség számára. Az elmúlt évszázadok során az emberiség egyre fokozódó mértékben váltotta ki e szolgáltatásoknak a biztosítását külső energiabevittel dolgozó féltermészetes és mesterséges rendszerek segítségével, melyek hatékonyabbnak tűntek e feladatokra. Az új megoldások azonban mind fenntarthatóság, mind reziliencia szempontjából alatta maradnak a természetes rendszerek által nyújtott megoldásoknak, és ez az éghajlatváltozás és az energiaválság korában



3. ábra • A képen Haiti és a Dominikai Köztársaság határa látható madártávlatból (fotó: James P. Blair / National Geographic / Getty Images) A kopár rész Haiti, ahol az egykori erdőtakaró 96%-a az ország sajátos történelmének áldozatává vált. A folyamat számos negatív társadalmi és ökológiai következményének egyike, hogy a halálos áldozatokkal járó árvizek és földcsuszamlások száma Haitin az utóbbi tíz évben közel háromszor annyi volt, mint az ugyanazon sziget másik felét elfoglaló Dominikai Köztársaságban.

Mezőgazdaság	agrobiodiverzitás, táji diverzitás fenntartása vagy fokozása, extenzív technológiák előtérbe helyezése
Erdészet	változatos kor- és fafaj-összetételű természetserű erdők fenntartása, a természetes táji diverzitás fenntartása vagy helyreállítása
Bioüzemanyagok	ha szükséges, akkor extenzíven művelt természetközeli gyepekből
Vízgazdálkodás	a vízmegtartás előtérbe helyezése, vízgyűjtők felszínborítottságának megtartása, hullámtér- és ártér-revitalizáció, ártéri gazdálkodás
Halászat	védett tengeri területek hálózatainak kialakítása
Települések	fasorok, parkok, zöldtetők telepítése

I. táblázat • Néhány példa a különböző szektorokban alkalmazható ökoszisztéma-alapú éghajlati adaptáció lehetőségeire

komoly kérdéseket vet fel. Egy változó, és az eddig megszokottnál kiszámíthatatlanabb klímában másképpen kell optimalizálni. Ez azt jelenti, hogy még olyan esetekben is érdemes komolyan megfontolni az ökoszisztéma-alapú éghajlatvédelmi intézkedések lehetőségeit, ahol azok alkalmazása a nagyobb területigény, illetve a „hagyományos” (jelenleg uralkodó) gazdálkodás korlátozása miatt, látszólagos „többletköltségekkel” járna a mérnöki-technológiai megoldásokhoz képest.

Mindezek alapján az ökoszisztéma-alapú adaptáció egyre inkább bekerül a tudományos vizsgálatok és a szakpolitikai stratégiaalkotás fókuszába (CBD, 2009), és egyes esetekben már a gyakorlatban is jelen van, még ha nem is így hívják (Pro Silva típusú erdőgazdálkodás, Tisza-szabályozás újragondolása). Viszonylag alacsony költség- és technológiai igényeik például különösen vonzóvá teszik e megoldástípusokat az elmaradottabb térségekben és a harmadik világ országaiiban. Vagy más szavakkal kifejezve ugyanazt: az ökoszisztéma-alapú megoldások sokkal kevésbé függenek a gazdaság teljesítőképességétől, a gazdasági növekedéstől, mint a „hagyományos” mérnöki technológiai megoldások. Azaz, attól a folyamattól, mely végső soron

elindította és kiváltotta a megoldani kívánt problémát. Ez viszont egy alapvető érv. Egy klasszikus einsteini idézet szavaival: *„Nem lehet a problémákat ugyanazzal a gondolkodásmóddal megoldani, mint ahogyan létrehoztuk őket.”* Mindezek alapján pedig a fejlett világban és itt Magyarországon is érdemes komolyan fontolóra venni az ökoszisztéma-alapú éghajlatvédelem lehetőségeit.

A természetvédelem és a biodiverzitás megőrzése sokáig a „gazdag országok luxusának” tűnt, és legfeljebb erkölcsi vagy esztétikai szempontokkal lehetett érvelni mellette. Mára azonban világossá vált, hogy szükségünk van a természet szolgáltatásaira, és akkor tudjuk a legkisebb veszteségekkel túlélni az előttünk álló globális kihívásokat, ha megtanulunk együttműködni velük. Változó és kiszámíthatatlan környezeti feltételek között ugyanis elemi érdekünk az ökológiai rendszerekre támaszkodva – azokat megőrizve, mértékletesen használva és helyreállítva –, és nem azok ellenében megpróbálni az alkalmazkodást.

Kulcsszavak: *éghajlati adaptáció, éghajlati mitigáció, klímapolitika, éghajlati sérülékenységek, reziliencia*

IRODALOM

- Canadell, Pep – Ciais, P. – Conway, T. et al. (2008): *Recent Carbon Trends and the Global Carbon Budget*. www.globalcarbonproject.org
- CBD (Secretariat of the Convention on Biological Diversity) (2009): *Connecting Biodiversity and Climate Change Mitigation and Adaptation: Report of the Second Ad Hoc Technical Expert Group on Biodiversity and Climate Change*. Montreal, Technical Series No. 41. • <http://www.cbd.int/doc/publications/cbd-ts-41-en.pdf>
- Daly, Herman E. (2005): Economics in a Full World. *Scientific American*, 293, 3, 100–107. • http://sef.umd.edu/files/ScientificAmerican_Daly_05.pdf
- Danielsen, Finn – Sorensen, M. K. – Olwig, M. F. et al. (2005): The Asian Tsunami: A Protective Role for Coastal Vegetation. *Science*, 310, 643. • <http://www.sciencemag.org/content/310/5748/643.full>
- Field, Chris B. – Campbell, J. E. – Lobell, D. B. (2008): Biomass Energy: The Scale of the Potential Resource. *Trends in Ecology and Evolution*, 23, 65–72. • <http://www.cas.muohio.edu/~stevenmh/Field%20et%20al%202008.pdf>
- Guariguata, Manuel R. – Cornelius, J. P. – Locatelli, B. et al. (2008): Mitigation Needs Adaptation: Tropical Forestry and Climate Change. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 13, 8, 793–808.
- Hedegaard, Connie (2010): Speech by Commissioner Hedegaard Green Week Closing Session 'Biodiversity – our lifeline'. Brussels, 4 June 2010. • http://ec.europa.eu/environment/greenweek2010/sites/default/files/speeches_presentations/hedegaard_closing.pdf
- Kenderes Katalin – Aszalós R. – Ruff J. et al. (2007): Effects of Topography and Tree Stand Characteristics on Susceptibility of Forests to Natural Disturbances (Ice and Wind) in the Börzsöny Mountains (Hungary). *Community Ecology*, 8, 2, 209–220.
- Lenton, Tim M. – Held, H. – Kriegler, E. et al. (2008): Tipping Elements in the Earth's Climate System. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 105, 6, 1786–1793. • <http://www.pnas.org/content/105/6/1786.full>
- Rockström, Johan – Steffen, W. – Noone, K. et al. (2009): A Safe Operating Space for Humanity. *Nature*, 461, 472–475.
- Schröter, Dagmar (2005): *Vulnerability to Changes in Ecosystem Services*. CID Graduate Student and Postdoctoral Fellow Working Paper No. 10. Science, Environment and Development Group, Center for International Development, Harvard University, Cambridge, MA, USA • http://www.hks.harvard.edu/var/ezp_site/storage/fckeditor/file/pdfs/centers-programs/centers/cid/publications/student-fellows/wp/010.pdf
- Török Katalin (2009): A Föld ökológiai állapota és perspektívái. *Magyar Tudomány*, 170, 1, 48–53. • <http://www.matud.iif.hu/2009/09jan/09.html>

