

Kritikus ökoszisztéma-infrastruktúrák és jelentőségük a környezetbiztonságban

A leginkább az éghajlatváltozás következményeként említendő szélsőséges időjárási eseményekre való felkészülés napjaink egyik legfőbb kihívása, környezetbiztonsági jelentősége nem vitás. A természeti, táji adottságok extrém terhelése és átalakítása miatt az ökoszisztéma-szolgáltatások mennyisége csökkent, minősége romlott, az alkalmazkodási képesség nem javult. Az elemzések azt mutatják, hogy előnyösebb a megelőző jellegű intézkedés, a környezettudatosabb tervezési szemlélet. A globális környezeti jelentések és az Európai Unió (EU) ökoszisztémát előtérbe helyező stratégiái mellett a hazai ökoszisztéma környezetbiztonsági szempontú állapotát, illetve az ökoszisztéma-szolgáltatások vízügyi összefüggéseit mutatja be a szerző tanulmányában.

Kulcsszavak: éghajlati adaptáció, ökoszisztéma-szolgáltatás, integrált vízgazdálkodás

Critical Ecosystem Infrastructures and Their Importance in Environmental Security

Preparing for extreme weather events to be mentioned as mainly a result of climate change is one of the main challenges today, and its significance for environmental safety is undeniable. Due to the radical load and transformation of natural areas and landscape, the declining quantity and quality of ecosystem services has resulted in lack of adaptive capacity (resilience) to extreme elements, which needs to be restored. Research, case studies of more like preventive nature-based measures and bottom-up civil initiatives shed more environmentally conscious design approach supported by the cost-benefit analyzed measures as well. In addition to the global environmental reports and the strategies of the European Union focusing on the ecosystem the study presents the state of the Hungarian ecosystem in terms of environmental safety and the water relations of the ecosystem services.

Keywords: climate adaptation, ecosystem services, integrated water management

¹ Nemzetköziprojekt-koordinátor, Országos Vízügyi Főigazgatóság; e-mail: lakatos.boglarka@ovf.hu; ORCID: 0000-0001-7760-3190.

Bevezetés

Kutatási területem fókuszja az éghajlatváltozás lokális hatásaihoz való alkalmazkodási lehetőségek feltárása. Elsősorban olyan vízgazdálkodási módszerek vizsgálata, amelyek az úgynevezett könnyű műszaki, vagyis *soft engineer* irányából közelítik meg a vízmenyiségi problémákat és természetre alapozott intézkedéseket irányoznak elő. A témát érintő részkutatások eredményeinek összegzéseként, az éghajlatváltozás megkérdőjelezhetetlen hatásainak környezeti és gazdasági oldalát is megjelenítő kutatási jelentéseket mutatom be az első bevezető fejezetben.

Az éghajlatváltozás tudományos alapjairól, környezeti, társadalmi és gazdasági velejárójáról, várható közvetlen következményeiről a politikai döntéshozók számára rendszeres értékelést nyújtanak többek között az olyan nemzetközi intézmények, mint az ENSZ Éghajlatváltozás Kormányközi Testülete (*Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC), amely az éghajlatváltozással kapcsolatos tudományos értékelést végzi, a Meteorológiai Világszervezet (*World Meteorological Organization*, WMO) és az Egyesült Nemzetek Környezetvédelmi Programja (*United Nations Environment Programme*, UNEP). Európai szinten az Európa Környezeti Ügynökség (*European Economic Area*, EEA) nyújt tájékoztatást a környezetről a környezetvédelmi politika kidolgozásában, elfogadásában, végrehajtásában és értékelésében részt vevők, valamint a nagyközönség számára. Nemzetközi szinten további két NATO-csoport foglalkozik környezetbiztonsági, környezetvédelmi és éghajlat-politikai kérdésekkel: a Környezetvédelmi Munkacsoport (*Environmental Protection Working Group*, EPWG), illetve az Energiahatékonyság és Környezetvédelem Szakértői Csoportja (*Specialist Team on Energy Efficiency and Environmental Protection*, STEEP). Az Európai Unió környezeti és éghajlati programjai az Európai Bizottság Környezetvédelmi Főigazgatósága (*Directorate-General for Environment*, DG ENV) alatt szerveződnek.

Az éghajlatváltozás tudományos leközlésén kívül számos, nemzeti szinten megrendelt nemzetbiztonsági és gazdasági sérülékenységre rámutató, mára alapirodalomként hivatkozott dokumentum készült, amelyek – a jövőbeli lépéseket illetően – alapvetően egy irányba mutatnak. Hazánkban mind a *Nemzeti Biztonsági Stratégia*,² mind a *Nemzeti Katonai Stratégia*³ kiemelt kockázatként kezeli az éghajlatváltozás kérdését. A hadtudomány és a katonai műszaki tudomány is kiemelt figyelmet fordít a kérdésre.⁴

A Stern-jelentés⁵ az első olyan környezeti előrejelzés a világon, amelyet nem éghajlati szakértők, hanem egy közgazdasági szaktekintély irányításával dolgoztak ki. *Az éghajlatváltozás közgazdaságtana* című értékelés egyik leglényegesebb következtetése szerint az éghajlatváltozás egyedülálló kihívást jelent a közgazdaságtannal szemben: ez a valaha létezett legnagyobb és a legkiterjedtebb piaci kudarc.⁶ A tanulmány felhívta a figyelmet

² 1163/2020. (IV. 21.) Korm. határozat Magyarország Nemzeti Biztonsági Stratégiájáról.

³ 1393/2021 (VI. 24) Korm. határozat Magyarország Nemzeti Katonai Stratégiájáról.

⁴ BODA et al. 2016; BLESZITY et al. 2016.

⁵ STERN 2007; YOHE–TOL 2008.

⁶ Közgazdaságtani fogalom: azokat a gazdasági jelenségeket foglalja össze, amikor a magán gazdasági szereplők észszerű és önérdékkövető magatartása nem a kívánt társadalmi optimumhoz vezet.

arra is, miszerint az éghajlatváltozással kapcsolatos határozott, idejében megtett intézkedések haszna nagyobb, mint azok költsége. Stern a jelentésben az éghajlatváltozás gazdasági hatásait, a bruttó hazai termék (GDP) várható alakulására gyakorolt hatását vizsgálta. Arra a következtetésre jutott, hogy ha nem történnek változások, ha a globális károsanyag-kibocsátás jelentős részéért felelős ipari hatalmak nem tesznek semmit, akkor a fejlett országoknak 2050-ig évi 5%-os GDP-csökkenéssel kell számolniuk. Ez a leg-szerűsebb számítás, a csökkenés évi 20%-os vagy még több is lehet, ami megrendítheti a világgazdaságot. Ezért az éghajlatváltozás korántsem tekinthető kizárólag környezetvédelmi kérdésnek, hiszen hatásai alapvető gazdasági és biztonsági kockázatot jelentenek.

A Dasgupta-jelentést,⁷ vagyis *A biodiverzitás gazdaságtana* című értékelést Partha Dasgupta, a Cambridge-i Egyetem (University of Cambridge) közgazdásza publikálta 2021-ben. A hagyományos közgazdaságtan kritikájaként megfogalmazott 602 oldalas jelentés többek között arra hívja fel a figyelmet, hogy találjanak alternatív módszereket a gazdagság mérésére a GDP helyett, hiszen az szerinte „teljesen alkalmatlan” a fenntartható fejlődés biztosítására. A 49. oldalon a fizetés az ökoszisztéma-szolgáltatásokért (*Payment for Ecosystem Services*) javasolt PES-rendszer azon az elven alapul, amely szerint az ökoszisztéma-szolgáltatások haszonélvezőinek fizetniük kell azok megőrzésért és visszaállításáért. Az alap elgondolást természetesen nagyban befolyásolta az a tény, hogy a földtulajdonosok gazdálkodási módszerei nem feltétlenül (általában nem) kompatibilisek az ökoszisztéma-szolgáltatások fenntarthatóságával, amelyek így közvetetten a közhasznúságot is folyamatosan veszélyeztetik. A jelentés arra ösztönzi a politikai döntéshozókat, hogy fogadják el, hogy minden üzleti tevékenység „beágyazódik” a természetbe, és ennek megfelelően kezdjék el értékelni az ökoszisztémákat.

A *Mélyadaptáció*⁸ című koncepciót Jem Bendell, a Cumbriai Egyetem (University of Cumbria) fenntarthatósági professzora 2018-ban vezette be. Feltételezi, hogy a szélsőséges időjárási események és az éghajlatváltozás egyéb hatásai egyre inkább megzavarják az élelmiszer-ellátást, a vízhez való hozzáférést, a társadalmi és kormányzati rendszereket, összeomlást okoznak a következő néhány évtizedben. A „mély” szó azt jelzi, hogy határozott intézkedésekre van szükség ahhoz, hogy alkalmazkodjunk a hirtelen fellépő új körülményekhez. Tudományos elemzéseken alapuló feltételezéseinek azonban egy szocio-kulturális, erőszakmentes és együttműködésen alapuló megoldásfókuszú koncepciót mutat be, amely a közösségi együttműködés értékeit veszi alapul. A professzor tanulmánya népszerűsítette a „mély alkalmazkodás” kifejezést, katalizálja a kapcsolódó online közösségek kialakulását. 2019 márciusában Bendell és munkatársai elindították a *Deep Adaptation Forumot*, hogy kapcsolatba lépjenek és támogassák azokat az embereket, akik osztják nézeteit. A *New York Times* arról számolt be, hogy a *Positive Deep Adaptation* (azóta *Deep Adaptation* névre keresztelt) Facebook-csoportnak 2020 márciusában közel 10 000 tagja volt, és ez volt a *Deep Adaptation* közösség legaktívabb oldala, 3000(!)

⁷ DASGUPTA 2021.

⁸ BENDELL 2021.

személy vett részt a hivatalos programban. A *Deep Adaptation* nevű LinkedIn-csoport professzorokat, kormányzati tudósokat és befektetőket tudhat tagjainak.⁹

A katasztrófaábrázolásokra, történelmileg is beidegződött hierarchikus és rendvédelmi forгатókönyvre alapuló vezetői döntések és a társadalmi válaszreakciók jelentőségére a tanulmány végén térek vissza.

Az éghajlatváltozás hatásainak jelenlegi állása hazánkban

A globális éghajlatváltozás előrejelzései kedvezőtlen tér- és időbeni hőmérséklet- és csapadéktrendeződést, néhány területre pedig melegeledést, valamint szárazodást prognosztizálnak, ami tovább súlyosbítja a vízkészletekért folyó versenyt, és egyre erősebb prioritásként fogalmazza meg a fenntartható vízkészlet-gazdálkodás szükségességét. Az éghajlatváltozásának és ezek hatásainak az utóbbi évtizedekben a Kárpát-medencében is jól észlelhető következményei vannak.

A területi eloszlás szerint értékelve városi, vidéki területek biztonsági kockázatainak növekedése várható, a természetvédelmi területek sérülékenysége is jelentős. A legutóbbi EEA-jelentés¹⁰ alapján, az EU szintjén az élőhelyek 81%-a rossz állapotban van. A leginkább romló állapotú területek a tőzeglápok, a füves puszták és a dűnés élőhelyek. A természet állapotáról szóló ezen felmérés a természet egészségének eddigi legátfogóbb ellenőrzése az EU-ban. Egyértelműen rámutat, hogy továbbra is folyamatosan veszítjük el ezt az életünket fenntartó, létfontosságú rendszert.

Magyarország esetében további melegeedésre kell számítani: az országos átlag az évszázad végére akár 4 °C-kal is meghaladhatja az 1961–1990-es referenciaszintet. A csapadék esetében – ami a mezőgazdasági tevékenység fő támogatója vagy gátja lehet – viszont enyhe évi csökkenésre lehet számítani, amely egyúttal kevesebb, de intenzívebb csapadékkal jellemzett napokkal fog együtt járni.¹¹

Ezek a hatások összességében legfőképpen a biokapacitást, az ökoszisztéma regenerációs képességét veszélyeztetik. Az ökoszisztéma biokapacitása, azaz biológiai kapacitása bizonyos biológiai anyagok, például természeti erőforrások termelésének, valamint más anyagok, például szén-dioxid légkörből történő elnyelésének és kiszűrésének becslése. Mértékegysége a globális hektár (gha). A biológiai kapacitás évről évre változik, amely részben a természeti viszonyokon (csapadék, szélsőséges időjárási körülmények stb.), részben emberi tényezőkön (például tájhasználat, mezőgazdasági művelési mód) múlik.

Magyarországon az egy főre jutó 2,47 gha biokapacitás (2016) több, mint az európai átlag (2,1 gha/fő). Hazánkban ez az érték a 2015-ös csökkenést követően stagnál, miközben a lélekszám csökken, ami összességében romló tendenciát mutat. Az ökolábnymhoz

⁹ Deep Adaptation. Wikipedia [é. n.]

¹⁰ *State of Nature in the EU—Results from Reporting under the Nature Directives 2013–2018*. EEA Report No 10/2020 ISSN 1725-9177.

¹¹ DUNKEL–BOZÓ–GERESDI 2018.

viszonyított hazai deficit 1,15 gha/fő, ami azt jelenti, hogy több mint 45%-kal fogyasztunk többet annál, mint amennyi az országon belül ránk jutó biokapacitás lenne.¹²

A hidrológiai szélsőségek egyre gyakoribb megjelenése és az ebből eredő károk nem hagynak kétséget a természeti tőke állapota vs. használatára, illetve gazdasági ráfordítás-haszon összefüggésének kapcsolatáról. Az 1. táblázat szerint a 2016 és a 2017-es év kivételével a kárenyhítési juttatások legnagyobb részét minden évben az aszálykárra fizették ki, amely 2012-ben a kárenyhítési juttatások 62,5%-át (4 631 876 ezer Ft), 2013-ban 52,7%-át (1 292 007 ezer Ft), 2015-ben 70,4%-át (4 261 700 ezer Ft), 2018-ban 50,7%-át (3 858 000 ezer Ft) és 2019-ben 47,2%-át (6 500 000 ezer Ft) jelentette.

1. táblázat: A főbb veszélynek által okozott káreseményre kifizetett kárenyhítő juttatás összegének alakulása 2012 és 2019 között

Káresemény	Adott káreseményre kifizetett kárenyhítő juttatás összege (ezer Ft)			
	2012	2013	2014	2015
Aszálykár	4 631 876	1 292 007	258 500	4 261 700
Belvízkár	0	207 794	202 600	77 300
Felhőszakadás	0	387	100 000	3 600
Jégesőkár	98 278	361 683	256 800	914 900
Mg.-i árvízkár	0	83 477	0	0
Tavaszi fagykár	1 419 684	488 240	186 800	758 100
Téli fagykár	1 258 648	9 608	0	0
Őszi fagykár	0	0	0	0
Viharkár	2 058	9 799	194 100	34 200
Összesen	7 410 545	2 452 999	1 198 800	6 049 900

Káresemény	Adott káreseményre kifizetett kárenyhítő juttatás összege (ezer Ft)			
	2016	2017	2018	2019
Aszálykár	7 900	1 970 900	3 858 000	6 500 000
Belvízkár	341 600	223 600	734 000	656 000
Felhőszakadás	84 500	116 600	370 000	870 000
Jégesőkár	1 073 100	1 484 100	615 000	1 211 000
Mg.-i árvízkár	0	0	0	0
Tavaszi fagykár	3 086 100	2 263 400	227 000	3 030 000
Téli fagykár	5 600	984 300	1 448 000	67 000
Őszi fagykár	36 200	0	24 000	47 000
Viharkár	293 000	117 400	331 000	1 395 000
Összesen	4 928 000	7 160 000	7 607 000	13 776 000

Forrás: Kiss 2021: 117.

Az árvíz, villámárvíz, belvíz, aszály, által okozott károk évről évre nagyobb kockázatot jelentő együttesében szükséges meghatározni azokat a beavatkozási pontokat, ahol az éghajlathoz való alkalmazkodás kialakítható. Ehhez a következő fejezetben fejtem ki környezetünk biztonságának alapját az ökoszisztéma-szolgáltatások egymásra épülő komplex rendszerét.

¹² KAISER 2019: 98.

Az ökoszisztéma mint kritikus infrastruktúra és vízgazdálkodási aspektusa

Az ember élettere, a javak, amelyeket használ, elfogyaszt a természeti rendszerek egyensúlyán és megfelelő működésén alapul. A természeti rendszerek elemei és az általuk biztosított javak és szolgáltatások létfontosságúak a jólét fenntartásához, valamint a jövőbeli gazdasági és társadalmi fejlődéshez. A természeti rendszerek – kiterjedtségétől és minőségétől függő – működésének köszönhető a tiszta víz, az élelmiszer, a fa- és rostanyag, a levegő tisztulása, a talaj képződése vagy a beporzás. Nincs két egyforma élőhely, diverzitásukat a természeti rendszeren belüli, illetve az azok közötti kapcsolódások határozzák meg. Társadalmi rendszereink az ökológiai rendszerekbe foglaltan léteznek, akkor is, ha azok nagymérvű átalakításával foglalnak helyet maguknak.

Ha az ökoszisztéma-szolgáltatások és a kritikus (jogszabályi megnevezése szerint: létfontosságú)¹³ infrastruktúrák fogalmi egyezéseit vizsgáljuk, látható, hogy a környezeti állapot fenntartása megjelenik a *Nemzeti Biztonsági Stratégiában* és a kritikus infrastruktúra definíciójában is, ellenben a hangsúly nem egyértelműsíti megfelelően a természetes környezeti rendszerek pótolhatatlan jellegét.

A stratégia megemlíti a globális éghajlat- és környezetváltozást, víz- és levegőszennyezést. Utal rá, hogy biztonsági kockázattal jár a globális éghajlatváltozás, a környezet változása, az egyre szélsőséesebbé váló időjárási anomáliák, a lakosság és az anyagi javak szempontjából fontos nyersanyag- és természeti erőforrások, az egészséges ivóvíz rendelkezésre állása, annak környezetbiztonsági aspektusai.¹⁴ A kritikus infrastruktúrák alatt olyan, egymással összekapcsolódó, interaktív és egymástól kölcsönösen függésben lévő infrastruktúraelemek, létesítmények, szolgáltatások, rendszerek és folyamatok hálózatát értjük, amelyek az ország működése szempontjából létfontosságúak, és érdemi szerepük van egy társadalmilag elvárt minimális szintű jogbiztonság, közbiztonság, nemzetbiztonság, gazdasági működőképesség, közegészségügyi és környezeti állapot fenntartásában.¹⁵

Az ökoszisztéma-szolgáltatások definíciója összetettebb terület. A fogalmat az ökológiai vagy társadalmi rendszerek metszéspontjában helyezik el, azonban a különböző definíciók eltérően súlyozzák azokat. Egyes szerzők az ökoszisztémák ama részeit, állapotait, folyamatait nevezik ökoszisztéma-szolgáltatásnak, amelyek az élet fenntartásához szükségesek. A szolgáltatások meghatározása számos szerzőnél szoros kapcsolatban van az ökoszisztéma-funkciók fogalmával, amely összekötő kapocsként szolgál az ökoszisztéma és az ökoszisztéma-szolgáltatások között. Egyes szerzők a hasznokat is különválasztják a szolgáltatásoktól, és hangsúlyozzák, hogy nem maguk a szolgáltatások jelentik a hasznát, hanem a szolgáltatások igénybevétele jelent hasznát az emberek számára.¹⁶

¹³ 2012. évi CLXVI. törvény a létfontosságú rendszerek és létesítmények azonosításáról, kijelöléséről és védelméről.

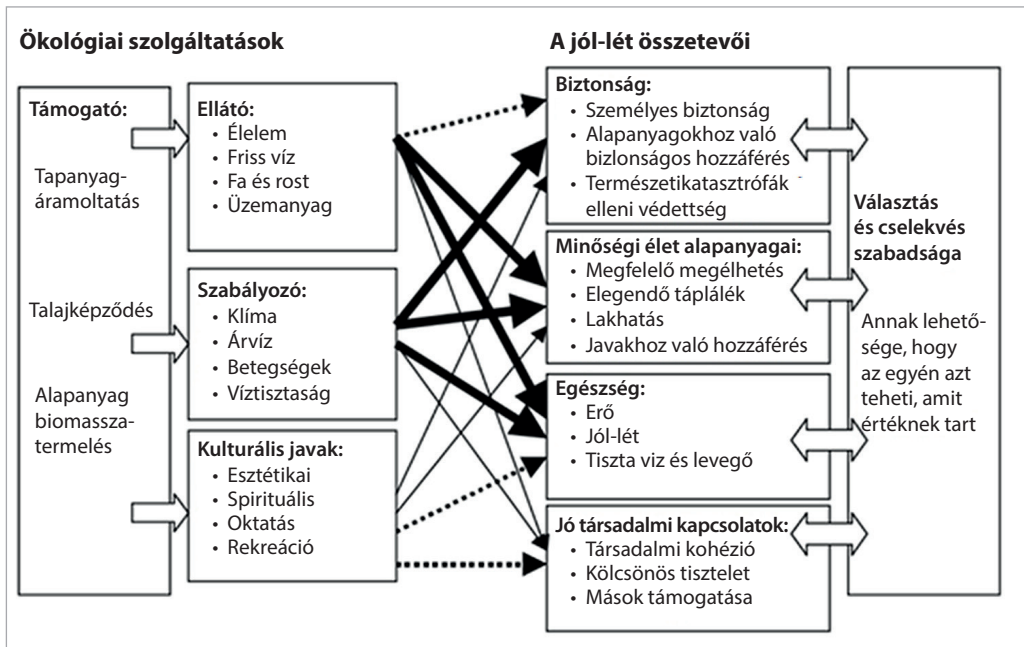
¹⁴ TEKNŐS 2020.

¹⁵ 2080/2008 (VI. 30.) Korm. hat. a kritikus infrastruktúra védelem nemzeti programjáról; 2012. évi CLXVI. törvény a létfontosságú rendszerek és létesítmények azonosításáról, kijelöléséről és védelméről.

¹⁶ KOVÁCS–KELEMEN–PATAKI 2011.

A jól-lét túlmutatva az anyagi jóléten magába foglalja többek között az egészséget, a biztonságot, a szociális kapcsolatokat, a szabad választás lehetőségét. A szükségleteknek sokkal szélesebb körét öleli fel, mint teszi azt a fogyasztásfókuszú jóléti megközelítés. Ilyen értelemben a természetnek nemcsak azokat a szolgáltatásait értékelhetjük, amelyek a használattal és az anyagi jóléttel vannak szoros összefüggésben, mint például a tiszta víz, az élelmiszer vagy a fűtőanyag. A természetben való feltöltődés eszméi, szociális és kulturális értéke nem monetarizálható, ellenben sokszerű hatást kelthetne a tény, ha nem tudnánk például a Velencei-tónál vagy a Balatonnál üdülni, mert kiszáradt. A természet az életünk alapja fizikai-biológiai és társadalmi-gazdasági értelemben egyaránt, vagyis természet nélkül nincs emberi élet. Ilyen értelemben az összes folyamatot, amely az ökológiai rendszer fenntartásához szükséges, ökoszisztéma-szolgáltatásnak tekinthetjük.¹⁷

A 2001–2005 között zajlott *Felmérés a millenniumi ökoszisztémával kapcsolatban* (*Millennium Ecosystem Assessment*, MEA) ezt a holisztikusabb megközelítést alkalmazta, és megpróbált gyakorlati protokollt alkotni a természeti rendszerek teljes körű értékelésére, figyelembe véve a tájak által nyújtott társadalmi, gazdasági és kulturális szolgáltatásokat is.



1. ábra: Az ökoszisztéma-szolgáltatás szemléleti rendszer felépítése a MEA angol nyelvű eredetije alapján

Megjegyzés: A nyílak vastagsága az ökoszisztéma és az emberi jólét közötti kapcsolat erősségét tükrözi. Vékony nyíl: gyenge kapcsolat; szaggatott nyíl: közepes kapcsolat; vastag nyíl: erős kapcsolat.

Forrás: Millennium Ecosystem Assessment 2005: 13. alapján UNGVÁRI et al. 2012: 3.

¹⁷ KOVÁCS et al. 2011.

A MEA-kutatás legfontosabb eredménye, hogy szintézise egyértelművé tette, az ökoszisztéma-szolgáltatások a társadalmi jólét pillérei, ez utóbbiak tehát a természet által biztosított alapokon nyugszanak függetlenül attól, hogy ezek az alapok pénzben kifejezhetőek-e a jelenlegi ismereteink alapján. A MEA az ökoszisztéma-szolgáltatás négy alapvető típusát különbözteti meg: a támogató, a szabályozó, az ellátó és a kulturális ökoszisztéma-szolgáltatásokat. A MEA-felmérés alapvető hivatkozása az ökoszisztéma-szolgáltatások kutatásainak. Az éghajlat gyors ütemű változásához való alkalmazkodás, amely olyan kritikus területeket érint, mint az ivóvíztisztaság, árvízvédelem vagy az ezekből eredő jóléti biztonsági elemek, mint a természeti katasztrófáktól való védetség a *támogató* ökoszisztéma-szolgáltatások jelenlétével biztosíthatók. A rendszer egy elemének a túlhasználatával (fa, víz, talaj, élőhelyek) a többi elem működésének romlása várható, és így a teljes rendszer gyengülése.

Az anyagforgalmi működés három alapvető élő alkotóelemre tagolódik, a termelők (producensek), fogyasztók (konzumensek) és a lebontók (dekomponálók) közösségére. A folyamatok és a részt vevő elemek mind szorosan kapcsolódnak a vízhez: a biomassza-produkció a víz növényi elpárologtatása révén. A szén körforgása, azaz a szén-dioxid beépülése lényegében ugyanez a folyamat, az a tápanyagáramlás, amely a biomassza-produkciójához szükséges tápanyagokat szállítja. A talajképződés pedig mindezen folyamatok által létrehozott növényi anyag ülepedése – aggregálódása, lebomlása.¹⁸

A vízgazdálkodási alkalmazkodási pont tehát a *támogató*, így *szabályozó* szolgáltatások hangsúlyosabb kezelése, amely közvetlenül fokozza a *jól-lét biztonsági* elemeit (1. ábra). A támogató szolgáltatás nagyobb arányú hasznosítása mind a természetes és az épített környezet rugalmasságának és önvédekező képességének fokozását eredményezi. A gyakorlatban ez integrált szemlélettel, ágazatok közötti együttműködéssel jöhet létre, így nem kizárólag vízügyi beavatkozásokat jelent, mindazonáltal a vízgazdálkodás hatáspotenciálja az egyik legnagyobb, a megjelenő árvíz-, belvíz-, aszálykárookra. A Tisza árterének revitalizációja jelentősen hozzájárulna az országos vízmérleg javulásához.

A kritikus (ökoszisztéma-)rendszerek támogatása, a megelőzés jövőbeni haszna

Az ökoszisztéma állapotának és működésének kritikus infrastruktúrához hasonló jellege miatt az általuk adott és megfelelően felhasznált szolgáltatások szintén kritikus szerepet játszanak az éghajlatváltozásból adódó hidrológiai szélsőségekhez való alkalmazkodásban.

A 20. században lezajlott nagymértékű élőhely-átalakítások többek között a hazai folyók szabályozásával, rövidítésével és kiegyenesítésével, továbbá az árterek átalakításával kívánt nagyobb termőterületet biztosítani az ott lakóknak. Hazánk termőterületének 30%-a korábbi ártereken fekszik és 40–50%-a aszálykockázati besorolású szántó. A gyepek (*wetlands*) által nyújtott ökoszisztéma-szolgáltatások korábbi alulértékelése akadályozta az általuk megköthető szén és megtartható víz hasznosítását.

¹⁸ UNGVÁRI et al. 2012.

Egy Pinke Zsolt és társai által 2017-ben publikált vizsgálatban¹⁹ kiszámolták és összehasonlították a fő vizesélőhelyek ökoszisztéma-szolgáltatásainak pénzbeli értékét, a földhasználat jövedelmezőségét és a belvíz-veszélyeztetettségből adódó további termelési költségeket. Kimutatták, hogy:

- a gyümölcsösök és az erdészet sokkal magasabb jövedelmezőséget produkál az egykori vizesélőhelyeken, mint a termőföld-gazdálkodás;
- költséghelyettesítési módszerrel igazolták, hogy a helyreállított ártéri tározókapacitás két helyreállított vizesélőhely esetén m^3 -ként 0,43 euróval volt olcsóbb, mint a Vásárhelyi Terv keretein belül létrehozott tározóké, ami azt jelenti, hogy a helyreállított vizesélőhelyek tározókapacitása az ökológiaiilag optimális 0,5 m-es vízmélységgel helyettesíthetne 2150 €/ha árvízvédelmi beruházási költséget.

Jules N. Pretty és társai 2006-ban 286 esettanulmány elemzésével mutatták ki az erőforrás-megőrző termelési technológiák és gyakorlatok pozitív hatását többek között a nem öntözött területeken termesztett fajták vízhasznosításának nagyarányú javulásával. Olyan módszerek, mint a szántás nélküli (*no till* technológia) növénytermesztés, agroerdészet, az állatállomány integrálása a gazdálkodási rendszerekbe, a hatékony csapadékgazdálkodással visszaállított kiszáradt, degradált területeken mutatták ki az ökoszisztéma-szolgáltatások minőségi változását és az ezáltal elért terménýtálag-növekedést is.²⁰

Az egyik legszemléletesebb hazai példa a települési villámárvíz kockázati besorolás alá eső Püspökszilágy település.

A kockázatot nagymértékben csökkentették a település alkalmazkodásával, a biztosító és a támogató ökoszisztéma-szolgáltatás növelésével, a lefolyás lassításával és a vízmegtartással. Püspökszilágy településen az évi átlagos csapadékmennyiség csupán 600 mm körüli. A településen 2-3 évente jelentkező, rekord szintű villámárvízet tapasztaltak az utóbbi 1-2 évtized során, ami korábban nem volt jellemző. Ez jelentős talajlehardashoz vezet és kárt okoz az épületállományban, miközben nyáron a völgyfenék teljesen kiszárad, ami a mezőgazdaságot, az ökoszisztémát és a talajvízkészletet hátrányosan érinti. LIFE program keretében a vízmosásokban fenékküszöb, a Szilágyi-patak árterének egy részén, az árvíz és hordalék befogadására és tárolására alkalmas vizesélőhely és törendszerek kerül kialakításra a vízmegtartó képesség növelése és az aszálykockázat csökkentése érdekében. Ezenkívül közvetlenül a vízgyűjtő rendszer fölött fából készült rönkgát épül a hordalék megfogására.

Eredményként a helyiek és a település vezetőjének nyilatkozatai alapján a megvalósulás befejeztével azonnal tapasztalható volt a villámelöntés levonulásának enyhülése, az ilyenkor előforduló károkat jelentősen csökkentette a rönkgát és a hordalékfogó. A terület monitorozása jelenleg is zajlik.²¹

¹⁹ PINKE–KISS–LŐVEI 2017.

²⁰ PRETTY 2006.

²¹ LIFE-MCACC projekt. [é. n.]

Következtetés, javaslatok

2022 nyarán több európai folyó kiszáradása, ivóvízkrízis és kritikusan csökkenő talajnedvesség-állapot fenyeget Dél- és Közép-Európában.

Az éghajlati és ökológiai válság negatív társadalmi hatásai egymást erősítik, de megfelelő szemlélettel végrehajtott beavatkozásaink pozitív természeti és társadalmi hatások egymást erősítő folyamatai is lehetnének. Ennek a közös szemléletnek egy megközelítésmódja az ökoszisztéma-szolgáltatások koncepciója. Erre a koncepcióra mint integráló szemléletre érdemes tekinteni, amely összekapcsolja a természet jellemzőit és a rájuk épülő társadalmi-gazdasági hasznosításokat, emellett a természetre mint rendszerfolyamatok összességére tekint, és amely kölcsönös kapcsolatban van a társadalmi-gazdasági rendszerrel.

Az ökoszisztéma-szolgáltatások értékelésére tudományos körben leginkább a feljebb már említett *Felmérés a millenniumi ökoszisztémával kapcsolatban* (MEA), a szakpolitikában pedig a nemzetközi klasszifikációs rendszer (*Common Classification System of Ecosystem Services*, CICES)²² terjedt el, de a közgazdasági értékelés kapcsán a *Biodiverzitás és Ökoszisztéma-szolgáltatások Közgazdaságtana* projekt (*The Economics of Biodiversity and Ecosystem Services*, TEEB)²³ felosztása használatos. Fontos megemlíteni, hogy a TEEB által is használt *natural capital accounting* (NCA) vagyis a természeti tőke elszámolása például a GDP hiányosságaira épül. A GDP a gazdasági teljesítménynek ugyanis csak egy részét – a jövedelmet – vizsgálja, de nem mond semmit az e jövedelem alapjául szolgáló vagyonról és eszközökről. Például ha egy ország kiaknázza ásványait, akkor valójában kimeríti a vagyont. Ugyanez vonatkozik a talaj túlzott kihasználására vagy a vízkészletek szennyezésére is.

2022 augusztusában egy pusztító aszályhullám közepén egyértelművé vált, hogy a biokapacitásunkat, alkalmazkodásunk alapját biztosító ökoszisztéma-szolgáltatások kritikus rendszerként nevezése és kezelése nem valóságtól elrugaszkodott elképzelés.

A tájgazdálkodási, településtervezési, mezőgazdasági és vízgazdálkodási ágak körkörrösségi lehetőségeinek feltárása és gyakorlatba emelése a 21. századi igények környezeti és gazdasági kockázatainak megfelelően elvárt. A táj és a terület természetes rendszereinek, teljesítő- és termőképességének támogatásával rövid távon is mérhető eredményei lépéseket követelnek.

A bevezetőben bemutatott jelenlegi állás szerint kissé rendhagyó, mélyadaptáció-koncepció legfőbb mondanivalójának egyik további alátámasztó értelmezése Rebecca Solnit *Paradicsom a pokolban* című könyvének Gagyi-féle elemzése is, amelynek bizonyított alaptétele: „A katasztrófhelyzetek szociológiai vizsgálata és történeti dokumentumai azt mutatják, hogy ilyen helyzetekre az emberek az önzetlen kölcsönös segítség hullámával reagálnak. Ez egyrészt azt jelenti, hogy a katasztrófhelyzetekben szükséges

²² CICES honlap. [é. n.]

²³ *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Mainstreaming the Economics of Nature: A Synthesis of the Approach, Conclusions and Recommendations of TEEB*. 2010.

támogatás nagy részét az áldozatok közvetlenül az ugyancsak érintett társaiktól kapják meg, még mielőtt a hivatalos szervek a helyszínre érnének.”²⁴

Az éghajlati adaptáció egyik első lépéseként érdemes lenne elfogadni, hogy az állami szintű stratégiákkal való útmutatást követően települési, közösségi szintű intézkedések csökkenthetik leginkább az éghajlatkitettséget és adhatnak önfejlődési keretet a jövőre.

Amennyiben a globális felmelegedés a szélsőségek növekedését, az éghajlatváltozás pedig komplex környezeti összeomlást okoz, akkor a kormány szintű megfogalmazásokban az ökoszisztéma mint kritikus infrastruktúra fogalmának bevezetése is megfontolandó, a döntéshozói körökben forgó terminológiából adódó hangsúlyok miatt is.

Felhasznált irodalom

2012. évi CLXVI. törvény a létfontosságú rendszerek és létesítmények azonosításáról, kijelöléséről és védelméről.
- 2080/2008 (VI. 30.) Korm. hat. a kritikus infrastruktúra védelem nemzeti programjáról.
- BENDELL, Jem (2021): Deep Adaptation: a Map for Navigating Climate Tragedy. In BENDELL, Jem – READ, Rupert (szerk.): *Deep Adaptation*. Cambridge: Polity Press. 211–223. Online: www.lifeworth.com/deepadaptation.pdf
- BLESZITY János et al. (2016): Műszaki kutatások és hatékony kormányzás. *Hadmérnök*, 11(3), 221–242. Online: http://hadmernok.hu/163_18_bleszity.pdf
- BODA et al. (2016): A hadtudományi kutatási irányok, prioritások és témakörök. In *Államtudományi Műhelytanulmányok*. Budapest: Nemzeti Közszolgálati Egyetem, 1–23. Online: <http://hdl.handle.net/20.500.12944/7247>
- DASGUPTA, Partha (2021): *The Economics of Biodiversity: The Dasgupta Review. Abridged Version*. London: HM Treasury. Online: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/957292/Dasgupta_Review_-_Abridged_Version.pdf
- Deep Adaptation*. [wikipedia.org](https://en.wikipedia.org/wiki/Deep_Adaptation), [é. n.] Online: https://en.wikipedia.org/wiki/Deep_Adaptation
- DUNKEL Zoltán – BOZÓ László – GERESDI István (2018): Az éghajlatváltozás hatására fellépő környezeti változások és természeti veszélyek. *Földrajzi Közlemények*, 142(4), 261–271. Online: <https://doi.org/10.32643/Fk.142.4.1>
- GAGYI Ágnes (2019): Félelem helyett kölcsönös segítség: a katasztrófaszociológia tanulságai a klímaválságra való felkészülésre. *Fordulat*, 25, 237–246. Online: <https://bit.ly/3xDefkL>
- KAISER Tamás szerk. (2019): *Jó állam jelentés*. Budapest: Nemzeti Közszolgálati Egyetem Kutatásmódszertani és Mérésügyi Iroda. Online: https://joallamjelentes.uni-nke.hu/2019_pages_PDF/Jo_Allam_Jelentes_2019_Elso_Valtozat.pdf
- KISS Livia Benita (2021): Éghajlatváltozás – kockázatkezelés a hazai mezőgazdasági vállalkozásoknál 2012 és 2019 között. In GARAI-FODOR Mónika – VARGA János – CSISZÁRIK KOCSIR Ágnes (szerk.): *Vállalkozásfejlesztés a XXI. században. Gazdasági kihívások és a megoldások keresése napjaink kritikus változásaira*. Budapest: Óbudai Egyetem, 108–124. Online: https://kgk.uni-obuda.hu/sites/default/files/VF2021/VF2021-2/VF_2021_II._kotet_12.pdf

²⁴ GAGYI 2019: 238.

- KOVÁCS Eszter – KELEMEN Eszter – PATAKI György (2011): Ökoszisztéma szolgáltatások a tudományterületek és a szakpolitikák metszéspontjaiban. *Természetvédelmi Közlemények*, 17. 1–11. Online: www.mbt-biologia.hu/gen/pro/mod/let/let_fajl_megnyitas.php?i_faj_azo=750
- KOVÁCS Eszter et al. (2011): Az ökoszisztéma-szolgáltatások fogalma a társadalomkutató szemszögéből. *Magyar Tudomány*, 172(7), 780–787. Online: www.matud.iif.hu/2011/07/03.htm
- LIFE-MCACC projekt [é. n.] Online: https://vizmegtartomegoldasok.bm.hu/hu/nwrm/5_pilotrol_reszletesen
- PINKE Zsolt – KISS Márton – LŐVEI L. Gábor: Developing an Integrated Land Use Planning System on Reclaimed Wetlands of the Hungarian Plain Using Economic Valuation of Ecosystem Services. *Ecosystem Services*, 30, Part B. 299–308. Online: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.09.007>
- PRETTY, Jules. N. et al. (2006): Resource – Conserving Agriculture Increases Yields In Developing Countries. *Environmental Science & Technology*, 40(4), 1114–1119. Online: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/es051670d>
- State of Nature in the EU—Results from Reporting under the Nature Directives 2013–2018. EEA Report No 10/2020 ISSN 1725-9177. Online: www.eea.europa.eu/publications/state-of-nature-in-the-eu-2020
- STERN, Nicholas Herbert (2007): *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge: Cambridge University Press. Online: http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/destaques/sternreview_report_complete.pdf
- TEKNŐS László (2020): *Az éghajlatváltozás és a rendkívüli időjárás hatásaiból adódó katasztrófavédelmi feladatok kockázatalapú megközelítése*. Budapest: Nemzeti Közszerzői Egyetem Közigazgatási Továbbképzési Intézet. Online: <https://bit.ly/3IDiCT8>
- The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Mainstreaming the Economics of Nature: A Synthesis of the Approach, Conclusions and Recommendations of TEEB*. 2010. Online: <https://bit.ly/3XMV6Hp>
- UNGVÁRI Gábor et al. (2012): *Ökoszisztéma szolgáltatások nagyságrendi becslése vízgyűjtő szinten a vízkörforgást leíró vízháztartási jellemzők alapján*. Budapest: Műhelytanulmány Regionális Energiagazdálkodási Kutatóközpont. Online: http://unipub.lib.uni-corvinus.hu/560/1/Ungvari_2012a_rekk.pdf
- YOHE, Gary W. – TOL, Richard S. J. (2008): The Stern Review and the Economics of Climate Change: An Editorial Essay. *Climatic Change*, 89, 231–240. Online: <https://doi.org/10.1007/s10584-008-9431-z>