

REZILIENCIA TÁRSADALMI ÉS ÖKOLÓGIAI RENDSZEREKBEN



KUSLITS Béla

Budapesti Corvinus Egyetem, Környezetgazdaságtani
és Technológiai Tanszék, PhD-hallgató
kuslits.bela@gmail.com

ÖSSZEFOGLALÓ

Az ökológiai rendszerek, természeti erőforrások menedzsmentje hagyományosan abból az implicit feltételezésből indult ki, hogy a menedzser a rendszeren kívülről befolyásolja annak működését, illetve hogy az ökológiai rendszerek viselkedése bizonyos pontossággal előrejelezhető. Ha azonban tudomásul vesszük a társadalom és az ökoszisztéma közötti sokszoros és mindkét irányba ható kapcsolatokat és egymásrautaltságot, helyesebbnek tűnik egységes társadalmi-ökológiai rendszerként tekinteni erre a komplex viszonyra. Ebből a szemléletváltásból következik az is, hogy nemcsak korlátlan irányítói nem vagyunk a természetnek, de még a folyamatok előrejelzésében is igen korlátozottak a lehetőségeink – amint azt gyakorlati tapasztalat is gyakran igazolja. A társadalmi-ökológiai rendszerek rezilienciája az ismeretlenre való felkészülés kulcsfogalma, ezért az ökológiai válság előrehaladtával az utóbbi években egyre inkább a globális környezetpolitikai gondolkodás középpontjába került. A természeti-erőforrás-menedzsment alapvetéseinek ilyen átalakulása mellett hasonló fontosságú az az öko-filozófiai irányzat, amely az ember és környezete közötti egység mellett antropológiai érveket hoz fel: a környezettel való azonosulás a személyiségfejlődés kulcsfontosságú momentuma. Mindebből következik, hogy az ökológiai rendszerek válsága valójában az ember önképének válságából adódik. A társadalmi-ökológiai rendszerek rezilienciáját meghaladó erejű hatások kritikus átmeneteket okoznak, amelyek mind a mélyökológia, mind a természetierőforrás-menedzsment szempontjából jelentősek. A társadalmi-ökológiai rendszerek jellemzően többféle stabil állapotban képesek működni, a kritikus átmenetek ezen állapotok közötti gyors és radikális átalakulások. Ezek a változások mind ökológiai, mind szociokulturális szempontból rendkívül nehezen visszafordíthatóak, és igen mélyen érintik minden emberi és nem emberi élőlénynek az életét.

Kulcsszavak: társadalmi-ökológiai rendszer, reziliencia, mélyökológia, kritikus átmenetek

BEVEZETÉS

A társadalmi-ökológiai rendszerek komplex-adaptív rendszerek. Ezek a rendszerek nemcsak nemlineáris működést mutatnak, de viselkedésük az aktuális állapotuktól és a környezet kihívásaitól függően változik is. Ezeknek a rendszereknek többféle egyensúlyi állapota is elképzelhető, ám ha csak ezekre az állapotokra fókuszálunk, figyelmen kívül hagyjuk a konstans változást, ami ugyanolyan alapvető tulajdonsága ezeknek a rendszereknek, mint a stabil konfigurációk. Egyszerűbben fogalmazva: a természetben semmi sem állandó. Ez emberi beavatkozás nélkül is igaz, de még fontosabb tudatosítanunk az ökológiai rendszerek ilyen jellegű működését, ha azok az emberi gazdasággal összekapcsolva működnek: az erőforrásigények igen gyakran maguk is okozói az egyensúlyi állapotoktól való eltérésnek. Az eltérés mértéke, illetve az a képesség, hogy a rendszer egy külső sokkhatás után mennyire képes visszatérni az egyensúlyi állapotba, az ökológiai rendszer rezilienciája. Ez a szemléletmód formalizálva C. S. Holling (1973) ma már klasszikusnak számító cikkében jelent meg először. A lokális élőhelyek működése és menedzsmentje (Holling, 1978) mellett megnőtt a fontossága ezen rendszerek társadalmi oldalának (Carpenter és Gunderson, 2001), majd annak a felismerésnek, hogy a különböző méretű komplex rendszerek egymásba ágyazva működnek együtt (Gunderson és Holling, 2002). Az utóbbi években a globális ökológiai rendszer stabilitása, rezilienciája is jelentős kutatási területté fejlődött (Barnosky et al., 2012; Rockström et al., 2009).

TÁRSADALMI-ÖKOLÓGIAI RENDSZEREK

A társadalmi-ökológiai rendszer kifejezést először Berkes és Folke (1998) használta szorosán abban az értelemben, ahogyan azt a rezilienciával foglalkozó kutatók ma használják. A természet és az emberi társadalom alapvető egysége azonban ennél jóval régebbi gondolat. Humánökológiával foglalkozó társadalomtudósként Hawley (1944) már évtizedekkel korábban megfogalmazta ezt az egységet, sőt felhívta a figyelmet az ökológia tudományának társadalomtudomány jellegére is, szemben azzal a megszokott szemlélettel, hogy az a biológia egyik ága volna. A szóban forgó rendszerek tehát nem egyszerűen a társadalom és az ökoszisztéma önkényes összevonását jelentik, hanem valódi integrációt (Westley, 2002). Az emberi erőforrás-felhasználás nem csak olyan módon hat az ökoszisztémákra, hogy a rendszerben jelen lévő, termelődő erőforrásokat kitermeli, hanem azzal is, hogy a rendszer elemei közötti kapcsolatrendszert befolyásolja. Ilyen beavatkozások például az ökológiai folyosók, az egyes fajok vonulási útjának, elterjedési területének megszakítása, a tápláléklánc megváltoztatása, illetve a biológiai sokféleség csökkentése, vagy az alapvető biofizikai környezet megváltoztatása például a légkör vagy a természetes vizek kémiai szennyezése által. Fontos ugyanakkor megemlíteni, hogy az emberi tevékenységnek időnként pozitív hatása is lehet egy-egy élőhelyre – bár ez a hatás összességében jóval ritkább és kisebb mértékű. Az ilyen ember-természet együttműködések leginkább a természetközeli népeknél mindennaposak (Berkes, 2008), de a nyugati kultúrában is léteznek olyan gazdálkodási formák (Elsen, 2000), amelyek sikeresen javíthatják az élőhelyek minőségét.

Nem csak az ember hat a természetre, hanem a természet is alakítja a társadalom életét. Ökoszisztéma-szolgáltatásoknak (MEA, 2005) nevezzük a természetes rendszerek azon működéseit, amelyek közvetve vagy közvetlenül hozzájárulnak az emberi gazdaság, kultúra és jólét gyarapodásához vagy stabilitásához. Egyes élőhelyek nagyon sok ilyen szolgáltatást is adhatnak az embereknek, ugyanakkor általában nem lehet minden potenciális szolgáltatást egyszerre maximálisan kihasználni. Ezért a különböző társadalmi csoportok, különböző értékrenddel, gazdasági érdekekkel, vagy különböző tudással nagyon különböző természetierőforrás-menedzsment stratégiákat tarthatnak megfelelőnek. A társadalom formális és informális hatalmi struktúrái, szabályai szintén meghatározzák az egyes emberek viselkedését az egyes ökológiai szolgáltatásokkal kapcsolatban. A menedzsment egyértelműen hatással van az élőhely működésére, a különböző társadalmi struktúrák pedig egyértelműen hatással vannak a menedzsmentet aktívan végző szervezetek létrejöttére és működésére. Mivel azonban a természet a szolgáltatásokon keresztül visszahat a vele kapcsolatba kerülő emberekre, formálja azok tudását és világlképét, hat a megélhetésükre és kulturális fejlődésükre, kimondhatjuk, hogy az ökoszisztéma belső működése maga is formálja az erőforrás-menedzsment stratégiákat.

A természet hatását a menedzsmentre, a társadalmi hálózatra és konfliktusokra igen jól illusztrálja egy kelet-kenyari halászfalu esete (Crona és Bodin, 2006), amely azt mutatja meg, hogy az egyes halfajok szaporodási helyei, élőhelyei és a köztük lévő tápláléklánc milyen hatással járhat az egyes halász-csoportok közötti társadalmi viszonyokra. A ragadozó halak, miközben maguk is zsákmányai a halászoknak, zsákmányszerzésük-

kel az élőhely populációdinamikáján keresztül közvetlen versenytársai egyes halász-csoportoknak. Más fajok pedig a táplálékért vagy élőhelyért való versengéssel segítik vagy nehezítik az egyes halászok munkáját. Ennek az a következménye, hogy a tengeröböl ökológiai működése végső soron közvetlenül hat a piaci versenyre és társadalmi konfliktusokra, megdöntve ezzel azt a széles körben elterjedt gazdaságtudományi feltételezést, hogy a piaci folyamatok tisztán társadalmi interakcióként leírhatók. A különböző eszközöket használó halászok elsődleges zsákmányfajai különböznek, az ökológiai rendszer a fajok interakcióján keresztül segíti vagy gátolja az egyes halászok megélhetését. Az így kialakuló érdekcsoportok között feszültség keletkezhet, ha a halászterület túlterhelése miatt az egész közösség megélhetése veszélybe kerül, ugyanakkor a túlhalászatot éppen a konfliktusok feloldása révén lehetne hatékonyan megelőzni. Hasonló jelenségek sokféle társadalmi-ökológiai rendszerben megfigyelhetők.

A társadalmi hálózatok (Bodin és Prell, 2011) mellett a természetes erőforrásokhoz fűződő tulajdonjogok (Brock, Maler és Perrings, 2002), döntéshozatali struktúrák (Lebel et al., 2006), az ökológiai rendszerről alkotott tudásunk (Berkes, 2008), és még több más, komplex társadalmi kapcsolatrendszer is befolyásolja az erőforrások kezelését, és ezen rendszerek mindegyikét aktívan befolyásolja a szóban forgó természetes rendszer belső működése is. Ezeknek az interakcióknak a komplexitását tovább fokozza az, hogy az egyes társadalmi-ökológiai rendszerek több, bizonyos önállósággal rendelkező alrendszert tartalmazhatnak, és maguk is alrendszerei náluk nagyobb rendszereknek, végső soron pedig a globális bioszférának. Ezek az alrendszerek és tartalmazó rendszerek további

hatásokat gyakorolnak a társadalom és természet interakciójára különböző térbeli és időbeli skálákon hatva (Holling, Gunderson és Peterson, 2002).

Egy ilyen komplex adaptív rendszer viselkedése nem előrejelezhető. A rendszer legfontosabb irányító hatásai, mint például a globális és lokális éghajlat változásai, a gazdasági vagy technológiai átalakulások nem jósolhatók meg. A rendszer mérete és komplexitása meghaladja a tudományos megismerés lehetőségeit, illetve a változások gyorsasága meghaladja az adatfeldolgozási képességeinket. Az emberi társadalom válasza az előrejelzésekre reflexív: a rendszer várható jövőjéről szerzett tudás, még ha részleges vagy téves is, akkor is befolyásolja a menedzsmentet és egyúttal meg is változtatja a jövőt. Ez az előrejelezhetetlenség teszi szükségessé, és ez az egymásrautaltság teszi lehetségessé a részvételi módszereken alapuló, adaptív erőforrás-menedzsmentet. A részvételi döntéshozatal az ökológiai politikai gondolkodás fontos alapelve etikai alapon is, de itt most praktikus szempontból érvelek mellette: az ökoszisztémában benne élő, azzal személynként eltérő jellegű, de szoros kapcsolatban lévő emberek tapasztalata, tudása, észlelése és ebből fakadó ítélete nélkülözhetetlen a helyes döntések meghozatalához. Ez a megközelítés teszi lehetővé, hogy ne statikus és absztrakt tudásra, hanem az apró változásokat is követő, közvetlenül szerzett tudásra alapozhassuk döntéseinket. A főbb kockázatok dinamikájának megértése és a rendszer adaptív, önszerveződő képességének fejlesztése lehet megoldás az ilyen komplex rendszerek kezelésére. Nem a rendszer irányítóinak kell az alkalmazkodás stratégiáját kidolgozni (hiszen ilyen „irányítók” a világban nem is léteznek), hanem a rendszer mint teljes egész megküzdőképességét, rezi-

lienciáját kell fejleszteni, hogy az képes legyen megőrizni identitását külső sokkhatások ellenére is, hiszen a sokkhatások elkerülhetetlenek (Walker et al., 2002). Az, hogy ez az önszerveződő képesség, illetve reziliencia a gyakorlatban mit jelent, minden egyes élőhelyen más és más lehet.

ÖNMEGVALÓSÍTÁS ÉS ÖKOLÓGIAI ÉN

Arne Naess (1912–2009) norvég ökofilozófus választotta szét az úgynevezett sekély- és mély-ökológiai mozgalmat (Naess, 2003). Naess megközelítése szerint sekély az az ökológiai mozgalom, amely az ökológiai válságot alapvetően az ember szempontjából szemléli és a fenntarthatóságért folytatott erőfeszítései lényegében a mai életvitel többé-kevésbé változatlan fenntartását tűzik ki célul. Ezek a mozgalmak kritikusak a gazdasági döntéshozatallal, tisztában vannak a kimerülő természeti erőforrásokkal, ellenzik a környezetszennyezést, de mindezt emberközpontúan teszik: céljuk egy olyan társadalmi berendezkedés kiharcolása, amely hosszú távon képes az emberi civilizáció által dominált bioszféra fenntartására. A mélyökológiai mozgalom kiindulópontja ezzel szemben nem az erőforrásválság (noha ennek valóságát és súlyosságát ők sem tagadják), hanem az a felismerés, hogy az elvárosiasodó, ipari társadalmat építő emberiség önmaga lényegéből veszített el valamit azzal, hogy megszakította intim kapcsolatát a természettel. Az ember és természet közötti kapcsolat helyreállítása nem pusztán a túlélésünk érdekében szükséges, hanem önmagunk lényegét találhatjuk meg ezáltal.

Naess filozófiájának egyik kulcsfontosságú fogalma az önmegvalósítás (Naess, 2005). Ez a fogalom itt nem önérdékkövetést

jelent, hanem a személyben rejlő lehetőségek teljes kibontakozását érti alatta. Példaképhez, Gandhihoz hasonlóan gondolkodott, aki végső céljaként saját önmegvalósítását jelölte meg és saját bevallása szerint e cél elérése érdekében cselekedett évtizedeken keresztül. Szóhasználata nem egoista életprogram, hanem annak a kifejezése, hogy a mély személyes megértés, felelősségvállalás, empátia és sorsközösség tapasztalata által énje részévé tette mindazokat, akikkel kapcsolatba került élete során. Nem csak az emberekhez viszonyult így, hanem minden élőlényhez.

Arne Naess *Önmegvalósítás* című tanulmányában a személyiségfejlődés hagyományos felfogásának három fő lépését írja le: az egóból fejlődik ki a társadalmi én, ebből pedig a metafizikai én. Ehhez a megközelítéshez adja hozzá negyedik lépésként az ökológiai én kialakulását. Az emberi személy ugyanis születésétől fogva a természetben él, és bár az emberi kapcsolatok igen fontosak számára, a személyiségét alkotó viszonyok ennél jóval sokfélebbek. A táj, amely otthont ad számunkra, a tőlünk mégoly különböző, de mégis érző lények iránti együttérzésünk olyan mélyen formálja személyiségünket, hogy az ezekkel való azonosulás elengedhetetlen része önmegvalósításunknak, ember mivoltunk teljessége kibontakoztatásának. Mindebből következik, hogy saját önmegvalósításunk teljessége csak azáltal érhető el, ha mindaz, amivel azonosnak érezzük magunkat, szintén megvalósíthatja önmaga teljességét. Így bontakozhat csak ki az a viszonyrendszer, amelyben személyiségünk létrejön. A személy és környezete, a rész és az egész viszonya Naess antropológiai felfogásában alapvetően különbözik a hagyományosan redukcionista descartes-i világméptől. Ehelyett Spinoza filozófiájára épít, aki bár maga soha nem használta ezt

a kifejezést, de mégis a ma egyre inkább elterjedő „komplex rendszerek” (Weaver, 1948) tudományának filozófiai előfutára (Hansson, 2012) – annak a tudományágnak, amelyből a társadalmi-ökológiai reziliencia területe is kifejlődött. Míg Descartes óraműszerű világmépet dolgozott ki, ahol a részek egyértelműek és jól meghatározott szerepük van az egész működtetésében, Spinoza a rész és az egész viszonyát kontextuálisan, nézőponttól, kapcsolatoktól és funkcióktól függően értelmezte.

Annak az ember- és természetképnek, amelyet a mélyökológiai mozgalom magáénak vall, igen fontos etikai következményei is vannak. Elsősorban Emmanuel Levinas perszonalista etikájára támaszkodva fejti ki Lányi András (2010), hogy ha mindezt elfogadjuk, nem bánhatunk többé tőlünk független, élettelen erőforrásként a természettel – a puszta használat helyett annak megértésére kell törekednünk. Ez pedig személyes viszonyt feltételez, azaz nem tekinthetünk holt anyagnak arra, ami saját személyiségünk része. Naess ezt a szemléletet illusztrálja a lapp halász történetével, aki a lakóhelye közelében épülő vízerőmű ellen így tiltakozott a bírósági eljárásban: „*ez a folyó része a lényemnek*”. Ha a folyó megváltozik, vagy ha a halásznak más helyre kell költöznie, többé már nem lehet ugyanaz az ember. Ez a mély azonosulás nem csak egy egzotikus nép kulturális szimbóluma, hanem ugyanolyan valóság, mint a személyiségfejlődés más lépései, olyan módon határozza meg énünket, mint ahogyan például egy család részei vagyunk.

Arne Naess önmegvalósítás-konceptiója bár filozófiai munkaként született, pszichológiai vonatkozása nyilvánvaló. *Ökológiától az ökozófiáig* (Naess, 1989) című esszéjében a Gestalt-pszichológia fogalomrendszerére hivatkozik, amikor a természettel való

„egység” fogalmát magyarázza. Tudomásom szerint az elfogadott személyiségmodellek egyike sem használja explicit módon az „ökológiai én” fogalmát, ugyanakkor a mély-ökológiai mozgalom tagjai alapvető tapasztalatnak tartják az azonosulás élményét, amelyet nemcsak elméletben, hanem mindennapi életükben is átélnek. Ezt a kérdést vizsgálja Bragg (1996) a mélyökológia fontosabb szerzői, illetve úgynevezett „*Council of all beings*” workshopok alapján.

Naess ökológiai én koncepciója igen jól illik abba az érvelésbe, amely a társadalmi-ökológiai rendszereket egységes komplex rendszerként kezeli, sőt ha ezt az emberképet elfogadjuk, ez lesz a legjelentősebb érv a két rendszer alapvető összetartozása mellett. Bár az európai társadalomban igen ritka az ilyen tág önértelmezés, valójában mindannyiunk előtt nyitva áll ez a lehetőség, sőt szükséges énünk kibontakoztatásához. Mindez nem pusztán filozófiai szempontból érdekes. A naessi „élni és élni hagyni” etikai alapelv, vagy a Levinas-féle „használat helyett megértésre törekvés” látványosan egybecseng az adaptív menedzsment (Holling, 1978; Walker et al., 2002) korábban röviden kifejtett megközelítésével: sem a természet, sem a benne élő emberek nem irányíthatóak korlátlanul, a sikeres természetierőforrás-menedzsment a rendszer saját önszabályozó képességét, rezilienciáját erősíti, bízva abban, hogy az szükség esetén képes lesz megvédeni önazonosságát. Ha csak absztrakt erőforrásként tekintünk az ökológiai rendszerekre és nem egyediségük (egyéniségük) folyamatos megértésére törekszünk, még a „fenntarthatónak” mondott stratégiák is összeomláshoz vezetnek (Francis et al., 2007).

A megértés itt nem egy olyan állapota a rendszerről alkotott tudásnak, ami bizonyos munkával elérhető és onnantól hasz-

nálható, hanem egy soha véget nem érő folyamat, amelynek legalapvetőbb tulajdonsága az a felismerés, hogy a tudásunk örökre töredékes marad, a rendszer pedig folyamatosan fejlődik. Ahogyan az ember önmegvalósítása csak a vele kapcsolatban lévők önmegvalósításán keresztül lehetséges, úgy ezzel párhuzamosan az is kijelenthető, hogy a nagy egészet önállóan elfogadó, a természet működését folyamatosan megérteni próbáló társadalom lesz képes hosszú távon sikeres természetierőforrás-menedzsmentre. Nem a folyó partján élő lapp halász az egyedüli példa: általában is a természetközeli életformát élő társadalmak (Berkes, 2008) a leg-sikeresebbek mindkét szempontból.

Mi következik mindebből számunkra? Hogyan építheti be életébe a mélyökológia alapelveit egy modern, európai városlakó? Nehezen. A modernitás technológiai optimizmusa és az erre épülő kultúra nem egyeztethető össze a mélyökológia világ-és emberképével. Ha ökológiai énünk teljes kibontakoztatására törekszünk, nem nélkülözhetjük a természet fizikai közelségét, a közvetlen tapasztalat, a kiszolgáltatottság élményét. Ugyanakkor maga Arne Naess is részben városi emberként élte életét: kutatóként, tanárként különböző egyetemeken dolgozott, de minden évben hónapokat töltött a kopár norvég hegyvidéken épített kunyhójában: ezt a helyet tekintette valódi otthonának. Ez az út azonban túlságosan is személyes ahhoz, hogy előírások vagy általános szabályok mutathassák az utat. Naess fontosnak tartja (Naess, 1989), hogy mindenki maga alakítsa ki saját ökozófiáját, ehhez ő csak olyan alapelveket nyújt, mint az önmegvalósítás fogalma, vagy a „természettel való egység” vállaltan cseppet sem egzakt, de személyes útkeresésre annál inkább alkalmas elve.

REZILIENCIA KÖRNYEZETPOLITIKAI ÉS TUDOMÁNYOS SZEMMEL

A globális diplomácia világában az ENSZ Rio+20 konferenciája előtt kiadott jelentés (UN, 2012) volt az a dokumentum, amellyel a reziliencia politikai kifejezéssé is vált. Abban, hogy ez megtörtént, minden bizonnyal jelentős szerepe volt Johan Rockström és szerzőtársai (2009) népszerű cikkének, amelyben a globális ökológiai rendszer „biztonságos” működésmódját fenyegető főbb veszélyekről írtak a *Nature*-ben. A Föld mai geológiai-ökológiai egyensúlyát a földtörténeti holocén korban érte el. Ezt a stabil egyensúlyt számos szofisztikált önszabályozó folyamat tartja egyensúlyban (Lovelock, 1982). Számos tudós úgy tartja, hogy az emberi hatás olyan léptékben alakítja át bolygónkat, hogy indokolt új földtörténeti korként (antropocén) tekinteni a napjainkban kezdődő időszakra (Steffen et al., 2007; illetve <http://www.anthropocene.info>). A globális ökológiai rendszer rezilienciája végső soron arról a kérdéstről szól, hogy a Lovelock által leírt mechanizmusok meddig képesek alkalmazkodni a megváltozott körülményekhez és fenntartani a holocén egyensúlyt, illetve mikor veszti el a rendszer önszabályozó képességét és alakul át egy más, szintén stabil, de a maitól lényegesen különböző bioszférává.

A reziliencia egy rendszer képessége arra, hogy külső hatásokat elnyeljen, de képes legyen fenntartani alapvető struktúráját és funkcióit (Walker és Salt, 2006). Társadalmi-ökológiai rendszerek rezilienciája esetén alapvetően az ökoszisztéma-szolgáltatások azok a rendszerfunkciók, amelyek stabil működésére koncentrálunk a reziliencia vizsgálatokor. A rezilienciát biztosító tényezőket jóval könnyebb precízen meghatározni egy

konkrét rendszer és egy konkrét külső hatás viszonyában (specifikus reziliencia), de néhány jellemzőről általánosságban is kijelenthetjük, hogy hozzájárulnak a rendszer stabilitásához (általános reziliencia). Az általános reziliencia fontosságát szem előtt tartó döntéshozatal néhány alapelvét foglalom össze az alábbiakban Brian Walker munkái alapján (Walker és Salt, 2006; Walker et al., 2014):

1. Egy rendszer stabilitásához nagyban hozzájárul alkotóelemeinek minél nagyobb diverzitása. Minél többféle különböző elem épít fel egy rendszert (fajok, szakértelem, technológia sokfélesége stb.), annál valószínűbb, hogy az egyik elem kieséséhez viszonylag könnyen tud alkalmazkodni a rendszer egésze.

2. Az ökológiai változékonyság, a ciklikus működésmód természetes jellemzője a természetnek. Egy jól működő társadalmi-ökológiai rendszerben a természet önszabályozó működéseként tekintenek azokra az eseményekre, amelyeket ma inkább megakadályozni szoktunk, ha lehet. Az ilyen látszólag destruktív jelenségek (kisebb bozóttüzek, árvizek, viharkárok) a természet önszabályozó, „önfiatalító” működésében fontos szerepet játszanak.

3. A rendszer moduláris szerkezete, illetve a rendszeren belüli kapcsolatok nagy száma és egészséges eloszlása is sokban hozzájárul a rezilienciához. Ez a két tulajdonság a viszonylag gyors információáramlást, a problémák izolálását és a megújulás gyorsaságát segíthetik.

4. A kulcsfontosságú ökológiai és társadalmi változók (kiemelt figyelemmel a lassú változókra, lásd alább) folyamatos figyelése, a rendszer szerkezetének ismerete, az információk megosztása és a kooperatív irányítás meggyorsítja a rendszer válaszkészségét szükség esetén.

5. Standard megoldások helyett az egyéni változatok kibontakozására, innováció támogatására kell törekedni. A rendszer saját „önmegváltoztató” folyamatait nem szabad elfojtani.

6. A társadalmi tőke, civil szervezetek, a döntéshozatali struktúrák átláthatósága, befolyásolhatósága, párbeszédképessége – általánosabban fogalmazva: a bizalom – nélkülözhetetlenek egy adaptív menedzsmentstratégiához.

A fentiekből kitűnik, hogy a reziliencia elve bizonyos helyzetekben ellentétben áll a hatékonysággal. A (gazdasági) hatékonyság szempontjából a redundáns szerkezet, a többszörös, összetett funkcionalitás, a pufferek és tartalékok, sokszereplős döntéshozatali struktúrák csak felesleges költségek, amelyektől megszabadulva a rendszer gyorsabban, olcsóbban és kiszámíthatóbban fog működni. Azonban minél hatékonyabb egy rendszer, annál sebezhetőbb: ha nincs kihasználatlan kapacitás, tartalék funkcionalitás, akkor minden lokális hiba jelentős hatással lesz az egész működésre. Fordítva is igaz ez: minél reziliensebb egy rendszer, annál kevésbé hatékony – ez azonban nem jelenti azt, hogy a nem hatékony rendszerek szükségképpen reziliensek. A két tulajdonság közötti összefüggés természetesen itt sem egyszerű fordított arányosság: vannak olyan struktúrák, amelyek a két szempontot optimálisan integrálják. Ahhoz, hogy ezt a kérdést egy konkrét rendszer esetén megvizsgáljuk, fontos eldönteni, hogy mit értünk hatékonyság alatt és milyen szempontból vizsgáljuk a rezilienciát. A hatékonyság és a reziliencia leginkább akkor állnak ellentétben egymással, ha klasszikus termelési költséghatékonyságról van szó.

Mindezek mellett fontos megemlíteni, hogy a reziliencia nem egyértelműen pozitív

fogalom: egy rosszul működő rendszer is lehet nagyon reziliens (Haider, Quinlan és Peterson, 2012; Kuslits, Biggs és Rocha, 2014). A természet vagy az emberek számára károsan működő rendszerek is gyakran nagy stabilitással tartják fenn önmaguk létét. Tipikus példák erre a hosszú ideje szegénységben élő régiók, az őshonos fajokat kiszorító özönnövények alkotta rendszerek, a rendkívül centralizált politikai vagy gazdasági rendszerek. Mindezekre igaz, hogy hosszú ideig képesek önszerveződő módon is fenntartani magukat és még jól megtervezett beavatkozásra is csak lassan reagálnak.

KRITIKUS ÁTMENETEK: A REZILIENCIA ELVESZTÉSE

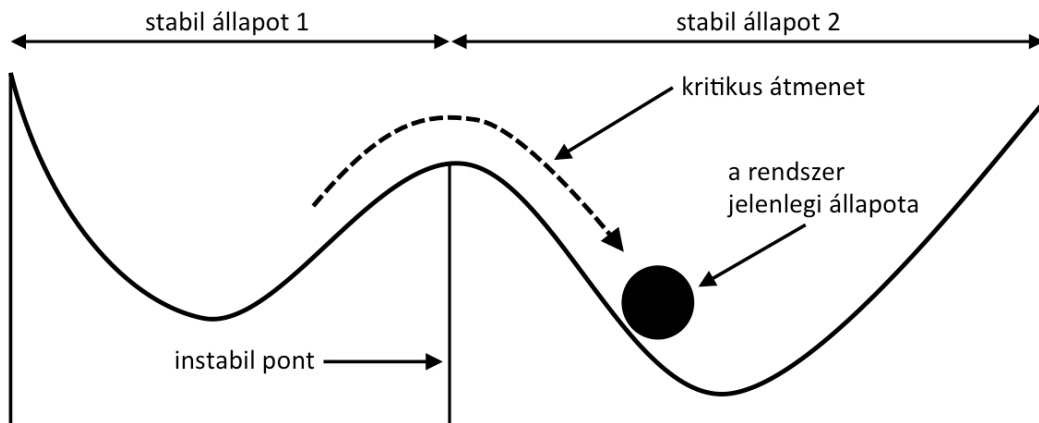
A társadalmi-ökológiai reziliencia fogalmának tisztázásában talán a legnagyobb segítséget azon esetek vizsgálata nyújtja, amelyekben a rendszer rezilienciája elvész és a rendszer alapvetően átalakul. Ezeket a változásokat nevezzük kritikusan átmeneteknek vagy „*regime shift*”-nek (Biggs et al., 2011; Scheffer, 2009). A komplex adaptív rendszerek többféle „stabil állapotban” is képesek létezni. Ezek a stabil állapotok relatív egyensúlyok, amelyek a rendszer optimális működését írják le bizonyos peremfeltételek között. Ebből az egyensúlyból valamilyen külső sokkhatás vagy a peremfeltételek megváltoztatása billentheti ki a rendszert. A rendszer rezilienciája az a képesség, amellyel alkalmazkodni képes a peremfeltételek változásához, illetve sokkhatás után visszatérni az egyensúlyi állapotba. A reziliencia mértéke tehát jellemezhető azzal a maximális sokkkal, amelyet a rendszer még képes külső segítség nélkül elviselni komolyabb hosszú távú következmények nélkül. Ha a reziliencia nem

elegendő, akkor a rendszer nagyon gyorsan átalakul.

Azokat a peremfeltételeket, amelyek az egyensúlyi állapotot meghatározzák, lassú változóknak nevezzük (Walker, Carpenter, Rockstrom, Crépin és Peterson, 2012) – a lassúság a rendszerben normálisan lezajló folyamatokhoz viszonyítva értendő. Egy komplex rendszer aktuális állapota rengeteg változóval írható le, amelyek térben és időben folyamatosan változnak, látszólag kaotikusan. Ezek a kaotikus változások azonban egy bizonyos tartományon belül zajlanak, és ezt a tartományt néhány olyan főbb változó határozza meg, amelyek nagyon stabilak, csak jelentős hatások tudják őket kitéríteni normál értékükből. Például egy folyó vízgyűjtő rendszerét tekintve lassú változó lehet a talajvízszint magassága (Walker, Abel, Anderies és Ryan, 2009), amely a folyó változó vízhozamához, a napi csapadékhoz, a levegő páratartalmához és más, a vízháztartásban szerepet játszó változókhöz képest egy-két nagyságrenddel lassabban változik. Ez a stabilitás meghatározza a domináns felszíni növénytakarót, a talajkémiai, a mezőgazdasági lehetőségeket, és számos más adottságát a rendszernek. Ehhez hasonló lassú változók lehetnek azok a klimatikus paraméterek, amelyek az évszakok változását meghatározzák, egy domináns fafaj meghatározó jelenléte, de olyan társadalmi tényezők is, mint például a birtokszerkezet vagy a társadalmi hálózat centralitása. A társadalmi rendszerekben a jelentősebb infrastruktúraelemek általában valamilyen lassú változó szerepét töltik be. Egy komplex adaptív rendszerben általában három–öt lassú változó határozza meg az aktuális stabil állapotot.

Az egyik prototipikus kritikus átmenet a sekély tavak eutrofizációja (Rocha et al., 2013), ami lényegében a „tiszta vízű” és az

„algás, zavaros” állapot közötti átmenet. Magyarországon jól ismert példája ennek a folyamatnak a Balaton nyolcvanas években lezajlott eutrofizációja, amelyet a kétezres évek elejére sikerült visszaállítani. Ezt az átmenetet jellemzően a foszfáttartalmú szerves szennyező anyagok váltják ki, amelyek például intenzív műtrágyahasználat következményeként vagy nem megfelelően tisztított szennyvízzel kerülhetnek a vízbe. A vízben oldott foszfátot az iszap sokáig képes elraktározni, ezzel stabilizálva a víz kémiai összetételét, ez a tárolókapacitás azonban véges. Amikor az iszap nem képes több foszfátot raktározni, elkezd növekedni a vízben a szerves tápanyag koncentrációja, ami algásodást indít el a tóban. Az algásodás olyan kémiai változásokat indít el, amelyek csökkentik az iszap foszfátraktározó képességét és még az a tápanyag is felszabadul, ami korábban az iszapban volt elzárva, ezzel a pozitív visszacsatolással az algásodás folyamata önmagát gyorsítja fel. Mielőtt ez lezajlik, ahogy az iszap tárolókapacitása folyamatosan telik, egyre csökken a tó tiszta vizű állapotának rezilienciája. Végül egy egészen kis adag foszfát is elég ahhoz, hogy az algásodást beindítsa. Ez már egy másik stabil állapot, azokkal az önszervező mechanizmusokkal, rezilienciával, amelyek stabilan tartják olyan külső „zavaró tényezők” ellenére, mint a foszfát-koncentráció csökkenése. A tó tisztaságának visszaszerzése hatalmas beavatkozást igényel ekkor már: az algák mennyiségének és a vízben oldott foszfát-koncentráció jelentős mértékű csökkentését hosszabb időn át. A billenőpont előtt a szennyezés abbahagyása elegendő lett volna a tó megvédéséhez, a billenőpont után azonban csak hosszú, bonyolult és drága munkával lehet az eredeti ökológiai állapotába visszabillenteni a tavat.



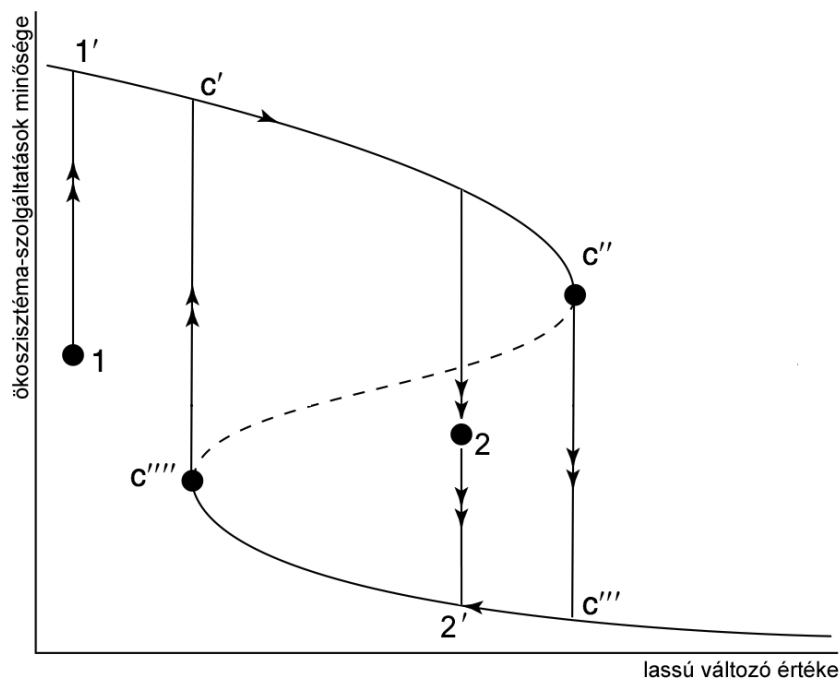
1. ábra. A komplex rendszer stabil állapotainak és kritikus átmenetének sematikus rajza Biggs (2011) után módosítva

Ezt a mechanikát hagyományosan egy golyóval szoktuk illusztrálni, amely két völgy között gurulhat át (1. ábra). Mindkét völgy egy stabil állapotot, attraktort szimbolizál. Ha kissé meglökjük a golyót, elmozdul, de a lejtőn visszagurul az egyensúlyi állapotba, a völgy aljára. Nagy lökés hatására átgurulhat a másik völgybe, és ott új stabil állapotba kerül. A rendszer rezilienciája bármelyik oldalon a völgy mélysége és szélessége. A sekély tavak fent összefoglalt példájánál maradva: a foszfátkoncentráció emelése az az erő, ami a golyót a másik meder felé hajtja.

Egyes társadalmi-ökológiai rendszerek ilyen átmenetei változó nehézséggel állíthatók vissza. A kritikus átmenetek időnként fajok kihalását vagy jelentősebb geológiai képződmények átalakulását jelentik, ezek irreverzibilis változásnak tekinthetők. Más esetekben kellő erőfeszítéssel vissza lehet fordítani a folyamatokat, de ez mindig sokkal több energiát igényel, mint amennyi a megelőzés lett volna.

A kritikus átmeneteket¹ ábrázoló grafikonok gyakran S alakúak (2. ábra). Az S alsó és felső íve a két bifurkációs pontig (c'' és c''') a különböző dinamikák lefutását követi, az S középső (szaggatott) szakasza instabil régió, ezt az állapotot nem veheti fel a rendszer (Lade et al., 2013). A két bifurkációs pont közötti lassú változó értékekhez mindkét stabil állapot tartozhat elméletileg, azaz ebben a régióban van elméleti lehetőség a kritikus átmenetre egy sokk hatására. Ennek a sokknak legalább akkorának kell lennie, hogy a rendszer állapotát az instabil állapoton, az S középső szakaszán átmenelje, különben a rendszer rezilienciája visszatéríti a korábbi egyensúlyba. A környezeti tényezők változtatásával, az S görbe mentén mozogva a rendszer elérheti a bifurkációs pontokat, ekkor a kritikus átmenet egy egészen apró hatásra is bekövetkezik (Scheffer et al., 2001). A rendszer ekkor nem a másik bifurkációs ponthoz kerül, hanem a grafikon másik ágán arra a pontra, amely a környezeti té-

¹ A „kritikus átmenet” kifejezést az angolul elterjedt „critical transition”, illetve az ennek szinonimájaként használatos „regime shift” kifejezések megfelelőjeként használom, az egységes magyar szaknyelvi használat érdekében tett javaslatként.



2. ábra. Ha a rendszert sokk éri és az 1 pontba kerül, rezilienciája elég nagy, ezért visszatér 1' pontba. Más lassú változó értékek mellett hasonló sokkhatásra átlépi az instabil pontot (szaggatott görbeszakasz) és a 2 állapotba kerülhet, majd innen automatikusan 2'-be haladva fog új egyensúlyt találni. c'' és c''' inflexiós pontok, itt mindenképpen bekövetkezik a kritikus átmenet és a rendszer c'' , illetve c' pontokba kerül. Egy ilyen átmenet után nagy változás kell a lassú változóknak, hogy a rendszer eljusson a másik inflexiós pontig, illetve esetenként egy jelentős sokk is visszatérítheti a másik állapotba a 2–2' átmenethez hasonlóan. Scheffer és Carpenter (2003) után módosítva

nyezőknek megfelelő pont. A visszatérés elméletileg elképzelhető „sokkterápiával”, vagy a környezeti tényezők szisztematikus javításával addig, amíg el nem érjük a másik bifurkációs pontot. A lassú változók megfelelő értékre való visszatérítése minden esetben nélkülözhetetlen egy kritikus átmenet visszafordításában.

A kritikus átmenetekkel kapcsolatban az egyik legégetőbb kérdés az előrejelezhetőségük. Ahogyan a komplex rendszerek viselkedése semmiben sem jelezhető előre, úgy ebben sem, elméletileg sem. Nem határozhatók meg pontosan a bifurkációs pontok és azt sem tudjuk igazán pontosan megmondani, hogy a rendszer hol tart éppen hozzájuk

képest, de megfelelő statisztikákkal ezek az értékek közelíthetők. A bifurkációs pontokhoz közelítve a rendszer rezilienciája folyamatosan csökken, az átalakulás valószínűsége egyre nő. Létezik néhány jel, ami az időjárástól a globális gazdaságig általánosan előre jelzi a komplex rendszerek összeomlásait. A billenőpontokhoz közeledve a rendszerek lassabban állnak helyre kisebb stressz hatására is. A rendszert leíró statisztikai görbék autokorrelációja és varianciája megnő (Scheffer et al., 2009). Ezek a módszerek azonban sem pontatlanságuk, sem az előrejelzés késői ideje miatt nem lehetnek a kritikus átmenetek megelőzésének alapjai a gyakorlatban.

ÖSSZEFOGLALÁS

A reziliencia az ökológiai gondolkodás szerint azt a megközelítésmódot foglalja össze, amelyben a társadalmi-ökológiai rendszerek ember által nem kontrollálható önszerveződő képessége van a középpontban. Ezek a komplex-adaptív rendszerek bizonyos stabil működésmódokhoz ragaszkodnak, amíg a környezeti tényezők ezt lehetővé teszik, illetve amíg saját adaptív kapacitásuk kiterjed. Ha egy rendszer egy stabil állapotból egy másikba billen át, azt kritikus átmenetnek nevezzük. Az ilyen változások gyors és alapvető átalakulást jelentenek, amelyek a gyakorlatban általában csökkentik a rendszer fajgazdagságát, komplexitását, és az ember számára is kevésbé adnak otthont; ilyen átmenet lehet például a sivatagosodás. A reziliencia kutatásának célja az, hogy ne gátoljuk,

inkább segítsük a természetes rendszereket abban, hogy megküzdőképességüket megőrizzék, fejlesszék és sikeresen alkalmazkodjanak ahhoz az ökológiai kihíváshoz, amit a túlnépesedett emberiség jelent. Ahhoz, hogy ebben sikeresek lehessünk, a statikus modelljeinket dinamikus, folyton változó természetképre kell cserélnünk, rendszerszemlélettel és részvételi módszerekkel kell közelítenünk az ökoszisztémához.

„A valóság gazdagsága még gazdagabbá válik sajátosan emberi adottságaink révén; mi vagyunk az első olyan ismert élőlények, akiknek lehetőségük van, hogy közösségben éljenek az összes többi élőlényel. Reménykedünk, hogy e lehetőség valóra válik – ha nem is a közeli, de legalább a nem túl távoli jövőben.”

(Arne Naess, 2005)

SUMMARY

RESILIENCE IN SOCIAL AND ECOLOGICAL SYSTEMS

The management of natural resources or ecological systems traditionally follows the implicit principle that the managers are working from outside of the system, and that the behaviour of the system is more or less predictable. Considering the complicated linkages between the social and the ecological spheres it seems to be more accurate to view them as social-ecological systems (SES), as integrated wholes. From this new point of view follows that humans are not in control of Nature and that they are unable to predict SES behaviour, – as this is experienced many times in practice. The resilience of social-ecological systems is a key concept in preparing for the unknown future. Thus, resilience has become recently a central focus in global environmental politics, related to the deepening ecological crisis. In addition to the changes in our approach to natural resource management, there is a branch of ecophilosophy that stresses the unity between humans and ecosystems, based on anthropological arguments: identification with Nature is a key step in our psychological development. According to this viewpoint, the ecological crisis is, in fact, a crisis of our humanity. Social-ecological systems can exist in different stable states, but challenges to the resilience of social-ecological systems are causing fast and critical transitions (regime-shifts). Such changes have fun-

damental and hardly reversible consequences on all human and non-human beings, therefore it is crucial to recognize them, both for management purposes and for theoretical-philosophical understanding.

Keywords: social-ecological systems, resilience, deep-ecology, regime-shifts

IRODALOM

- BARNOSKY, A. D., HADLY, E. A., BASCOMPTE, J., BERLOW, E. L., BROWN, J. H., FORTELIUS, M., ... SMITH, A. B. (2012): Approaching a state shift in Earth's biosphere. *Nature*, 486(7401), 52–8.
- BERKES, F. (2008): *Sacred Ecology*. Routledge, New York.
- BERKES, F., FOLKE, C. (1998): *Linking Social and Ecological Systems: Management Practices and Social Mechanisms for Building Resilience*. New York, Cambridge University Press.
- BIGGS, R., BLENNCKNER, T., FOLKE, C., GORDON, L., NORSTRÖM, A., NYSTRÖM, M., PETERSON, G. (2011): Regime Shifts. In: HASTINGS, A., GROSS, L. (eds): *Sourcebook in Theoretical Ecology*. Berkeley, University of California Press. 609–617.
- BODIN, Ö., PRELL, C. (2011). *Social Networks and Natural Resource Management*. New York, Cambridge University Press.
- BRAGG, E. A. (1996): Towards Ecological Self: Deep Ecology meets constructionist self-theory. *Journal of Environmental Psychology*, 16, 93–108.
- BROCK, W. A., MALER, K.-G., PERRINGS, C. (2002): Resilience and Sustainability: The Economic Analysis of Nonlinear Dynamic Systems. In: GUNDERSON, L., HOLLING, C. S. (eds): *Panarchy*. 261–289. Island Press, Washington, DC.
- CARPENTER, S., GUNDERSON, L. (2001): Coping with Collapse: Ecological and Social Dynamics in Ecosystem Management. *BioScience*, 51(6), 451–457.
- CRONA, B., BODIN, Ö. (2006): What You Know is Who You Know? Communication Patterns Among Resource Users as a Prerequisite for Co-management. *Ecology and Society*, 11(2).
- ELSEN, T. VAN. (2000): Species diversity as a task for organic agriculture in Europe. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 77, 101–109.
- FRANCIS, R. C., HIXON, M. A., CLARKE, M. E., MURAWSKI, S. A., RALSTON, S. (2007): Ten Commandments for Ecosystem-Based Fisheries Scientists. *Fisheries*, 32(5), 217–233.
- GUNDERSON, L., HOLLING, C. S. (2002): *Panarchy*. Island Press, Washington, DC.
- HAIDER, L. J., QUINLAN, A. E., PETERSON, G. D. (2012): Interacting Traps: Resilience Assessment of a Pasture Management System in Northern Afghanistan. *Planning Theory & Practice*, 38, 312–319.
- HANSSON, D. (2012): Unpacking Spinoza: Sustainability Education Outside the Cartesian Box. *Journal of Sustainability Education*, 3(March). Letöltve: http://www.jsedimensions.org/wordpress/content/unpacking-spinoza-sustainability-education-outside-the-cartesian-box_2012_03/
- HAWLEY, A. H. (1944): Ecology and Human Ecology. *Social Forces*, 22(4), 398–405.

- HOLLING, C. S. (1973): Resilience and Stability of Ecological Systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 4, 1–23.
- HOLLING, C. S. (1978): *Adaptive Environmental Assessment and Management*. Wiley, London.
- HOLLING, C. S., GUNDERSON, L., PETERSON, G. D. (2002): Sustainability and Panarchies. In: GUNDERSON, L., HOLLING, C. S. (eds): *Panarchy*. Island Press, Washington, DC. 63–102.
- IGBP, SRC, SEI, CSIRO, IHDP, & GLOBAĀA. (2012): *Anthropocene*. Letöltve: <http://www.anthropocene.info>
- KUSLITS, B., BIGGS, R., ROCHA, J. C. (2014): Tokaj wine region socialization. *Regime Shifts Data Base*. Letöltve: <http://www.regimeshifts.org/component/k2/item/492-tokaj-wine-region-socialization>
- LADE, S. J., TAVONI, A., LEVIN, S. A., SCHLÜTER, M. (2013): Regime shifts in a social-ecological system. *Theoretical Ecology*, 6(3), 359–372.
- LÁNYI A. (2010): „Ez a folyó része lényemnek...” In: LÁNYI A. (szerk.): *Az ember fáj a földnek*. L'Harmattan, Budapest. 52–62.
- LEBEL, L., ANDERIES, J. M., CAMPBELL, B., FOLKE, C., HATFIELD-DODDS, S. (2006): Governance and the Capacity to Manage Resilience in Regional Social-Ecological Systems. *Ecology and Society*, 11 (1).
- LOVELOCK, J. E. (1982): *Gaia: A New Look at Life on Earth*. Oxford University Press.
- MILLENIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. (2005): *Ecosystems and Human Wellbeing: Synthesis*. Island Press, Washington, DC.
- NAESS, A. (1989): From ecology to ecosophy. In: NAESS, A.: *Ecology, community and lifestyle*. Cambridge University Press. 35–67.
- NAESS, A. (2003): A mélyökológiai mozgalom. In: LÁNYI A. (szerk.): *Természet és szabadság*. Osiris, Budapest. 117–120.
- NAESS, A. (2005): Önmegvalósítás. In: LÁNYI A., JÁVOR B. (szerk.): *Környezet és etika*. L'Harmattan, Budapest. 221–235.
- ROCHA, J. C., BIGGS, R., PETERSON, G. D., CARPENTER, S. (2013): Freshwater Eutrophication. *Regime Shifts Data Base*. Letöltve: <http://www.regimeshifts.org/component/k2/item/55-freshwater-eutrophication>
- ROCKSTRÖM, J., STEFFEN, W., NOONE, K., PERSSON, Å., CHAPIN, F. S., LAMBIN, E., ... FOLEY, J. (2009): A safe operating space for humanity. *Nature*, 461 (September), 472–475.
- SCHEFFER, M. (2009): *Critical Transitions in Nature and Society*. Princeton University Press, New Jersey.
- SCHEFFER, M., BASCOMPTE, J., BROCK, W. A., BROVKIN, V., CARPENTER, S. R., DAKOS, V., ... SUGIHARA, G. (2009): Early-warning signals for critical transitions. *Nature*, 461(7260), 53–9.
- SCHEFFER, M., CARPENTER, S., FOLEY, J. A., FOLKE, C., WALKER, B. (2001): Catastrophic shifts in ecosystems. *Nature*, 413(6856), 591–6.
- SCHEFFER, M., CARPENTER, S. R. (2003): Catastrophic regime shifts in ecosystems: linking theory to observation. *Trends in Ecology & Evolution*, 18(12), 648–656.
- STEFFEN, W., CRUTZEN, J., MCNEILL, J. R. (2007): The Anthropocene: are humans now overwhelming the great forces of Nature? *Ambio*, 36(8), 614–21.

- UNITED NATIONS SECRETARY-GENERAL'S HIGH-LEVEL PANEL ON GLOBAL SUSTAINABILITY. (2012): *Resilient People, Resilient Planet: A future worth choosing*. United Nations, New York.
- WALKER, B., ABEL, N., ANDREONI, F., CAPE, J., MURDOCH, H., NORMAN, C., ... WHITE, R. (2014): *General Resilience*.
- WALKER, B., CARPENTER, S., ANDERIES, J., ABEL, N., CUMMING, G., JANSSEN, M., ... PRITCHARD, R. (2002): Resilience Management in Social-ecological Systems: a Working Hypothesis for a Participatory Approach. *Conservation Ecology*, 6(1).
- WALKER, B. H., ABEL, N., ANDERIES, J. M., RYAN, P. (2009): Resilience, Adaptability, and Transformability in the Goulburn-Broken Catchment, Australia. *Ecology and Society*, 14(1).
- WALKER, B. H., CARPENTER, S. R., ROCKSTROM, J., CRÉPIN, A.-S., PETERSON, G. D. (2012): Drivers, "Slow" Variables, "Fast" Variables, Shocks, and Resilience. *Ecology and Society*, 17(3), 1–4.
- WALKER, B., SALT, D. (2006): *Resilience Thinking*. Island Press, Washington, DC.
- WEAVER, W. (1948): Science and complexity. *American Scientist*, 36, 536–544.
- WESTLEY, F. (2002): The Devil in the Dynamics: Adaptive Management on the Front Lines. In: GUNDERSON, L., HOLLING, C. S. (eds): *Panarchy*. Island Press, Washington, DC. 333–360.