Kiss Tibor

Gazdaság 5D-ben

Egy kékgazdaság-típusú megközelítés



L'Harmattan

Ez a mű a Creative Commons Nevezd meg! - Ne add el! - Így add tovább! 4.0 Nemzetközi Licenc feltételeinek megfelelően felhasználható.
https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/



Gazdaság 5D-ben. Egy kékgazdaság-típusú megközelítés

Economy in 5D. A blue economy approach

Kiss Tibor

https://orcid.org/0000-0001-9663-8241

Jövőkutatás / Futurology (12446), Társadalmi-gazdasági rendszerek / Socio-ecological systems (10750), Interdiszciplináris társadalomtudományok / Social sciences, interdisciplinary (12965)

regeneratív rendszerek, társadalmi-gazdasági reziliencia, ökológiai közgazdaságtan, rendszergondolkodás, kék gazdaság

regenerative systems, socio-economic resilience, ecological economics, systems thinking, blue economy

ISBN 978-963-646-395-3 (pdf)

DOI: https://doi.org/10.56037/978-963-646-395-3



https://openaccess.hu/

Kiss Tibor

GAZDASÁG 5D-BEN

Egy kékgazdaság-típusú megközelítés

Kiss Tibor

GAZDASÁG 5D-BEN

Egy kékgazdaság-típusú megközelítés

L'Harmattan

Budapest, 2025

A K132276 számú projekt a Kulturális és Innovációs Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, az OTKA pályázati program finanszírozásában valósult meg.



© Kiss Tibor, 2025
© L'Harmattan Kiadó, 2025

Lektorok:
Prof. Emeritus Dr. Kerekes Sándor (Budapesti Corvinus Egyetem)
Prof. Dr. Sebestyén Tamás (Pécsi Tudományegyetem, Közgazdaságtudományi Kar)
Dr. habil. Szigeti Cecília (Budapesti Metropolitan Egyetem)

ISBN 978-963-646-391-5
ISBN 978-963-646-395-3 (pdf)
DOI: https://doi.org/10.56037/978-963-646-395-3

Kiadja a L'Harmattan Kiadó
A kiadásért felel Gyenes Ádám

A kiadó kötetei megrendelhetők,
illetve kedvezménnyel megvásárolhatók:
L'Harmattan Könyvesbolt
1053 Budapest, Kossuth L. u. 14–16.
Telefon: +(36-70) 554-3177

Korrektor: Szarvas Melinda
Borítótervező: Pallos Ágnes
Tördelte: Madarász György
Nyomdai kivitelezés: Prime Rate Zrt.
Felelős vezető: Tomcsányi Péter

Tartalomjegyzék

Táblázatok jegyzéke 8
Ábrák jegyzéke 9
Dobozok jegyzéke 10
Előszó 13
Bevezetés 17

1. A szellem nyomában 23
1.1. A világnézetek hatása a tudományos életre 24
1.2. A tudományos módszerek fejlődése 26
1.3. Az egész rendszerek tudománya 28
1.4. A matematikai módszertan fejlődése 31
1.4.1. Az aranymetszés 31
1.4.2. A mechanikus vagy lineáris módszertani eszközök 33
1.4.3. Termodinamika, entrópia 34
1.4.4. Kibernetika, visszacsatolás 35
1.4.5. A minőség matematikája 35
1.5. A nooszféra fejlődése 37
1.6. Összegzés 39

2. Rendszerszintű elemzési módszerek 41
2.1. A hálózatokról általában 42
2.2. Input-output elemzés 45
2.3. Ökológiai hálózatelemzés 49
2.4. A rendszergondolkodás módszertana 62
2.5. Hatékonyságelemzés 66
2.5.1. A burkológörbe-elemzés módszertana 68
2.5.2. Kompozitindikátorok (összevont mutatószámok) 75
2.5.3. Skálahatékonyság, skálahozadék 76
2.5.4. Mintaelemszám 77
2.6. Rendszerbeavatkozási pontok 77
2.7. Összegzés 80

3. Az ember és a civilizációk körforgása 81
3.1. Az emberről, az emberi viselkedésről 82
3.2. A civilizációk körforgásáról 84
3.3. A harmonikus rendszerek felbomlása 88
3.3.1. A külső erők hatása 88
3.3.2. A belső erők hatása 91
3.3.3. Tanulható stratégiák 93
3.4. A jelenlegi civilizáció fordulópontja 97
3.5. Összegzés 99

4. Túl a határokon: Az emberi tevékenység rendszerszintű hatása a bioszférára 101
4.1. A komplex gazdasági-társadalmi-ökológiai rendszer strukturális problémái 101
4.2. Az ökológiai környezetre való hatás 105
4.2.1. Az ökológiai rendszerek fontosabb jellemzői 105
4.2.2. A planetáris határok túllépése 106
4.3. Társadalom: a láthatatlan rend felbomlása 111
4.3.1. A társadalom és a természet együttlétezéséről 111
4.3.2. Fejlődési korlátok, a közösségek felbomlása 112
4.4. A fosszilis erőforrások árnyékában 114
4.4.1. Mit használjunk – és mit ne? Energiaforrások ökológiai mérlegen . . . 115
4.4.2. Energiaválság a számok tükrében: mennyiség, hatásfok és ökológiai ár 116
4.4.3. Energiacsökkenés és alkalmazkodási lehetőségek 119
4.5. Gazdaság 120
4.5.1. A kékgazdaság modellje: ökológiai szemléletű gazdaság 120
4.5.2. Jóllét és gazdasági teljesítmény: a kapcsolat újragondolása 125
4.5.3. A GDP és az energiafelhasználás rendszerszintű összefonódása 133
4.5.4. A pénzrendszer rendszerszintű hatásai 137
4.5.5. A gazdaság szerkezetéről 139
4.5.6. A gazdasági rendszer hatása – erőforrás-alapú megközelítés 141
Összegzés 142

5. Megoldások 5D-ben 145
5.1. Áthangolódás 145
5.2. Változtatási kísérletek 150
5.2.1. Decoupling – szétkapcsolás 151
5.2.2. Körforgásos gazdaság 153
5.2.3. Klímaváltozás – üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentése . . . 154
5.2.4. ESG – környezeti-társadalmi-vállalatirányítási stratégiák 155
5.3. A gazdasági rendszer áthangolása – a kiegészített GDP 156
5.3.1. Az energia és az anyag áramlásáról 157

5.3.2. Az input-output tábla kibővítése 159
5.3.3. A kiegészített GDP pótlólagos elemeinek becsléséről 164
5.3.4. Összekapcsolás a természet rendszereivel 167
5.3.5. A termelő felhasználás mátrixának áthangolása 168
5.3.6. A kiegészített GDP alkalmazása 170
5.3.7. Az alapszükségletektől a végtelen növekedésig 176
5.3.8. Az áthangolás hajtóerejéről 177
5.3.9. A lehetőségekhez való alkalmazkodás 178
5.3.10. Energiagazdálkodás a természet ritmusában 182
5.3.11. Természetes pénzáramlás 184
5.4. A természet „hozzáadott érték" sorának növelése, avagy hagyjuk a természetet kibontakozni 186
5.4.1. Az ember és a természet által hozzáadott értékek aránya (EROI) 188
5.4.2. A mezőgazdaság újrahangolása: A természetes termőképesség visszanyerése 189
5.4.3. A víz visszafordítása: Erdők, tájak és a kistáji vízkörforgás újjászervezése 193
5.4.4. Az erdőkertek mint ökológiai modellek 195
5.5. Természetalapú gazdasági rendszerek – működő modellek 197
5.5.1. Biológiai kapitalizmus Kolumbiában 198
5.5.2. Kávétermesztés, avagy a kékgazdaság logikája 200
5.5.3. Pelenkából termőföld: a bőség útja. 201
5.5.4. Bali víztemplomrendszerei 203
5.5.5. A farkasok visszatelepítése 206
5.6. Közösségi struktúrák, fokozatosság, adaptáció 207
5.6.1. A természet működéséhez illeszkedő közösségi megoldások 208
5.6.2. A szerves fejlődés és a fokozatosság jelentősége a társadalmi átmenetekben 209
5.6.3. Megőrzés és alkalmazkodás: közösségi válaszok 212
5.6.4. A kevesebb több is lehet – a kalóriacsökkentés környezeti hatásai 213
5.7. Városi rendszerek átalakítása: fenntarthatóság, reziliencia és közösségi megújulás 214
5.8. Áthangolt változtatási kísérletek 224

Epilógus 229
Irodalomjegyzék 231

Táblázatok jegyzéke

2.1. TÁBLÁZAT Egy általánosított ÁKM
2.2. TÁBLÁZAT A mintatáplálékláncábrázolása egy input-output táblában
2.3. TÁBLÁZAT A visegrádi országok és Szerbia GDP- és energiafelhasználási adatai
2.4. TÁBLÁZAT A DEA-modellek
2.5. TÁBLÁZAT A CRS-inputorientált envelopment modell eredményei
2.6. TÁBLÁZAT A VRS-inputorientált multiplier modell eredményei
2.7. TÁBLÁZAT Skálahatékonyság és a skálahozadék iránya
4.1. TÁBLÁZAT Az egyes energiafajták EROI-értékei
4.2. TÁBLÁZAT A Cone Spring táplálékláncstruktúrája
4.3. TÁBLÁZAT A rendszerelemek központi helyzete ökológiai környezetben
4.4. TÁBLÁZAT Néhány európai ország teljesítményértékei
4.5. TÁBLÁZAT A GDP és az ökológiai lábnyom (input) hatása a boldogságindexre (output). VRS- és CRS-outputorientált megközelítés.
4.6. TÁBLÁZAT VECM-eredmények: a GDP hatáselemzése
5.1. TÁBLÁZAT ÁKM a kiegészített GDP számításához
5.2. TÁBLÁZAT ÁKM a kiegészített GDP-hez: vidrák és tengeritehenek
5.3. TÁBLÁZAT ÁKM a kiegészített GDP-hez: A Húsvét-sziget példája
5.4. TÁBLÁZAT A város öt funkcionális területe közötti teljes hatásáramlás, az összes javasolt projektet figyelembe véve
5.5. TÁBLÁZAT A város öt funkcionális területe közötti optimális hatásáramlás

Ábrák jegyzéke

1.1. ábra Az aranynégyzet, benne az aranyspirállal
2.1. ábra A fokszámeloszlás ábrázolása $\gamma = 2{,}5$ esetén normál és log-log tengelyen
2.2. ábra Egy táplálékklánc szénforgalma, egy évben – mg C / (m^2 év)
2.3. ábra A h, p és az s (= logp) ábrázolása
2.4. ábra A sok csomóponttal rendelkező ökológiai rendszerek FE-értékei
2.5. ábra Életképességi terület
2.6. ábra A népességszám rendszerdinamikai modellezése
2.7. ábra A mintatáplálékklánc rendszerdinamikai modellje
2.8. ábra A visegrádi országok és Szerbia GDP- és energiafelhasználási adatainak DEA-szempontú ábrázolása
4.1. ábra A NEAA felmérése a standard futásnak és a stabilizált változatnak az észlelt globális adatokkal való összevetésére
4.2. ábra A bolygó határainak túllépése – 2015 és 2023
4.3. ábra A felhasznált édesvíz hasznosulás szerinti megoszlása
4.4. ábra A globális élő bolygó indexe (2024)
4.5. ábra Az ökológiai lábnyom földtípusok szerinti bemutatása
4.6. ábra A globális elsődlegesenergia-fogyasztás
4.7. ábra Egy főre jutó GDP és a nagyon boldogok aránya 1946–1996 között (USA)
4.8. ábra Az élettel való elégedettség alakulása az USA-ban és Nyugat-Európában
4.9. ábra A kőolajtermelés és -felhasználás, valamint a GDP kapcsolata az USA-ban
4.10. ábra A GDP és az anyagkitermelés kapcsolata 1900 és 2005 között
4.11. ábra A természeti erőforrások felhasználásának csoportosítása
4.12. ábra A GDP növekedése által befolyásolt rendszer
5.1. ábra A decoupling, szétkapcsolás két változata
5.2. ábra A gravitációs energia használata
5.3. ábra Az erdők vízszállítási képessége
5.4. ábra Az esőerdőből származó haszonvételek
5.5. ábra A kávétermesztés folyamata hagyományos módon és kékgazdaság szerint
5.6. ábra A lebomló anyagokból készült pelenka feldolgozásának rendszerdinamikai modellje
5.7. ábra Az összehangolási szintek hatása a terméseredményekre
5.8. ábra Utak a közösségek számára

Dobozok jegyzéke

1.1. Doboz Az aranymetszés
1.2. Doboz Káoszelmélet
2.1. Doboz Erős és gyenge kapcsolatok
2.2. Doboz Skálafüggetlenség
2.3. Doboz Skálafüggetlen hálózatok mindenhol
2.4. Doboz Input-output elemzés
2.5. Doboz Kapcsolat az input-output elemzéssel
2.6. Doboz Ökológiai hálózatelemzés – alapok
2.7. Doboz ENA – a rendszer robusztussága
2.8. Doboz ENA – a súlyozott szerkezeti jellemzők kiszámítása
2.9. Doboz ENA – centralitás, belső körforgás
2.10. Doboz Burkológörbe-elemzés
3.1. Doboz Az emberi tulajdonságokról
3.2. Doboz Kooperáció vs. versengés
3.3. Doboz Ladakh
3.4. Doboz A hungarus-tudat felbomlása
3.5. Doboz A Húsvét-sziget története
3.6. Doboz Japán példája
3.7. Doboz Izland példája
4.1. Doboz A növekedés határai – a World 3 világmodell
4.2. Doboz Planetáris hatás
4.3. Doboz Különleges időszak a béke idején Kubában – az olajhiány hatása
4.4. Doboz A kékgazdaság vezérlőelvei
4.5. Doboz Az élővilág hulladékkezelési módszeréről
4.6. Doboz A GDP és az ökológiai lábnyom alapján értelmezett boldogságszint (DEA-elemzés)
4.7. Doboz A kőolajfelhasználás és a GDP kapcsolata
5.1. Doboz A kibocsátáscsökkentési erőfeszítések eredménye
5.2. Doboz Egy gyümölcsfeldolgozó üzem példája
5.3. Doboz Az országok belső ágazati struktúrájának rezilienciája
5.4. Doboz Kuba: az olajhiányra adott válaszok
5.5. Doboz El Hierro energetikai rendszere
5.6. Doboz Organikus gazdálkodás
5.7. Doboz Regeneratív mezőgazdaság

5.8. Doboz Az erdőkertek
5.9. Doboz Las Gaviotas
5.10. Doboz Bali mezőgazdasága és a zöldforradalom
5.11. Doboz Az új-zélandi halászat
5.12. Doboz Papíripar
5.13. Doboz Megoldások a piramis alján lévőknek
5.14. Doboz A városok reziliens struktúrájának kialakítása
5.15. Doboz Curitiba példája
5.16. Doboz Kuba városi mezőgazdasága

Előszó

Ez a könyv azok számára készült, akik hiszik, hogy a mai civilizáció nem menthetetlen, és még találhatunk kiutat a jelenlegi, valóban nem túl biztató helyzetből. Reményt adhat az, ha megfigyeljük: Sok esetben a lineáris (vagy linearizálható) gondolkodásunk által előrejelzett tényezők keltik a reménytelenség látszatát, pedig a komplex világot modellező rendszerekbe be lehet(ne) építeni olyan rendszerelemeket is, amelyek módosíthatják a kimenetet. Sokszor még az ilyen megoldásokhoz sem kell kilépni a lineáris gondolkodásunkból. Lehet úgy tekinteni a mai civilizációra, mint ami teljesen rossz irányba halad, pedig ebben a fejlődésben benne vannak a továbblépéshez szükséges elemek is. Kétségtelen, olyan társadalmi-gazdasági struktúrákat hoztunk létre, amelyek eléggé megnehezítik a fenntarthatóság irányába való elmozdulást, de nem lehetetlenítették még el.

A *fenntarthatóság* fogalma szinte kínálja magát arra, hogy úgy értelmezzük, ahogy szeretnénk. Eltekintve attól, hogy az üzleti szféra átgyúrta a fogalmat a saját értelmezésére, a felelősen gondolkodók is gyakran a megszokott logikának megfelelően képzelik azt el: Osszuk be a Föld erőforrásait, hogy jusson az unokáinknak is. Ez azonban még mindig teljesen antropocentrikus megközelítés, amelyben a Föld egy eszköz, és nem Gaia, az az élő rendszer, amelyben meg kell találnunk a helyünket, ha a saját fejlődésünket a megfelelő módon szeretnénk irányítani. Az 5D-s megközelítés segíthet ebben.

A 2D-3D-s megközelítés az alap: a földön járunk, azon termelünk, azon építkezünk, tehát ez a természetes számunkra, ez a mai gyakorlat. A térszemléletünknek köszönhetően szintén magától értetődő, kihasználjuk azt a bányászatban, az emeletes házak építésénél, a tengeri javakkal való gazdálkodásnál, de itt még sok kiaknázatlan lehetőségünk van. A 4D, a téridő (Einstein nyomán) számunkra praktikusan az idő, már nehezebb dió. Bár hozzá vagyunk szokva, mégis a pillanatnak élünk. Nem vesszük figyelembe, hogy a termőföldnek még évtizedek múlva is termőföldnek kellene lennie; az egyes politikai intézkedések kihatása is évtizedekig tarthat, tehát paradox módon az idő egy új, kihasználatlan terület, és a figyelmen kívül hagyása a problémáink egyik fő oka.

Az ötödik D a fizikai világ feletti dimenzió, ami még kívül esik a jelenlegi tudományunk által megismerhető fizikai síkon. A tudományt is ez viszi előre; úgy hívják, hogy „munkahipotézis", ami új felfedezésekhez vezet. A mi általunk alkalmazott 5D egy olyan irányú, ami a természet négymilliárd évnyi bölcsessége felé van tájolva. A befolyása állandóan érezhető, és jelentős hatása van a társadalmi-gazdasági

rendszereink alakulására. Ebben nincs semmi misztikus, hiszen ez az alapértelmezett világszemléletünk. Nem akarjuk irányítani a gólyákat vagy az immunrendszerünket. Szerethetünk valakit úgy is, hogy nem tudjuk, ez milyen folyamatoknak köszönhető. Ennek a dimenziónak a tudatosítása lehet a vízválasztó a fenntarthatóság szempontjából, mert a komplex rendszereink meghatározó elemei. Az 5D ad esélyt arra, hogy a szellemi energiáinkat ne a természet ellen, hanem arra alapozva bontakoztassuk ki, amitől lényegesen jobb eredményeket várhatunk. Majd látjuk, hogy ez a felfogás egyáltalán nem áll messze a tudománytól sem. Ezt a dimenziót *szelleminek* nevezzük, mert ez a tudományos világ által is elfogadott, elterjedt szóhasználat a legjobb ennek a területnek a kifejezésére. Elég, ha Hegel korának a filozófiájára gondolunk, vagy Ken Wilber (2009) munkájára, aki *A Működő Szellem rövid története* című munkájában végigviszi a szellemi fejlődést az emberi civilizációink során.

A mostani kor talán legjelentősebb problémája, hogy a saját, vélt érdekünket szem előtt tartva cselekszünk. Amíg azonban ezt tesszük, addig a szubjektív, korlátozott értékítéletünket érvényesítjük, míg az, hogy valójában mi a saját érdekünk, az egy sokkal mélyebb, komplexebb, a szubjektum által nemigen felfogható dolog. A megoldandó feladat az, hogy mindig is a saját érdekünkben fogunk cselekedni. Már igen sok visszajelzésünk van arról, hogy a jelenlegi ismereteink erről az önérdekről nem elegendő, ezért saját magunk ellen cselekszünk. Ebből következően azon kell javítani, hogy egyre többet tudjunk a valós érdekeinkről.

Az 5D számunkra iránytű, amelynek a legmegbízhatóbb eleme Gaia, a Földünk, amely négymilliárd évnyi bölcsességet hordoz magában, állandóan megnyilvánul, ellát és éltet bennünket. Csak olvasnunk kell benne, megfejteni a mintázatát és a működési elveit. Bármilyen magasztos cél is az, amiről úgy gondoljuk, hogy az embernek el kell érnie, a Gaia négymilliárd éves tapasztalatának megértése nem árthat, sőt, sokat segíthet abban, hogy elérjük céljainkat. És valóban tanulunk; a tudomány lerakja lassan az ehhez vezető utat. Már csak a Gaia-elmélet kialakítása is ennek a jele. Közben azonban „a helyzet fokozódik", a tudományos fejlődésünk jelentős része és a hétköznapi élet is egyre inkább sodor bennünket bolygónk felélése felé.

Mind tudományos, mind szubjektív szempontból van okunk feltételezni azt, hogy ha azok, akik a környezetünkben vannak, jól érzik magukat és fejlődnek, akkor mi is előbbre jutunk. Így egy felvilágosult önérdek már azt mondatná velünk, hogy minden élő érdekében cselekedjünk. Az viszont még belátható időn belül nem várható, hogy akár egy kritikus tömeg is ennek megfelelően cselekedjen, a Gaia tudatos résztvevőiként. Bár utópiának tűnik, de az ilyen jövőképek egyik előnye, hogy irányt adhat cselekvéseinknek. A kiotói (és úgy tűnik a többi) klímakonferencia állásfoglalása is kétségtelenül utópia (főként a megvalósítási időtáv irreális volta miatt), mégis mozgósította valamilyen szinten a nemzeteket, felhívta a figyelmet egy súlyos problémára, és legalább tudták az országok, hogy mit és miért csinálnak rosszul.

Az 5D gazdaságnak (a felvilágosult önérdek felé elmozdulásnak Gaia figyelembevételével) és a jelenlegi, szűken értelmezett, önérdekre épülőnek majd valamikor

össze kell érniük. Mivel a tudomány efelé (is) fejlődik, így már most meg lehet találni a közös pontokat. Ezekből bemutatunk majd működő megoldásokat. Az ilyen megoldások általában a strukturálisan elhibázott rendszereinknél érvényesítik a természet bölcsességét, azaz a figyelmünket a nagyobb rendszerre irányítjuk. Ez a hétköznapi kifejezés (felhívni a figyelmet valamire) jól mutatja, hogy a társadalmak kollektív figyelme még messze nem arra irányul, hogy megoldjuk a létünket veszélyeztető problémákat. Itt van korunk egyik legnagyobb félreértelmezése: Fontos a természet, mi is óvjuk, és mindent megteszünk, hogy ne tegyük tönkre, de most van annál fontosabb dolgunk is. Ha ezt a fontosabb dolgot megoldjuk, majd folytatjuk tovább a természet védelmét. Mindig lesz valami „fontosabb", éppen aktuális, fenyegetőnek tűnő fejlemény. Ha csak egy szinttel nagyobb rendszerben is tudnánk gondolkodni, akkor már nem tűnne számunkra természetesnek, hogy eszünk, iszunk, lélegzünk, és tudatosulna bennünk: a természet nemcsak a létfeltételünk, de az, hogy milyen állapotban van, meghatározza a lehetőségeinket is. Nem lehet félretenni, *most* kell foglalkozni vele.

Bevezetés

Miért kékgazdaság-típusú megközelítés? Amikor azt mondjuk, hogy a kékgazdaság a kék bolygóhoz illeszkedő gazdaság, azonnal fel tudjuk vázolni, hogy milyen is lehet ez a gazdaság: figyel az ökológiai rendszerekre, az emberekre, fenntartható, hosszú távú megoldást jelent stb. A kék bolygó képzetét mindenki a saját fejéből hívja le, és teszi hozzá az ahhoz illeszkedő gazdasági formát. Pedig az, hogy milyen a mi kék bolygónk, nem is olyan egyértelmű. Többnyire úgy képzeljük el: ez az egyetlen életterünk, véges erőforrásokkal. Ezek a létfenntartó rendszereink, amelyek egyúttal rekreációs lehetőséget is biztosítanak számunkra. Nem merítjük ki az erőforrásokat, utánozzuk a megoldásaikat, és így tartósan maradhat is a bolygó a környezetünk. Azonban úgy is elképzelhetjük, mintha egy élő rendszer lenne, a Gaia-elméletnek megfelelően, amiben meg kell találnunk a saját szerepünket, a gazdaságunkkal együtt. Aminek részei vagyunk, szimbiózisban, együtt létezőként, ahol felismerjük, hogy az élő rendszerek fejlődése a mi fejlődésünket is szolgálja, illetve azok romlása a mi romlásunkat is előidézi.

A két felfogás között nagy a különbség, két különböző paradigmáról beszélünk. Az első esetben mi irányítunk, mi döntjük el, hogy mi a fenntartható, és igyekszünk kevesebbet fogyasztani, hogy az unokáinknak is maradjon. A másik esetben adaptálódunk: rájövünk, hogy a Föld nemcsak egy erőforráskészlet, hanem egy olyan élő rendszer, amivel együtt létezünk, áthatva azt a cselekedeteinkkel, és visszakapva a cselekedeteink következményeit. Így a kék bolygóhoz illő gazdaság kialakításához messze túl kell lépnünk a szigorú értelemben vett gazdaságon, mert a gazdaság egy eszköz, amit a társadalom alakít ki, az a társadalom, amelynek létfenntartását a Föld biztosítja. Ha ezt a sorrendet követjük, akkor alakíthatjuk ki a gazdaságot mint eszközt, hogy az az egész rendszer szerves és működőképes része lehessen. Látható, hogy ez utóbbi esetben sem csak passzív alkatrészek vagyunk, hanem még nagyobb szükségünk van a kreativitásunkra.

Az adaptálódás szükségessége ebben a folyamatban egy egyszerű logikai lépés. Talán keveseknek jut eszébe, hogy megváltoztassa a Föld röppályáját, hogy kellemesebb időjárást biztosítsunk magunknak. Kevesen kérdőjelezik meg a Föld működését is, a négymilliárd évnyi bölcsességet. Csakhogy a mindennapok során nem erről az oldalról közelítünk, hanem a mindennapi életünk környezetéből, ahol egyáltalán nem tudatosul bennünk egy, a Gaiában működő bölcsesség. Más dolgunk van: termelni kell, élelmiszert és ruhát kell készíteni, házakat és infrastruktúrát kell építeni, amit a körülöttünk lévő anyagi világból oldunk meg. Ez alapján érthetővé

válik a felvilágosodás kora, a „mindent mi mondunk meg", „az egész bolygó egy nagy gép" szélsőséges felfogása, amire nyugodtan mondhatjuk, hogy abszurd, hiszen az életünket irányító dolgok egy kis részét „ismergetjük" csak.

A másik oldalról viszont az ember is az élő bolygó része, így az életfeltételeinek megteremtésénél szükségszerűen belenyúl az addigi rendszerekbe. Ha fa kell az erdőből, vagy cement az építkezéshez, akkor elvesszük, ami az emberi faj létezéséhez szükségszerű. Így az érintetlen természet megtartása aligha mondható észszerű megoldásnak. A rendszerbe való komoly beavatkozásoknál (pl. a földművelés vagy a fosszilis üzemanyagok használata) viszont legalábbis érzékelnünk kellene, hogy nem veszélyeztetjük-e ezzel magának a rendszernek a működőképességét? A mindennapok szintjén is jelentkezik ez az érzés, pl. amikor egy erdőt tarra vágunk, mivel azonnal látni, hogy az majd hiányzik onnan. A hétköznapi tudásnak még nincs olyan rendszerszemlélete, hogy a döntéseket az egész rendszer figyelembevételével hozzák.

Itt léphet be az *Előszóban* bevezetett ötödik D, hiszen a legtöbb helyzetben ki sem tudjuk kerülni, hogy ne találkozzunk szembe a természettel, azokban a meghatározó helyzetekben is, amikor mint ipari szereplő lépünk fel. Amikor földet művelünk vagy fát termelünk ki, azonnal érzékeljük, hogy valamibe beavatkozunk, de itt meg is állunk. Pedig nem túl nagy lépés elképzelni, hogy amibe beavatkozunk, az egy élő rendszer, a maga működési formáival, és úgy kellene csak beavatkoznunk, hogy az az élő rendszer továbbra is működőképes maradjon és tovább élhessen. Ezzel a magatartással hamar eljutunk oda, hogy a Földre is úgy tudjunk tekinteni, mint egy élő rendszerre. A legegyszerűbb és legérzékletesebb talán az, ha úgy képzeljük el, hogy a Gaia a társunk, akivel segítjük egymást, ezért odafigyelünk rá, mert tudjuk, hogy megvan a saját élete. Ráadásul olyan társ, akitől mindenben függünk, de mi is hasznosak tudunk lenni mint társ, hiszen vannak olyan képességeink, amivel az ő fejlődését is elő tudjuk segíteni. Ez a bizonyos *társként kezelés* szintén kifejezi az ötödik dimenziót, ami a túllépéshez szükséges: a körülöttünk lévő környezet nem egy eszköz, amit tetszésünk szerint felhasználhatunk.

Gazdaság 5D-ben. Nem túl nagy ugrás ez számunkra, akik a materiális világ, a tények világának foglyai vagyunk, belemerevedve a megszokott sémáinkba, amelyek láthatóan nem sikeresek? Vajon elég-e az 5D-s iránytűnk ahhoz, hogy másként cselekedjünk? Valószínűleg nem. Nekünk az is kell, hogy lássuk az értelmét annak, amit teszünk, esetleg bizonyítható is legyen tudományos eszközökkel. Az iránytű viszont arra jó, hogy mutassa a feltárandó és bizonyítandó területeket, elősegítve ezzel, hogy tudományos megalapozottsággal lépjünk tovább a következő feltárandó terület felé. A tudomány ezt meg is teszi, az 5D-s szemüveget már használó tudósok sorra teszik le a megfelelő tudományos eredményeket. Az, hogy a víz létfontosságú számunkra, tény. Az azonban, hogy ennek a fontosságát felismerve cselekszünk, már értékalapú, normatív döntésnek számít. Az alternatív, jelenleg elfogadott normatív döntés ezzel kapcsolatban az, hogy a víz adott, ilyenekkel nem kell foglalkoznunk, hanem az emberi céljainkra kell koncentrálnunk. A normatív elem mindig ott lesz minden objektívnek tűnő állítás mögött.

Nem biztos, hogy a 2D-ből nagy ugrás az 5D, mivel a mi lineáris gondolkodásunk mondja csak, hogy ez több mint kétszerannyi. A világ azonban nem lineáris, és mint majd látni fogjuk, sok területen kezdhetünk egyből az 5D-vel, mondhatni azonnal, különösen azokon a területeken, amelyek az ökológiai rendszerekkel szoros kapcsolatban vannak. Így már egyáltalán nem tűnik a dolog annyira megvalósíthatatlannak. Ha csak annyit teszünk, hogy tudatosítjuk a természet kiemelt szerepét, már jó úton vagyunk. Akkor már így gondolkodunk: „Na jó, akkor fogyasszunk kevesebbet, az már biztosan elég lesz a természetnek. Mind a természet részei vagyunk, ezért nem vágunk ki több fát." Ilyen gondolkodással azonban nem látjuk, hogy még honnan vehetünk el, és abból, amit elvettünk, mit kell ahhoz visszapótolnunk, hogy az erdő egy jól működő rendszer maradjon. A kevesebb fogyasztás nem feltétlenül elég, mert lehet, hogy az általunk visszahagyott struktúra nem támogatja az erdőt, mert esetleg már megfosztottuk a megfelelő működésének a feltételeitől.

Miért fontos az érzés, hogy az 5D legyen az iránytűnk, tehát a mélyebb, a gondolatiságon túlmutató kapcsolódás a természethez? Kant, aki közelről érezte a felvilágosodás lendületét, és a tiszta ész feltétlen híve volt, talán a legmegfelelőbb arra, hogy érzékeltesse a tiszta ész önmagában való alkalmazásának korlátait. Még ha pontosan ki is számítanánk az erdő igényeit, a hozzáállás döntő tényező. Véleménye szerint, ha egy ember félelemből vagy jutalmat hajhászva tenné csak a kötelességét, és nem belső indíttatásból, hiába tenné azt, még akkor is, *„ha akár a megkívánható legnagyobb pontossággal is az eredményt tekintve […] a kötelesség iránti tisztelet érzülete nélkül"* tenné (Kant 2003: 147). Ehhez azonban szükséges a saját ítélőképesség, tudás fejlesztése, mert *„az emberi természet nem önmagától kerül összhangba az erkölcsileg jóval, hanem csak azon erőszak által, amelyet az ész gyakorol az érzékiség felett"* (Kant 2003: 70).

A természet megérzése egyáltalán nem idegen tőlünk. Erre utalnak pl. azok a kifejezéseink, hogy „anyatermészet" vagy „óvjuk a természetet", amelyeknek van érzelmi töltése is. Ha megérezzük, hogy az élő környezetünknek van saját célja, meghatározott feladatokkal, amelyek végrehajthatósága a mi életfeltételünk is, akkor már a hozzáállásunk sokat javíthat a környezetünk állapotán. Ezután – nem helyette – jöhet a gondolkodásunk, hogy finomítsa az önérdekről való felfogásunkat. Amennyiben ezt az érzést már gondolatilag is le tudjuk követni, tisztázni tudjuk, hogy hol van a szerepünk, és mások szerepe is értelmezhetővé válik ebben a közös, egységes egész rendszerben, úgy lassan megtalálhatjuk a helyünket a világban, és a cselekedeteinket aszerint alakíthatjuk. Az érzést sem szabad azonban túlzásba vinni, hiszen, maradva az erdőnél, egy erdőgazdaságnak meg kell teremtenie a haszonvétel lehetőségét, annak ellenére, hogy esetleg az erdőnek úgy lenne a legjobb, ha magára hagynák. Így nagyon fontos, hogy arra is kapjunk iránymutatásokat, hogy mi számít „elégnek", mikor nem veszünk el többet a szükségesnél. Erre még visszatérünk ebben a könyvben.

Vajon így is lehetünk több, mint a természet, ha az emberi szellem „leereszkedik" a természet szintjére? Akkor haladhatjuk meg a természetet, ha már magunkévá tettük annak bölcsességét, és bennünk még több van. Mint már utaltunk rá, egy

négymilliárd évnyi bölcsesség nem árthat, de van egy rendszerelméleti érvünk is. A rendszerek alrendszerekből állnak és részei nagyobb rendszereknek. Így, ha az ember vagy a társadalom a természetnél „nagyobb", azt átfogó rendszer, a természet megismerése az embervoltunk kibontakoztatásának akkor is egy rendszerszintű feltétele. Az a félelem, hogy ezzel puszta kiszolgálóvá válunk, és elveszítjük a teremtő, újító képességünket, alaptalan, mivel éppen az ellenkezője valószínűsíthető. Egy dinamikusan megújuló természeten alapuló civilizációban sokkal több lehetőség rejlik, mint ezt a dinamikus alapot nélkülöző civilizációban.

Annak a tárgyalásánál, hogy hogyan fejlődhet a jelenlegi önérdekünk tudásának megfelelő Homo economicus egy felvilágosult érdekeket követő emberré, a társadalmak szellemi fejlődését tekintjük át. Ebben az értelemben a francia forradalom vagy az ipari forradalom is egy szellemi fejlődés volt, mivel a társadalmat, a gondolkodást, a tudatosságot más szintre emelte. Így tekintjük át röviden a történelmen végighúzódó szellemi fejlődést, ami határozottan a Gaia, az élet megismerése felé halad. Megpróbáljuk feltárni a civilizációk kialakulásának és elmúlásának történetét; azt, hogy mennyiben épül a következő civilizáció az előzőekre (megszüntetve megőrzés, Hegel nyomán), és hogy mi a napjainkban racionálisnak tekinthető következő lépés. Ebben nagy segítségünkre lesznek történeti oldalról a XX. század elejének gondolkodói, akik még jobban látták azt, hogy miből és mi fejlődik ki.

Az egész szellemi fejlődés bemutatásában segítségünkre lesz a Földet körülvevő kollektív tudat szférája, a *nooszféra* (Vernadsky és Teilhard által alkotott fogalom). Ez a szféra mindig is a művészet, a tudomány és a vallás hármasának hatása alatt állt; napjainkban a tudomány dominanciája jellemzi. Ebben benne van az, ami az emberi cselekvés vezérfonalául szolgál. A figyelmünk természete olyan, hogy leginkább arra irányul, amiből sok van, jelen van, érdekes, és ez nem biztos, hogy egyben a lényeges is. Ahhoz, hogy arra irányuljon, ami fontos, ami igazi értéket képvisel, sokszor az egyének és közösségek tudatos figyelemváltása szükséges. A nooszférának egyik nagy előnye, hogy – megfelelően alkalmazva – egy tudásmintát ad arra, hogyan éljünk, hogyan értelmezzük a világot, mondhatni ez az emberi kultúra „fejlődéstörténete". Ebben van benne az 5D is, a természet bölcsessége, amit egyre gyakrabban hívunk le, azaz tudatosítunk, hiszen állandóan itt van velünk. A nooszféra használata azért is jó, mert mindenki annyit fogadhat el belőle, amennyit a világlátása lehetővé tesz, és még mindig használható lesz. Az alapvető, a helyes irányba vezető dolgokban világnézetektől függetlenül is egyetértésre lehet jutni, és így a megosztottság nem veszi el az energiát a közös cselekvéstől.

Mivel minél nagyobb olvasótábor számára szeretnénk elérhetővé tenni a könyv tartalmát, ezért a módszertani képzettséget kívánó részeket elkülönítjük, hogy ne törjük meg a gondolatmenetet (bár mindig törekszünk arra, hogy érthetően fogalmazzuk meg azokat). A módszertani részeket külön jelöljük (M), a mindenki által olvasható, de elkülöníthető tartalmú összefoglalókat pedig D-vel (egyszerűen: doboz). Valószínűleg nem ez lesz a legnagyobb akadálya annak, hogy a könyv mondanivalóját be lehessen fogadni, hanem a „társként kezelés". Mondhatjuk ezt

másképpen is, hiszen attól függően, hogy milyen a kulturális beállítódásunk, más megközelítéseket tudunk elfogadni. Használhatjuk azt a megközelítést, hogy adjuk vissza a természet méltóságát. Sok ember számára a teremtett világ szentsége lehet meggyőző. Lehet azt is mondani, hogy maradjunk nyitottak a természet irányában. A tudományos beállítottságúaknál hivatkozhatunk arra, hogy a tudományos fejlődést nagyban elősegítené, ha be tudnák építeni négymilliárd évnyi tapasztalatot és sikeres gyakorlatot.

A könyv elején áttekintjük azokat a tudományos eredményeket, amelyek már elegendő alapot nyújthatnának egy fenntartható civilizáció kialakításához. Ezek közé tartozik egy olyan matematikai és tudományos módszertan is, amely képes arra, hogy fenntartható társadalmi-gazdasági folyamatokat alapozzon meg. Ugyanakkor azt is bemutatjuk, hogy mindezen eredmények ellenére a jelenlegi civilizációnk is ugyanazokat a – fennmaradása szempontjából egyértelműen káros – hibákat ismétli, amelyek korábban más civilizációk bukásához vezettek. Ennek hatásai már most is súlyosak gazdasági, társadalmi és környezeti szinten egyaránt. Egyre többen ismerik fel a helyzet tarthatatlanságát. Vannak, akik morális megközelítésből elemzik a problémát (pl. Tóth 2016), mások pedig a természeti környezet számbavételét hiányolják a gazdasági rendszerünkből (pl. Dasgupta 2021). Ebben a könyvben megpróbálunk túllépni az egyes rendszerelemekre vonatkozó megoldásokon, és rendszerszintű megoldást keresünk. Bár a problémák gyökerét az emberi hozzáállás jelenti, mégsem erkölcsi alapú megközelítést alkalmazunk, mivel ezek a törekvések rendre zsákutcának bizonyulnak: a domináns gazdasági logika és annak következményei ellehetetlenítik ezeket a kezdeményezéseket. Ehelyett az emberi önérdekben rejlő erőt próbáljuk a fenntarthatóság szolgálatába állítani: Több szempontból is alátámasztjuk, hogy a természettel való együttműködés révén lényegesen nagyobb és tartósabb gazdasági fejlődés érhető el. A természet megoldásai a leginnovatívabbak és legjövedelmezőbbek közé tartoznak, és a természet regenerálása már most is kézzelfogható gazdasági előnyökkel jár. Az utolsó fejezetet ennek a megközelítésnek szenteljük, elméleti és gyakorlati szempontból egyaránt. Számos olyan megoldást mutatunk be, amely összekapcsolja a halasztathatatlan feladatot – Földünk védelmét – a jelenlegi, szűken értelmezett önérdekünk követésével. Hiába áll azonban rendelkezésünkre a fenntarthatósághoz szükséges tudás, ha társadalmi rendszereink nem képesek megakadályozni, hogy a közösség szempontjából káros emberi tulajdonságok mások érdekei ellenében érvényre jussanak. Ezek lehetnek akár evolúciósan hasznos tulajdonságok – mint a növekedés iránti öröm vagy a versenyszellem –, de lehetnek kifejezetten kedvezőtlenek is, mint az önzés, a kapzsiság vagy a hatalomvágy. Ezért a könyv nem csak arra törekszik, hogy egy fenntarthatóan működtethető gazdasági rendszert vázoljon fel. Arra is felhívja a figyelmet, hogy a javasolt rendszer akkor lehet valóban működőképes, ha a társadalmi berendezkedés elősegíti a közösségek fejlődését, és képes kezelni az emberi természetből fakadó kihívásokat. Nézzük, mire mehet a természet *és* az ember – együtt!

1. A szellem nyomában

Hogyan értelmezzük azt a szellemet, ami – úgy gondoljuk – folyamatosan fejlődik, megjelenik a történelmünk során? Esetleg a történelem a megnyilvánult szellem? Vagy az evolúció a megnyilvánult szellem? Vagy csak maradjunk egy érthetőbb megfogalmazásnál, mint a közös tudatunk fejlődése? Amennyiben fejlődésről beszélünk, úgy mindenképpen kell valami, amire azt mondjuk, hogy elérendő cél, és ennek a célnak elég racionálisnak kell lennie ahhoz, hogy egy közös cselekvés vezérfonalául szolgálhasson.

Egyáltalán mi is a szellem? Valóban csak a fizikain túli? A lélek kétségtelenül túl van a fizikain, de annak már van külön tudománya, a pszichológia – maradva a tudományos megközelítésnél. Ezt a területet kikerüljük, mivel nincs a témánk szempontjából jelentős szerepe, és csak bonyolítaná az amúgy sem könnyű tisztánlátást. Ugyanígy próbáljuk kerülni az erkölcs tárgyalását, nehogy a moralizálás csapdájába essünk, aminek így is megvan a veszélye az „érezzük a természetet" feltétel behozásával.

Amint majd a 3.2. fejezetben, a civilizációk körforgásánál látni fogjuk, adott lehet egy erős kultúra, ami képes arra, hogy terjeszkedjen és civilizációvá válhasson. Beolvasztja a kisebb kultúrákat és a maga képére akarja formálni azokat. Ez független attól, hogy azok a kultúrák életképesek voltak-e korábban, vagy sem. A civilizációvá válás folyamán állandóan pluszerőforrásra volt szükségük, aminek a megszerzését hódításaik vagy a terjeszkedésük egyéb formái lehetővé is tették. A természetet is ilyen erőforrásként kezelték, illetve az uralmuk alá hajtott falvak, városok erőforrásaiból is kivették a részüket. Ezeken a helyeken szellemi fejlődés is zajlott, hiszen rengeteg társadalmi, technikai innováció fűződik ezekhez a korokhoz. Említhető a görögöknél például a filozófia, a matematika, a Római Birodalomban a vízvezetékrendszer, az ellátási láncok kialakítása vagy a római jog. Ezek együttese sem volt azonban elég a végtelen fejlődéshez, a gazdasági-társadalmi korlátok előbb-utóbb jelentkeztek. Idővel pl. már nem volt erős a hadsereg, hogy megvédje őket, ami annál nagyobb feladat volt, minél nagyobb volt a terület. A természetre irányuló figyelmük kimerült abban – hiszen nem is kellett nagyon több ennél –, hogy erőforrásként kezelték azt. Ezzel a szemlélettel a természet nem volt megújító erő, csak véges erőforrás. (Ugyanúgy beleütközünk mi is ebbe a végességbe, hiszen a fizikai javak készlete véges, legalábbis azzá tesszük őket – lásd erdők, vizek, talaj.) Az emberiség többi társadalmára sem kellett tekintettel lenni. Vagy túl messze voltak tőlük, és nem ütköztek az érdekszférájukba, vagy az uralmuk alatt tartották őket,

vagy még meghódítandók, esetleg szövetségesek voltak. Az emberek viszonylag keveset számítottak ezekben a folyamatokban, és akkor tűnt fel a lényeges szerepük, amikor már nem szolgálták a civilizáció érdekeit, pl. nem akartak katonák lenni, vagy nem értettek egyet az uralkodó nézeteivel, és belülről bomlasztották a társadalmat. A társadalmak követhették az önérdeküket, a bennük élők pedig csak akkor, ha erre egyáltalán lehetőségük volt.

Amíg az adott civilizáció nem túlságosan nagy, és nem omlik össze, addig az emberiség szempontjából nincs nagy gond. A következő civilizáció folytatja a társadalmak életét, lehetőséget adva arra, hogy jobban csinálják, mint az előző. A mi civilizációnk azonban már túl nagy, így nem biztos, hogy egy újabb civilizációnak át tudja adni a helyét. A társadalmak önérdeke itt már biztosan sérti más társadalmak önérdekét, és az egyes emberek is megfelelő közeget találtak, hogy kövessék a saját önérdeküket. A gazdaságban van értelme feltételezni, hogy az önérdekek majd valahogy a társadalom egésze szempontjából társadalmi összérdekké válnak. Ez azért van, mert a fizetőképes kereslet elég komoly visszajelzésekkel képes a folyamatot szabályozni. Ez a természet vonatkozásában nem így van, mert nem kapunk azonnali visszajelzést. A késleltetett visszajelzéseknek ráadásul – mivel még ki is lehet őket magyarázni – nincs olyan erejük. Így marad az önérdek követése, és azt kellene elérni, hogy ezt az önérdeket minél jobban megértsük. Ha az egész Gaiát nézzük, az az érdekünk, hogy az egész rendszer a részrendszereivel együtt minél jobban működjön. Ebben az esetben ez nem erkölcsi kérdés, hanem racionális belátás az ember részéről. A felvilágosult önérdek működik, elválasztva az altruizmustól – igaz kisebb léptékben (Frimer és mtsai 2011: 160), az egész rendszer esetében sokkal több tényleges ismeretre van szükségünk.

Ebben a könyvben ezt a folyamatot követjük végig, hogy vajon a szellemi fejlődésünk ilyen irányba mutat-e. Mennyire jutunk közelebb a felvilágosult önérdek megértéséhez a tudomány, a társadalom és a gazdaság alakulása által.

Szokás a mai kort Descartes nevéhez kötni – karteziánus gondolkodás –, de ennek a csírái már megvoltak korábban (pl. skolasztikusok), vagy még korábbról említhetjük Arisztotelészt. Ugyanígy, a jövő gondolati csírái a mai korban is megtalálhatók. Először ezt a fejlődési vonalat visszük végig, majd a konkrét tudományos eredményekre támaszkodva kíséreljük meg felvázolni a jövő gondolkodásának várható irányait.

1.1. A VILÁGNÉZETEK HATÁSA A TUDOMÁNYOS ÉLETRE

Hegel komolyan tanulmányozta a szellemet, és abban az értelmében, ahogy nekünk szükségünk van rá: világszellemként. Véleménye szerint az egész, a világtörténelemben megvalósuló folyamat a szellem (dialektikus) önkibontakozása, ahol a fenomenológia, azaz a szellem megjelenése maga a tudás alakzatainak sorozata (Weiss 2008: 39). Így a világtörténelem a szellem megvalósulása. A tudás különböző alakzatain keresztül jutunk el az abszolút szellemhez (Weiss 2008: 41). Schelling

és Hegel még tovább mennek: szerintük a szellem maga az evolúciós folyamat, és az anyagi világ a szellem kiáramlása, megnyilvánulása (Wilber 2009: 320–321). Wilber is „hasonló szellemben" tárgyalja a szellemet: a világmindenség története a működő szellem története.

A filozófusok, a nagy gondolkodók, illetve a természeti népek mindig is tisztelték az élet teljességét, az élet szövedékét, az anyag és a forma egységét, tehát a nagy egész rendszerben gondolkodtak. Még a középkorban és a reneszánszban is a Földre mint élő spirituális lényre tekintettek, egy szerves, élő univerzumról beszéltek – egészen a kopernikuszi fordulatig, amikor is kitiltották a minőséget a tudományból. Capra és Luisi (2014: 19–34) felvázolja ezt a folyamatot. Francis Bacon volt az első, aki a tudományos módszert formalizálta, mondván, hogy a Föld és a természet a tudományos megismerés tárgya, és racionális alapon megismerhető. Descartes, az analitikus gondolkodás módszerének megalkotója is a mérhető dolgokat részesítette előnyben; nem szívesen épített a „filozófiától kölcsönzött ingatag alapokra". Descartes annyira meghatározta a kor gondolkodását, hogy az azóta eltelt időt karteziánus kornak is nevezik. Ezt a mechanikus szemléletet odáig vitték, hogy az anyagi univerzumot gépezetnek tekintették, amely elvileg teljesen megérthető a legkisebb részeinek elemzésével. Bármennyire abszurd gondolatnak is tűnik, de ez mindenképpen a tudás újabb alakzatának megjelenése. Közelebb visz a világ megismeréséhez, még akkor is, ha úgy vélnénk: a szellem kikerült a képből, amit – elsősorban művészek és gondolkodók – életellenesnek tartottak, s a szellemet erősen hiányolták.

Kant már ebben a „szellemben" alkotott, de figyelmeztetett arra, hogy hiába fejtjük meg az egyes természeti célokat, pl. hogy a völgyben lakók élvezik a hegyről lejövő víz előnyeit, vagy a fű táplálja az állatokat. Egy ilyen (ökológiai) okságban, a természet célját kutatva igen messze is juthatunk, de aztán rájövünk, hogy a végső okot máshol kell keresni: a természet célját nem önmagán belül kell keresni (Kant 2003: 115).

A descartes-i korszak magával hozta azt, ami a modernitás nagy vívmányának tekinthető, hogy szét lehetett választani az emberi kultúra különböző területeit: a művészetet, a tudományt és a vallást (Wilber 2009). Már nem volt alapja annak, hogy pl. vallási érvekkel döntsenek el tudományos vitát. Ez azonban nem jelenti azt, hogy nincs szükség ezek integrálására, de ez már minőségileg más, mint a korábban strukturálatlan egybeolvadás. A korábban a kultúrát alkotó vallás-művészet-tudomány nem három rendszer volt, hanem egy; a szétválasztás utáni integrálásban viszont mindhárom megmarad külön rendszernek, egyben egy integrált rendszer alrendszereinek. Egyelőre ebből a hármasból a tudomány dominál és a tudomány az, ami a legtöbb adalékot szolgáltatja az emberi tudat számára a továbblépéshez.

A filozófia nézőpontjának egyfajta összefoglalása lehet, hogy az anyagi világ a szellem megnyilvánulása, és ennek alátámasztására a tudomány fejlődésénél is látunk majd erre utaló tényeket (1.2. fejezet). Azt is látjuk, hogy a szellem értelmezésének elég tág teret adnak a kultúrák és a nagy gondolkodók. Racionális tehát

annak feltételezése, hogy az általunk feltételül szabott 5D-hez elegendő az ember által – bárhogyan – elképzelt szellemi forma is: Az emberi racionalitás is el kell hogy tudja vezetni az embert arra a morális szintre, ami őt a felvilágosult önérdek felé viheti, azaz a mások érdekeinek figyelembevételével növelheti a saját jólétét (vagy jóllétét, lásd a 4.5.2. fejezetet).

1.2. A TUDOMÁNYOS MÓDSZEREK FEJLŐDÉSE

A mechanisztikus szemlélettel a tudomány túlsúlya kibillentette a rendszert az egyensúlyából. Ennek előnye az, hogy a tudományos gondolkodás megerősítette azokat a területeket is, amelyek a továbblépéshez szükségesek. A tudományos gondolkodás kifejlődéséhez nagy szükség volt a logikára, aminek a kifejlesztését Arisztotelésznek tulajdonítjuk. Ennek a tudatos használatát Aquinói Szent Tamás, illetve a skolasztikusok fejlesztették tovább, és ezek is alapul szolgáltak a kopernikuszi fordulathoz, mert már megvolt az az alap, hogy hogyan tálalják az ok-okozati összefüggéseket.

Az előző fejezetben ismertetett filozófiai irányzatoknál a tudósok még többnyire filozófusok is voltak, mint Bacon és Descartes. Isaac Newton már „csak" tudósnak számított. A newtoni mechanika a fizika területén indított el olyan változásokat, amelyek az ipari forradalom műszaki újításaihoz vezettek. Ehhez a korszakhoz fűződik, bár egy jó évszáddal később, a termodinamika (hőtan) kialakulása, és annak az energiafelhasználás szempontjából fontos második fő tétele, miszerint a magára hagyott, zárt rendszerek entrópiája (rendezetlensége) nem csökkenhet. Ezek az innovációk már lehetővé tettek a tömegek számára olyan elérhető műszaki megoldásokat, mint a vasút, illetve az energiatermelés hatékony formái.

A fizikai területen elért sikerek annyira magával ragadták a gondolkodást, hogy lassan már mindent az anyagban kezdtek keresni. A siker teljesen érthető, hiszen az emberek kézzel fogható dolgokat kerestek, amelyeknek itt a Földön azonnal érzékelhető, látható hasznuk van. Úgy tekintették a Földet, mint egy nagy gépet, amely teljesen kiismerhető, és így az emberiség ezt a nagy gépet üzemeltetve uralni tudja majd az egész bolygót.

A tudományos „mindent megismerhetünk" hangulatnak, azaz a determinista világképnek Heisenberg határozatlansági relációja vetett véget, amikor a fizika, a tudományok zászlóshajója „hajótörést szenvedett", és a fizikusok az analitikus gondolkodás zsákutcájába jutottak. Bizonyították a kvantumelmélettel, hogy a legkisebb anyagi részecske keresése során végül ezek a szilárd fizikai anyagok valószínűségek hullámszerű mintázatává oszlanak. Nem is bizonyos dolgok, hanem kapcsolatok valószínűségei, melyeknek csak a vizsgálat és a mérés folyamatával együtt van értelmük. A fizika ezért a továbbiakban a kvantummechanika irányába fejlődött, ahol már vizsgálták a részecskék hullámtermészetét és a határozatlansági relációt is. Ezzel a struktúrára, a valószínűségekre, a dolgokat a kapcsolatrendszereken keresztül megértő gondolkodásra helyeződött a hangsúly, ami lassan teret nyert

a különböző tudományágakban. A kvantummechanika egyik alapelvévé vált, hogy a megfigyelés is befolyásolja a mérések eredményeit, ezzel erősítve azt a felfogást, hogy nem létezik tőlünk független objektív természet. Az objektívnek hitt vizsgálatainkat is befolyásolják normatív tényezők (bár határozott törekvésünk, hogy minél objektívabb legyen a kutatásunk).

Mint minden esetben, amikor az egyensúly megbomlik, jelentkezik a „másik oldal". A mechanisztikus világszemlélet esetében azok hallatták hangjukat, akik a szellemet hiányolták a rendszerből, és figyelmeztettek arra, hogy ennek a megközelítésnek megvannak a korlátjai. Az előző fejezetben tárgyaltuk, hogy Hegel és Kant is a szellemi fejlődés fontosságára hívta fel a figyelmet, és a fizika területén történt felfedezések legalábbis nem mondtak már ellent ezen véleményeknek.

Mind Bacon, mind Descartes elsősorban a természettudományok oldaláról szerették volna a tiszta objektivitást érvényesíteni, de a természet is (legalább) két részből áll: az élő és az élettelen természetből. Az élő rendszereknél pedig már beleütközünk az életfolyamatokba. Ahogy Capra és Luisi (2014: 64–65) leírják, a vitalisták és az organizmikus biológusok (akik a szervezet oldaláról keresik a megoldást), egyformán rámutattak a mechanisztikus világnézet hibáira, és látták, hogy az egész több, mint a részeinek összessége. A vitalisták egy nem fizikai entitás hozzáadásával oldották fel ezt a problémát; szerintük léteznek nem fizikai, morfogenetikus, formalétrehozó mezők. Az organizmikus biológusok az élő szervezeten belül keresték a megoldást. Itt utaljunk vissza az előző fejezetre, ahol Kant szerint hiába fejtjük meg a természeti célokat, a végső okot máshol kell keresni. Capra és Luisi (2014: 66) egyenesen a XX. század tudományának legnagyobb sokkjának tartják azt a felismerést, hogy az élő rendszereket analitikus elemzés útján nem lehet megérteni. Erre egy példa az, hogy a teljes emberi genom szekvenálásával megfejtettük ugyan az emberi génállományt (Nurk és mtsai 2022), de ahogy Noble elmagyarázza (Capra és Luisi 2014: 205), ez a génállomány csak az adatbázis, amihez proteinek kellenek, hogy értelmezzék őket, és új proteineket készítsenek belőlük. Olyan, mint egy CD-lemez, amin rajta vannak az adatok, de ami ezeket értelmezi, az a CD-olvasó, ami aztán lejátssza a zenét. Másképpen: adott a fizikai megvalósulás, ahogy a CD-lemezt fizikailag elkészítették, de a mintázat hiányzik hozzá. Ha nem élő embereket vizsgálunk, akkor a mintázatra nem is jöhetünk rá.

Capra (1996: 40–43) utal Kantra és Goethére is, akik felhívják a figyelmet az élő rendszerek önszerveződésre való képességére, és nem mondhatnánk, hogy nem a vitalisták álláspontjához álltak közelebb. Goethe a természet mozgó rendjében a formát mint a viszonyok egy mintázatát értelmezte egy szervezett egészen belül, míg Kant az élő rendszerek önszerveződésre való képességére hívta fel a figyelmet (lásd még Kant részletesebb leírását is [Kant 2003: 135–136]). Mindketten hozzájárultak a XX. század elején kibontakozó rendszergondolkodáshoz, az egész rendszerek tudományához, ami a következő fejezet témája.

1.3. AZ EGÉSZ RENDSZEREK TUDOMÁNYA

Az előző részben láthattuk, hogy a fizikában a kapcsolatok valószínűségére helyeződött a hangsúly, amelynek értelmében az egész az, ami a részek viselkedését meghatározza. Hasonlóan jártunk az élet megfejtésével is, ahol az életnek az analitikus elemzése általi megismerése zsákutcának bizonyult, így az élő rendszerek kutatása áthelyeződött azok megfigyelésére, a jellemző tulajdonságaik vizsgálatára. Mind az élettelen, mind az élő természet szempontjából az egész rendszerek tanulmányozása vált a szellem fejlődésének újabb állomásává.

Capra és Luisi (2014: 129–143) röviden áttekintik a rendszertudományok fejlődését. Az élő rendszerek hierarchikus szervezettségének nyomvonalán indultak el, amelyet általánosítottak a szociális rendszerekre és az ökoszisztémákra is. A szervezet komplex vizsgálatánál figyelték meg, hogy a különböző komplexitású szintek új rendszertulajdonságokat eredményeznek (kibontakozó, azaz emergens tulajdonság), ami ráirányította a figyelmet a fontos rendszertulajdonságokra: összekapcsoltság, viszonyok, kontextus.

Az egész vizsgálatának egyik első állomása volt az ökológia kialakulása. Az ökológia az organizmikus biológiából fejlődött ki, és az organizmusok és a környezetük vizsgálatából ered. Figyelembe veszik az organizmus részeit, magát az organizmust és az organizmus társulásait. Ezekből fejlődött ki az *ökoszisztéma* fogalma, majd a bioszféra-elnevezés használata a Földet körülvevő életréteg meghatározására. Ez hozta magával a társulás és a hálózat fogalmát. A hálózat elemei közötti kapcsolat vizsgálata alapozta meg a folyamatgondolkodást, a dinamikus mintázatok, mint pl. a visszacsatolási hurkok vizsgálatát (Capra és Luisi 2014: 66–68).

Bertalanffy, az általános rendszerelmélet megalkotója megállapította, hogy az élő rendszerek dinamikus önszabályozó mechanizmussal rendelkeznek. A kibernetika elmélete (Wiener 1948) továbbfejlesztette az önszabályozás elméletét azzal, hogy bemutatta: az egyensúly biztosítása visszacsatolási mechanizmusokon keresztül történik, és hogy ez nemcsak a biológiai rendszerekre érvényes, hanem a társadalmakra is. A *visszacsatolás* fogalmának bevezetése volt a kulcs az élet általános mintázatának tudatosításához, ami elindította Bateson és Mead társadalmi vonatkozású kutatásait is.

Nagyon sok fontos dolgot fedeztek fel az élet mibenlétéről, folyamatairól, jellemzőiről (Capra és Luisi 2014: 91). Fontos eredmény volt a *homeosztázis* (azonos állapot) fogalma (Cannon 1932), ami azt jelenti, hogy változó környezeti feltételek mellett is képesek a szervezetek stabil belső állapot elérésére, a saját viszonylagos állandóságuk biztosítására – ami az egyensúlyi helyzettől távol lévő dinamikus stabilitás – azzal, hogy alkalmazkodnak a külső és belső környezetükhöz. Ezt a stabilitást disszipatív képességükkel érik el: A disszipatív rendszerekre jellemző, hogy a mozgás, az időbeli változás során a rendszer teljes energiáját folyamatosan csökkenti valamilyen veszteségekkel járó folyamat, például súrlódás, közegellenállás, hőleadás következtében.

Az élő rendszerek disszipatív struktúrájával foglalkozott Ilya Prigogine. Fontos felfedezést tett az entrópiával, illetve a termodinamika második fő tételével

kapcsolatban. Kimutatta, hogy a zárt rendszereken belül a nyílt élő alrendszerek képesek arra, hogy az energia- és anyagcsere eredményeképpen csökkentsék az entrópiájukat (növeljék a rendezettségüket) a zárt rendszer többi elemének rovására, és így egy dinamikus egyensúlyt tudnak fenntartani. Ami az alrendszerekbe beérkezik, azt a belső rendszerükben úgy használják (visszacsatolási hurkok segítségével), hogy növelni is tudják a komplexitásukat. Megjegyzendő, hogy ugyanakkor a környezetük entrópiája nő, tehát összességében érvényes marad a zárt rendszerekre vonatkozó entrópiatörvény. Ez az eredmény azért is különösen fontos, mert megmutatta, hogy az élet fenntartásához folyamatos áramlás és energiafelhasználás szükséges. Az önszerveződő rendszerek termodinamikájának felfedezésért 1977-ben Prigogine Nobel-díjat is kapott.

Az *autopoiesis* (önteremtés, az élő rendszerek szerveződése) fogalmának a megalkotásával járultak hozzá Maturana és Valera chilei biológusok az életfolyamatok megértéséhez. Bebizonyították, hogy az élő rendszerek képesek arra is, hogy a saját alkotóelemeiket megteremtsék és fenntartsák, így képesek önmaguk reprodukálására, tehát az egész hálózat folyamatosan újrateremti önmagát. Egy rendszer struktúrája a szerveződésének fizikai megjelenése. Az autopoietikus szerveződés magában foglalja a rendszer határainak, a hálózat működésének kialakítását, és meghatározza az egészet mint rendszert. Ezek az eredmények már jó alapot biztosítottak a Gaia-hipotézis kialakítására.

A Gaia-elmélet kialakulását az eddig elért eredményeknek köszönhetjük (Capra és Luisi 2014: 348–351). James Lovelock a Mars légkörének tanulmányozása során megállapította, hogy az már nyugalomban van, míg a Földön a szén-dioxid, oxigén és metán összetétele egy, a kémiai egyensúlytól távol lévő gázkeverék, amelyet az élet tart egyensúlyban, tehát a bolygónk egy élő rendszerhez hasonló viselkedést mutat. Azt azonban, hogy ezt hogyan teszi, Lynn Margulissal együtt tudta megfogalmazni, aki sokat foglalkozott az önszerveződő rendszerek kutatásával (autopoiesis), azzal, hogy az organizmusok hogyan használják fel és távolítják el a gázokat. Így tudott segíteni Lovelocknak a Gaia-elmélet további finomításában. Az elmélet lényege, hogy a Föld (Gaia) maga is egy önszabályozó rendszer – ahol az élő és élettelen összetevők együttesen tartják fenn az élethez szükséges feltételeket –, és ezzel dinamikus egyensúlyt képes fenntartani, pl. a szén-dioxid-cikluson keresztül. Ezzel az elmélettel bizonyították, hogy az élet *„ténylegesen készíti, alakítja és megváltoztatja a környezetet, amelyhez alkalmazkodik. Azután ez a környezet visszacsatol az életre, mely változik, tevékenykedik és növekszik benne. Állandó ciklikus kölcsönhatások léteznek"* (Margulist idézi Capra 1996: 128). Lovelockék arra is rámutattak, hogy ehhez nem kell külső szándék, a folyamat anélkül is működik. Ezt egy daisyworld nevű modellel bizonyították, ahol a százszorszépek és a Föld légköre együtt egy dinamikusan működő rendszert hoztak létre.

A fenti tudományos eredmények továbbgondolása több fontos szempontot világít meg. Az autopoiesis folyamán a szervezetek adaptálódnak a környezetükhöz, állandó kapcsolatban vannak vele mind bemeneti, mind kimeneti oldalról. Egyszer bemeneti oldalról a kogníció (megismerés, észlelés) folyamata zajlik, hogy

mit és hogyan tud hasznosítani, majd a kimeneti oldalról a számára nem hasznos elemeket engedi ki a környezetébe. Ezzel a folyamattal megragadták azt a tényt, hogy az élőlények teremtik a környezetüket (Lewontin idézi Capra és Luisi 2014: 171). Megváltoztatják a környezetet, majd ahhoz a megváltoztatott környezethez alkalmazkodnak (lásd a visszacsatolás fogalmát). Tehát ha valaki megkérdezi, hogy miért kell úgy viselkednünk, mintha a természet részei lennénk, arra itt a válasz: mert azok vagyunk. Wenner megállapítja, hogy tízszer több nem emberi sejtet hordozunk magunkban és magunkon, mint emberi sejtet (Wenner idézi Wahl 2025: 299), illetve mi magunk is megszámlálhatatlan mikroszkopikus élőlény otthona vagyunk (Farkas 2023b: 21).

Innen már egy lépés annak a megállapítása (Maturana idézi Capra és Luisi 2014: 254), hogy mivel az élő rendszerek kognitív (megismerő) rendszerek, ezért maga a megismerés folyamata az élet folyamata (amelynek struktúráját a rendszer struktúrája adja). A teljes folyamat úgy is ismert, mint a megismerés Santiago-elmélete (Capra és Luisi 2014: 255–257). Az élő rendszereket nem irányíthatjuk, csak megzavarhatjuk. A környezeti változásokra szervezeti változásokkal (a kapcsolódási mintáik átrendezésével) reagálnak, és az így megváltozott szervezettel folytatják – másképpen – a megismerési folyamatot.

A tudat-tudatosság-megismerés hármasáról szóló kutatások most is zajlanak. Michel Bitbol vendégesszéje Capra és Luisi könyvében (2014: 266–268) ezt azzal támasztja alá, hogy rámutat: Az objektív természettudományok hallgatólagosan a tiszta tudatosságból indulnak ki, de erre nincs rálátásuk. A kutatások egyetértenek abban, hogy a tudatos tapasztalat nem az agy egy specifikus részén található, és nem is lehet azonosítani a különböző idegi struktúrák alapján, hanem ez egy bizonyos kognitív folyamat megjelenő tulajdonsága (Capra és Luisi 2014: 265).

Capra a tudomány fejlődése alapján – amelynek a mi szempontunkból lényeges elemeit a fentiekben röviden áttekintettük – három fő szerveződési elvet von le: (1) a mintázat (a rendszer szerveződésmintázata); (2) a struktúra vagy szerkezet (a szerveződésmintázat konkrét megvalósulása) és (3) a folyamat, ami az élő rendszerekben értelmezhető igazán mint ennek a szerveződésmintázatnak a folytonos megvalósulása (Capra 1996: 179–182). A biciklit hozva fel példának, a mintázatot (1) a bicikli működési elvére vezeti vissza, mit hajtanak a pedálok, azok hogyan kapcsolódnak a többi részhez. A struktúrát (2) a konkrétan legyártott alkatrészek adják, amelyek megfelelő összeszerelése – mintázat alapján – teszi lehetővé a folyamatot (3), azaz a megvalósult mintázat működését, a biciklinek a használat általi haladását. Az élő rendszereknél a folyamat az állandó teremtés és változás. Ezt az állandó átalakulást, változást nyomon lehet követni, és ezzel a viselkedési mintázathoz is eljuthatunk, amit a következő fejezetben tárgyalunk.

1.4. A MATEMATIKAI MÓDSZERTAN FEJLŐDÉSE

Ebben a fejezetben azt nézzük meg, hogy az előző fejezet tudományos eredményeit mennyiben tudjuk követni a matematika fejlődésével. A matematikának eszközöket kell biztosítania a struktúrák, a szervezeti és viselkedési mintázatok leírására és ezeken keresztül a nemlineáris kapcsolódásokra, a visszacsatolásokra. Tehát a dinamikus rendszerek matematikáját kell áttekintenünk. Alapvetően azt nézzük meg, hogy hogyan tudjuk kezelni a komplex rendszereket, de itt is csak néhány jellemző módszert mutatunk be. Az aranymetszéssel kezdjük, és innen indulunk el a komplexitás matematikája felé.

1.4.1. Az aranymetszés

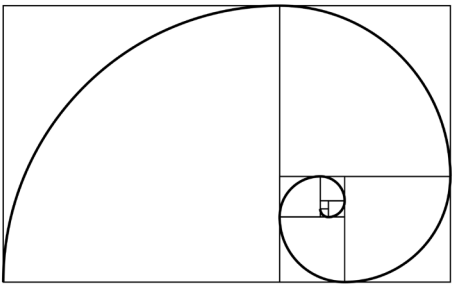
Számtalan irodalomban olvashatunk az aranymetszés mindent átható jelenlétéről minden területen, de elsősorban, ami számunkra itt most különösen érdekes, a természetben. Tuzson (2013) összefoglalja az aranymetszés matematikai hátterét (lásd az 1.1. dobozt).

1.1. DOBOZ
AZ ARANYMETSZÉS

Tuzson (2013) alapján

Aranymetszés az, amikor egy szakaszt (vagy mennyiséget) úgy osztunk két részre (a, b), hogy a nagyobb rész (a) úgy aránylik az egészhez (a + b), mint a kisebb (b) a nagyobbhoz (a), $a \div (a + b) = b \div a$. Amennyiben $b \div a = x$, úgy a másodfokú egyenletre visszavezetett képlet pozitív gyöke: $(\sqrt{5} - 1) \div 2$, azaz megközelítőleg 0,618. Így $a \approx 0{,}618$ és $b \approx 0{,}382$. Az aranymetszés szabálya felfelé ($1 \div 1{,}618 \approx 0{,}618$) és lefelé ($0{,}382 \div 0{,}618 \approx 0{,}618$) is érvényes. Az 1.1. ábrán az ezen elvek alapján szerkesztett arany téglalap látható. Legyen a fenti példa alapján a hosszabbik oldal 1 (a + b), a rövidebb oldal (a) 0,618. Ha kiveszünk ebből egy $0{,}618 \times 0{,}618$-as négyzetet (bal oldal), akkor a „maradék" még mindig egy arany téglalap, amelynek a hosszabb oldala 0,618, a rövidebb 0,382, és ezt az eljárást a végtelenségig folytathatnánk. Az egyszerűség kedvéért a Fibonacci-sorozat kezdő értékeit vesszük alapul (1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233…). Ez olyan sorozat, ahol (a kezdő 1-es érték után) mindegyik szám az azt megelőző két szám összege. A Fibonacci-sorozat jól közelíti az aranyszámot, pl. már a 12. és a 13. Fibonacci-érték hányadosa $144 \div 233 \approx 0{,}618026$. Tehát a sorozathoz hasonlóan az ábrán a két téglalapból indítunk. Az egyes négyzetek területének aránya szintén követi az aranymetszés szabályait. Egy érdekesség: a legnagyobb négyzet területe:

0,618 × 0,618 ≈ 0,382. Mindegyik négyzetben húzhatunk egy negyedkörívet. Ezeket összekötve kapjuk az aranyspirált, ami a logaritmikus spirál (aminek az alakja nem változik, csak a mérete nő ugyanolyan arányban) olyan speciális esete, ahol ez az „ugyanolyan arány" az aranyszám.



1.1. ábra: Az aranynégyzet, benne az aranyspirállal
Forrás: Tuzson 2013

Ugyanígy találhatunk arany háromszöget, ahol az alapon fekvő szögek 72, a csúcs szöge pedig 36 fokos. Ezekből kiszerkeszthetők a kisebb és nagyobb arany háromszögek. Ugyanúgy – az aranyszám alapján – számolhatunk aranyszöget is, ami a 360 fokos körből számítható (360 × 0,382 ≈ 137,52).

A természetben nagyon sok helyen megtalálható az aranymetszés: az állatok testfelépítésében, a növényeknél (pl. a napraforgó) vagy a galaxisban. Az emberi zenei, építészeti vagy festészeti alkotásokban is megtalálható. Az aranyszög megtalálható a növények levélállásaiban, a Fibonacci-sorozat pedig pl. a fák ágaiban (a fák növekedésével az ágak száma Fibonacci-sorozatot követ).

Ugyan Eukleidész volt, aki először felírta az aranyarányt, de ezt az elvet előtte is bizonyosan sokan használták, és utána is. Sokan tisztában voltak azzal is, hogy ez a növények növekedésének egyik rendezőelve – mindenféle bizonyítás nélkül is. Az, hogy a XX. században a komplexitás matematikájának segítségével tudták bizonyítani is, hogy ezek a szervezőelvek valóban a levéllálások elrendeződésének megfelelők (Capra és Luisi 2014: 176), különösebb aha-élményt nem jelentett a közgondolkodás számára, mégis nagyon fontos a bizonyítékokhoz szoktatott elménknek, hogy nem csak véletlen egybeesésről van szó. A jövőben is valószínűsíthetően még további bizonyítások várhatók az élő rendszerek és az aranyarány kapcsolatában a megfelelő matematikai eszköztár kifejlesztésével-alkalmazásával, ami nagyban növelheti az élő rendszerek megismerésének szintjét.

Egy másik fontos oldala az ilyen bizonyításoknak, hogy többször olyan módszerek kifejlesztése által bizonyítunk, amelyek nemcsak az adott dolog bizonyítására

jók, hanem általa új lendületet kaphat a tudományos élet, minőségileg emelve a tudományos megértés, és ezzel együtt az alkalmazás lehetőségeit is. Erre rögtön a következő fejezetben világítunk rá.

Milyen fontos jellemzőket mutatnak az aranymetszés szabályai által létrehozott rendszerek?

1. Egyszerű szabályok követése által bonyolult, komplex rendszerek jöhetnek létre. Gondoljunk a levélképződésre, ami meghatározó az egész növény (pl. fa) szempontjából, vagy akár csak a napraforgóra.
2. Önhasonlóság: bármelyik részt nézzük a Fibonacci-téglalapban (vagy háromszögben), ugyanazt látjuk. Az önhasonlóságra még jó példák a felhők.
3. Skálafüggetlenség. Ha pl. az ember fejlődését nézzük 18 éves korig, akkor találunk egy olyan skálát – az időt –, ami alapján mondhatjuk, hogy a gyerekek egyre magasabbak lesznek. Az aranymetszést tartalmazó rendszerekhez nem tudunk olyan skálát rendelni, ami különbségeket magyarázna, mivel a kisebb vagy nagyobb rendszerek ugyanazokat a tulajdonságokat mutatják, ezért skálafüggetlen rendszereknek hívjuk őket.

Ezekről a jellemzőkről még a 2.1. fejezetben lesz szó. Először azonban nézzük a hagyományos, lineáris eszközöket, mert nagyon sok esetben ezek is elegendőek bizonyos jelenségek tanulmányozására, sőt, megalapozták a nemlineáris rendszerek matematikáját is.

1.4.2. A mechanikus vagy lineáris módszertani eszközök

Induljunk ki egy ismert példából, a Zenon-paradoxonból. Achilles, a leggyorsabb futó nem tud utolérni egy teknősbékát. Ennek a bizonyítása egyszerű: a teknős elől van (A pontban), Achilles mögötte (B pontban). Egy bizonyos időintervallum alatt (t) Achilles elér az A pontba, de ezalatt a teknős is megtesz egy bizonyos utat. Így Achillesnek ismét el kell jutnia oda, ahova a teknős ez idő alatt elért, de ez ismét időt vesz igénybe, ami alatt a teknős ismét előre halad, és így tovább. Így lehetetlen még csak utolérni is a teknőst, nemhogy megelőzni. Tudjuk, hogy Achilles pillanatok alatt lehagyja a teknőst, de hiányzott az eszköztárunk ahhoz, hogy ezt bizonyítsuk is.

A tudomány fejlődésénél Descartes neve megkerülhetetlen. Az ő nevéhez fűződik a koordináta-rendszer kialakítása, és ezen belül a lineáris és nemlineáris összefüggések ábrázolása, és ezek az alapok is kellettek a későbbi tudományos eredményekhez, mint pl. a differenciálszámításhoz, amit Newton és Leibniz fedeztek fel. Ennek a módszernek az egyik sarokköve a határérték fogalma. Ezzel lehetővé vált, hogy különböző sebességek mellett a végtelen sok apró távolságot végessé tegyék. Mivel ezek a távolságok csökkenő mértani sorozatot alkotnak, a sebességkülönbség meghatározza, hogy a sorozat elemei milyen ütemben csökkennek. A mértani sorozat

összege pedig meghatározható, így megadható a teljes távolság, amely ahhoz kell, hogy Achilles utolérje a teknőst.

További, igen jelentős módszertani fejlesztések fémjelzik még a XIX. és a XX. századot. Itt említhetjük a XIX. században a lineáris, illetve mátrixalgebrát, ami sok további fejlesztéshez nagyon jó alapokat biztosított. Ilyen pl. a XX. században létrehozott input-output modellek rendszere. De ugyanígy ennek az időszaknak a terméke a regresszióanalízis és a szóráselemzés is. Ezek, illetve az ezekre épülő módszerek ma is nagy segítséget jelentenek a folyamatok jobb megismerésében.

A fizika oldaláról Newton után is folytatódtak az új felfedezések, melyek között a termodinamika (hőtan) élen járt.

1.4.3. Termodinamika, entrópia

A komplex rendszerek problémáit az eddig ismert módszerek csak részben tudták megoldani. Pl. a differenciálegyenletek segítségével három test relatív mozgását már nem lehet megfelelő pontossággal kiszámítani, nem beszélve a milliónyi részecskéből álló gázokról (Capra 1996: 43). A gázok esetében a problémát Maxwellnek sikerült megoldania azzal, hogy az átlagos viselkedést tanulmányozta (Capra 1996: 143–144). Mivel nincs esély arra, hogy a milliónyi molekula bármelyikéről is konkrét információt szerezzünk, ezért a statisztikához kell fordulnunk: az összes elem átlagos viselkedését kell megfigyelni. Így alakult ki a statisztikai mechanika, ami a hőtan (termodinamika) alapjává vált. Ezzel bekerültek a hőtanba a sztochasztikus (véletlenszerű) elemek is. Joule 1845-ben megfogalmazza az energiamegmaradás törvényét, ahol a hő ismét szerepet játszik: egy test potenciális energiája átalakul hővé (Simonyi 1986: 346–347). Ezt a tételt elfogadva, Clausius 1854-ben megfogalmazta a termodinamika második tételét, kijelentve, hogy a hő a hidegebb testből nem áramlik magától a melegebb testbe, illetve nem lehetséges olyan eszközt készíteni, ami át tudná alakítani a hő energiáját mechanikai energiává 100%-os hatékonysággal. 1865-ben bevezette az *entrópia* fogalmát (a rendezetlenség mértékeként), aminek a segítségével már matematikailag is meg tudta fogalmazni ezt a második főtételt (Simonyi 1986: 348). Végül Gibbsnek köszönhetjük, hogy általánosította az entrópiát az 1900-as évek elején, pl. elektromágneses terekre is (Simonyi 1986: 354), ahol tanulmányozhatók az általánosítás feltételei is. Azóta az entrópia – az általánosítható logikája miatt – már sokféle formában megjelent, annak is köszönhetően, hogy már kidolgozott módszertannal rendelkezett.

Egyik ilyen forma volt az információtechnológia. Shannon (1948) ugyancsak a Gibbs–Boltzmann-képletet (Cover és Thomas 1991) használja az információ mennyiségének mérésére (amiből az adatátviteli sebesség is meghatározható), mivel a bennük lévő általános logika is ugyanaz. Ha egy üzenetet akarunk küldeni, akkor ahhoz a legkisebb lehetséges sávszélességet kell használni. Ha például egy 2-3 éves gyereknek a „gyere öltözni" felszólításra adott válaszát kell kódolva átküldeni, akkor ahhoz nagyon kis sávszélességet kell használni (a „nem", esetleg a semmi

válasz kódolása – kevés információ, nagy rendezettség). Egy nagyobb gyereknél a „miért nem csinálod már a házi feladatod" kérdésre adott válasz valószínűleg elég változatos lesz, és nagyobb sávszélesség kell majd az elküldéséhez – sok információ, nagy rendezetlenség. A tömöríthetőség attól függ, hogy mennyire rendezett – információ szempontjából – a kódolandó szöveg. Ezt az elvet a fájlok tömörítésénél is használjuk, és ellenőrizhetjük is: két egyforma méretű fájl tömörítve különböző méretű lesz. Ebben az információtechnológiai esetben ugyanúgy a rendezettség-rendezetlenség kérdésénél vagyunk, mint a hőtanban: a feladat itt is a rendezettség és a rendezetlenség közötti állapot meghatározása.

Számos területen alkalmazzák még az entrópiát, pl. az ökológiában az anyag- és energiaáramlásnál, amit a következő részben tárgyalunk részletesebben. Az 1.2. fejezetben láttuk, hogy a biológiai rendszereknél is alkalmazzák (az élő rendszerek képesek entrópiájuk csökkentésére), de a gazdaságban is: általánosságban a kevés piaci szereplő kisebb, a sok piaci szereplő nagyobb entrópiát jelez.

1.4.4. Kibernetika, visszacsatolás

Az 1.3. fejezetben utaltunk a kibernetika keletkezésére és annak okaira. A kibernetika matematikai nyelven fogalmazza meg az olyan alapvető fogalmakat, mint a visszacsatolás és a körkörös oksági folyamat, amelyek a homeosztázis alapjai. Kiegyensúlyozó visszacsatolások biztosítják a rendszerek stabilitását azzal, hogy jelzik, ha az önerősítő folyamatok elértek egy határt. A kiegyensúlyozó visszacsatolásra példa a lakásban a fűtést szabályozó termosztát: Hideg esetén bekapcsol, és elindítja a melegítési folyamatot, ha pedig túl meleg van, azaz elér egy felső határt, akkor kikapcsol a fűtés. Gyakorlatilag bármely rendszerre igaz, hogy az egyensúly biztosítása visszacsatolási mechanizmusokon keresztül történik, hiszen már a sejtjeinkben is visszacsatolásos rendszerek működnek. E mechanizmusok biológiai és társadalmi rendszerekre egyaránt alkalmazhatók: például egy közösség kommunikációs hálózata tanul a hibákból, és rendelkezik az önszerveződés képességével.

Jay Forrester (1961) a kibernetika elveire alapozva dolgozta ki a rendszerdinamika módszertanát (2.4. fejezet). Ez a modellezési eszköz lehetővé teszi nemlineáris rendszerek modellezését, mint például egy világmodellét, amelyet 1972-ben készítettek a Római Klub jelentésének részeként az emberiség számára. Ez a modellezési technika már lehetővé teszi a rendszermintázat, a struktúra és viselkedési mintázatok megjelenítését is.

1.4.5. A minőség matematikája

Nemlineáris világban élünk, ami át van szőve látszólag átláthatatlan kapcsolatokkal, ahol egy apró cselekedetnek is beláthatatlan következményei lehetnek. Ezt érzékelteti a jól ismert angol népköltés is: Egy szög miatt a patkó elveszett. A patkó miatt a ló

elveszett. A ló miatt a lovas elveszett. A lovas miatt a csata elveszett. A csata miatt az ország elveszett. Máskor verd be jól a patkószeget! (Károlyi Amy fordítása.)

A minőség matematikájának a mintázatot kell inkább megragadnia, mint a konkrét mennyiségeket. Az 1.2. dobozban olvashatunk egy rövid áttekintést a káoszban a rend mintázatáról, arról, hogy – az aranymetszéshez hasonlóan – egyszerű szabályok alkalmazásával bonyolult, de a komplexitást megfelelően modellező rendszereket kapunk.

1.2. DOBOZ
KÁOSZELMÉLET

M

Capra (1996: 145–175) alapján

Poincaré visszahozta a vizualitást a matematikába, és létrehozta a topológia elméletét. Ebben a rendszerek alapvető struktúráját vizsgálják, függetlenül a méretarányoktól, ahol minden hosszúság, terület és szög torzítható, ezért „rubber sheet"-nek, azaz gumilepedő-geometriának is hívják. Topológiai ekvivalenseket hozhatunk így létre, de az ábrák legfontosabb tulajdonságai így nem változnak. A topológia a megváltozhatatlan viszonyok matematikája. Egy lyukas fánkból pl. kávéscsészét – lyukas füllel – lehet csinálni, de palacsintát pl. nem; a lyuknak maradnia kell, a megváltoztathatatlan viszonyok következtésben (lásd: www.youtube.com/watch?v=7naZfr2HUNc Letöltve: 2025. március 5). Így Poincaré láthatóvá tette a mintázatokat, ami által lehetőség nyílt a kaotikus rendszerek vizsgálatára is.

Káoszelmélet

A káoszban rejlő rend felismerése elsősorban Edward Lorenz nevéhez fűződik, aki a 60-as évek elején kimutatta, hogy az időjárás és más rendszerek esetében kis változások radikális különbségeket eredményezhetnek (pillangóhatás). A káoszelmélet szerint a rendszerek ugyan kaotikusnak látszanak, de mégis lehet bennük rendszert találni, mert meghatározott mintázatot követnek. Az ábrázolás során nincsenek egyforma pályagörbék, mivel a rendszerek viselkedése nagyon érzékeny a kiindulási feltételekre. A kiindulási feltételeknek (változók) megfelelő állapot egy (néha csak absztrakt) térben ábrázolható, ez a fázistér. A fázistér egy bizonyos régiójából induló pályagörbe ugyanahhoz a mintához fog vezetni, azaz van az eredményeknek egy vonzásmedencéje. Ezen belül van egy meghatározott, jól kirajzolódó mintázat, ami szinte vonzza az összes kiinduló értékhez tartozó állapotot: ez az attraktor. Az attraktor lehet pontszerű (mint pl. az ingánál), de lehet többdimenziós is mint a pillangóhatás attraktora, a Lorenz-attraktor. Így egy nemlineáris rendszer minőségi elemzése az attraktorának és vonzásmedencéinek azonosításából és a topológiai osztályozásából áll. Ez a fázisportré, amely Poincaré munkáján alapul. Stephen Smale továbbfejlesztette ezt azzal, hogy a rendszer paramétereinek

lassú változtatásával figyelte a fázisportré alakulását. Szerkezetileg stabilnak hívta azokat, ahol a rendszertulajdonságok nem változtak a paraméterek változtatása során. Ez a stabil állapot kibillenhet az egyensúlyából egy bizonyos helyzetben; ezt bifurkációs pontnak nevezik, és innen a rendszer új állapotba kerülhet. Prigogine megmutatta, hogy ilyen bifurkációs pontok csak az egyensúlytól távol lévő nyílt rendszereknél fordulhatnak elő. Bizonyos rendszereknél bifurkációs pontból is kevés van, ezek is jól osztályozhatók: René Thom a 70-es években hét bifurkációt azonosított. Fontos eredmény, hogy a káoszelmélet segítségével előrejelzés is készíthető, de nem pontszerű, hanem a mintázatokból kiolvasható.

A komplex matematika másik fejlődési útja a fraktálgeometria, amikor a természeti struktúrák közös tulajdonságait próbálják megfejteni. Vannak gyakorlati alkalmazásai is, mint például a partvidékek hosszának a mérése.

Az 1.2. dobozban láthattuk, hogy a káoszelmélet próbálja megfejteni a káoszban lévő rendszert, felrajzolja a mintázatot, ami alapján előrejelzések is készthetők. A fraktálgeometria „alulról" indul, és egyszerű szabályokból kiindulva olyan mintákat hoz létre, amelyek alapján a valós természeti rendszerek modellezhetők, azaz utánozhatók.

A matematika módszertanának fejlődése lehetővé tette a világ egyre komplexebb aspektusainak leírását. A matematika sokkal több, mint száraz formulák: sok, a mintázattal, renddel és komplexitással kapcsolatos kérdés megfogalmazható a matematika nyelvén. Az új matematikai irányzatok – a nemlineáris dinamika, a káoszelmélet és a fraktálgeometria – olyan eszközöket biztosítanak, amelyekkel a természeti és társadalmi rendszerek bonyolultsága modellezhető és bizonyos esetekben előrejelezhető. Ezek fontos lépések, mint Poincaré topológiája a káoszelmélet felé. A feladatunk ugyanis az, hogy olvassunk a természet négymilliárd évnyi történetéből, és próbáljuk megérteni a fontosabb üzeneteket. A matematika is fejlődik ebbe az irányba.

1.5. A NOOSZFÉRA FEJLŐDÉSE

Nooszféraként definiálunk mindent, ami a közös tudat birodalmához tartozik, illetve fizikailag nem érzékelhető. Így ide tartozónak tekintjük a hűséget vagy a hatalmas fizikai háttérrel rendelkező, de felhőnek hívott internethálózatot. Az utóbbi esetében hivatkozhatunk Raymondra is (2000), aki ezt a területet szintén a nooszférával azonosítja. Ez mindannyiunk számára racionális, hiszen ez a szféra mindenképpen tartalmazza az internetet, a világhálót, a közös tudás elérhetőségét és befolyását, az emberi közös intelligencia mindenki által érzékelhető és elfogadható formáit.

Sok olvasó számára az angyalok birodalmától fölfelé található szellemi lények is idetartoznak, vagy a Védák Brahmanja.

Wilber (2009) egyik sokat használt segédeszköze a nooszféra, amely szintén az 1920-as években formálódott ki, és a XX. század közepén publikálták. Wilber globális tudatként érti, ami irányítja a Föld globális változásait. A fogalom egyik megalkotója, Vernadsky (1926) tudományos megközelítésben tárgyalja a bioszféra és az afölötti nooszféra, a közös tudat elválasztását. Ugyanezt teszi Teilhard de Chardin (1955), a fogalom másik megalkotója. Mindkettőjüket azonos cél vezérelte, amit igyekszünk tartani: Hagyjuk meg a természettudomány által kialakított határokat (Levit 2000). Vannak, akik más jelentést tulajdonítanak neki, de az eredeti jelentésből kiindulva pl. Mőcsényi a kultúrtájat is nooszférának tekinti mint az ember által átalakított természetet (Gerzánics 2019).

A fizikai formát is felvevő tudáskincsnek az egyes emberekhez való áramlása követhető, és többnyire az is, hogy a közös tudás hogyan befolyásolja az egyes kultúrákat. A könyv mondanivalója akkor is érthető, ha csak ennyi jelentést tulajdonítunk a nooszférának, de az élet és az anyag eredetének bizonytalansága miatt egyelőre logikus lépés a részünkről, ha nem vetjük el a felénk irányuló magasabb szellemi befolyást sem. Darwin is ódzkodott attól, hogy száműzze a szellemet az evolúcióra adott magyarázatával kapcsolatban. A nooszféra Teilhard szerint magában foglalja a magasabb szellemi befolyást, feltételezve egy ún. ómegapontot is, ami a szellem kisugárzásának központja. Érdemes még megemlíteni Ilia Delio nevét is, aki biológiai alapműveltséggel és farmakológiai doktorátussal lett egyetemi oktató és ferences nővér. Ezt a szellemi tartalmat egészíti ki a szeretet mint kozmikus hatóerő bevonásával, elgondolását teológiai oldalról több könyvvel is alátámasztva. Esetünkben ez azért érdekes, mert új színezetet adhat az ember önteremtő képességének. Teilhard és Delio is úgy vélik, hogy a szellem önmagában létező, és alakítja a Gaiát.

Az újabb és újabb gondolatok hatása a nooszféra és a bioszféra kapcsolatára akkor lehetett erőteljesebb, ha több emberhez is eljuthatott az információ. Z. Karvalics (1996) bemutatja, hogy az írásbeliség, a könyvnyomtatás, az informatikai eszközök olyan mérföldkövek, amelyek nagymértékben hozzájárulnak a tömeges hatáshoz. Kellettek azonban hozzá írástudó, olvasni tudó emberek is. Ebből a szempontból a közoktatás (a XVIII. századtól) nagyon fontos, és a XX. századra már világméretűnek mondható. A könyvnyomtatás feltalálása ugyan már a XV. században megtörtént, de a napilapok megjelenése csak a XVIII. század végére tehető (pl. *Times*), ami jelzi, hogy a lehetőség kiaknázásához számos, a nooszférába tartozó dolognak is teljesülnie kellett. Hiába adott a mintázat (rendszeres napi újságok mindenkinek), ha a struktúra kiépítése (nyomdák, papír, festék, szakértelem, dolgozók) csak fokozatosan történik. A struktúra megvalósult elemei újabb lehetőségeket tárnak fel, amelyek módosítják a mintázatot, és így visszacsatoló hurkokon keresztül történik a fejlődés.

A régebbi idők innovációi, kulturális fejleményei is természetesen a nooszféra részei lettek, így pl. az arisztotelészi logika, a skolasztikusok által továbbfejlesztve,

vagy a kimagasló színvonalú arab kultúra, amely megmentette, megértette és továbbfejlesztette a görög kultúrát, elsősorban Arisztotelész munkáit (lásd a Gondishapuri Akadémiát), amelyek innen átkerültek Olaszországon és Spanyolországon keresztül a kontinens belsejébe is. Mindezek alapjául szolgáltak Kepler, Galilei és Descartes munkásságának.

A tényleges gazdasághoz közelítve: a tőke hatása is a nooszféra részének tekinthető. Kiterjeszthető a tőke fogalma többféle tőkére is. A Dasgupta (2021) által is képviselt klasszikus tőkefelosztás a természeti, a szellemi (emberi) és a megtermelt (az ember által létrehozott) tőkére lefedi a gazdaság által használt tőkefajtákat, bár létezik sokkal több tőkefajtára való felosztás is (mint például társadalmi, anyagi, pénzügyi, természeti, szellemi, tapasztalati, spirituális és kulturális tőke [Wahl 2025: 364]). Steiner (2012: 53) megközelítése a megtermelt tőkére vonatkozóan egy nagyon lényeges szempontra világít rá: a munkamegosztás, az egyes technikai eszközök felfedezése (az ember által létrehozott tőke) is szellemi munka eredménye. Gyakorlatilag minden cselekedetünket áthatja a szellem, ami így hat az egész társadalmi-gazdasági folyamatra. Így akár két tőkefajtára is leszűkíthetjük a tőketípusokat: természeti és szellemi tőkére.

Azok számára, akik szerint a körülöttünk lévő világ egy teremtett világ (lásd például a Nobilis és Vida [2020] által szerkesztett tanulmánykötetet), ez a kétfajta tőke egy „tőkefajtára" szűkíthető: a szellemi tőkére. Ebből a megközelítésből az is nyilvánvaló, hogy a szellem művelésére fordított kiadások (nemcsak, sőt nem elsősorban a gazdasági jellegű oktatás, de a zenei, művészeti oktatás is) a leghatékonyabb *gazdaságfejlesztő* eszközöknek számítanak. Ezek alapján megállapíthatjuk, hogy ami mindenképpen ott van a nooszférában, az az emberi kultúra által alkotott közös tudat, amiben nagyon erős hangsúllyal ott van a szellem létezése is, az ember által elképzeltek szerint.

1.6. ÖSSZEGZÉS

A fejezet összegzéseképpen megállapíthatjuk, hogy a civilizáció fejlődése magával hozza a természet rendjével összhangban lévő fejlődést is. Úgy tűnik, hogy a mi civilizációnk az, ami már tudatosan képes irányítani a sorsát, és próbálgatja az erejét. Ugyanakkor a mechanisztikus világkép és az önérdek követésén alapuló társadalmi-gazdasági rendszerek elég veszélyes helyzetbe sodorták. Ennek a világképnek annyira tartós a hatása, hogy felelős emberek még ma is a természetnek a gazdaságba történő beillesztéséről beszélnek (Daly 2015: 1). Ezek a rendszerek azonban magukkal hozhatják a tudatosodásnak azt a szintjét, amely a saját eredményeken, felismeréseken alapulva juttatja el az embert a felvilágosult önérdekig. Ez a folyamat összhangban van több gondolkodó megfigyelésével, pl. Hegel, Kant, vagy Wilber véleményével.

A fentiekben bemutattuk, hogy a vizsgálati módszerek hogyan változtak. A teljes rendszerek vizsgálata, beleértve a hálózatok elméletét, megfelel az új tudomány

szemléletének, ezért ezek a vizsgálati módszerek megerősödtek. A következő fejezetre elsősorban a Capra által kiemelt három fő szerveződési elvet vigyük magunkkal: a rendszer szerveződésmintázatát, a struktúrát mint a szerveződésmintázat megvalósulását, illetve a folyamatot, ami ennek a mintázatnak az állandó megvalósulását jelenti, ezért a rendszer viselkedési mintázatának is tekinthetjük.

2. Rendszerszintű elemzési módszerek

Az 1. fejezetben bemutattuk az élő (komplex) rendszereket támogató magatartás egyfajta szükségszerűségét. Az 1.4. fejezetben már ismertettünk olyan módszereket, amelyek alkalmasak a komplex rendszerek keletkezésének és tulajdonságainak jobb megismerésére. Biztosak lehetünk benne, hogy még számtalan ilyen módszer létezik, és közülük már sokat használnak is. Általában a statisztikai, matematikai módszerek elég általánosak ahhoz, hogy különböző területeken alkalmazzák őket. Ebben a fejezetben egy olyan módszertani eszköztárat mutatunk be, amely szintén alkalmas arra, hogy az 1.3. fejezetben ismertetett tudományos eredmények (homeosztázis, autopoiesis) megragadhatók legyenek a matematika nyelvén. Ezt az eszköztárat használjuk majd a könyv hátralévő részeiben azokkal a jól ismert vagy éppen kevésbé hangsúlyos módszerekkel együtt, mint például a regresszió- vagy a varianciaanalízis.

A hálózatelmélet nagy fejlődésen megy keresztül, és ez az egyik legismertebb tudományos fogalom. Az 1.4. fejezetben kidolgozott komplex matematikai módszerekhez képest újabb elemekkel bővíti a rendszerek vizsgálatának eszköztárát. Ezekből csak azokat a részeket tárgyaljuk, amelyek a könyv szempontjából fontosak. Ezután a Leontief által kidolgozott input-output elemzést tekintjük át. Ez a módszer önmagában is képes arra, hogy bemutassa a rendszerstruktúrát és a mintázatát, de számos rendszertulajdonság elemzésére is alkalmas. Ezenkívül a további módszertanok hasznos kiegészítője is. Ezek egyike az ökológiai hálózatelemzés, ahol a módszertan nagyban támaszkodik az input-output táblákra, illetve az entrópiára. Ezt követően a kibernetika módszertanát felhasználó rendszerdinamikai modellezés alapvető jellemzőit írjuk le, amely szintén alkalmas arra, hogy segítségével megragadjuk a három fő rendszerjellemzőt, a rendszer mintázatát, a struktúrát és a folyamatot. Az utolsó ismertetett eszköz egy praktikus hatékonyságelemző módszer, ami majd segít abban, hogy a *hatékonyságot* mint kulcsfontosságú fogalmat jobban megértsük. Ez egy módszertani fejezet lesz, ami azzal jár, hogy sok olyan doboz lesz benne, amelyeket módszertanilag haladónak jelölünk, de törekszünk arra, hogy a lényeges elemeket a folyó szövegben is ismertessük.

Mivel a rendszergondolkodás, a rendszerdinamikai modellezés az egész rendszert átfogják, így ennek alapján fogjuk a továbbiakban elemezni a társadalom és a gazdaság korrekciós kísérleteit. Ez a módszertan ugyanis alkalmas arra, hogy segítségével felismerjük a hatásos beavatkozási pontokat, amennyiben valamilyen probléma merül fel a rendszerben. Esetünkben a Gaia rendszerében elég sok

probléma merült fel, mint azt majd látjuk, és amelyek közül néhányat részletesen ismertetünk a 4. fejezetben.

2.1. A HÁLÓZATOKRÓL ÁLTALÁBAN

A 1.3. fejezet (az egész rendszerek tudományáról) arról szólt, ahogyan elkezdtük a komplex rendszereket hálózatként értelmezni. Wilber (2009: 35) szerint minden, amit rendszerként képzelünk el, az egyben főrendszere és alrendszere is valaminek. Minden komplex rendszer mögött egy bonyolult hálózat áll (Barabási 2016: 39). Minden olyan rendszer felfogható hálózatnak, amely egymástól elkülöníthető elemekből áll, és amelyben ezeket az elemeket gyengébb vagy erősebb kapcsolatok kötik össze. A hálózat olyan, egymással kölcsönhatásban lévő elemek összessége, ahol az elemek nem egyszerű pontok – mint a gráfok esetében –, hanem maguk is bonyolult hálózatok. Ennek megfelelően, a természetben a hálózatok egymásba ágyazottan fordulnak elő, és így jelentős mértékben függenek egymástól. Az így kialakuló komplex hálózati rendszer stabilitása, működőképessége egyaránt függ az elemek stabilitásától, illetve a kialakuló erős és a gyenge kapcsolatok minőségétől és mennyiségétől. Egyik tényező sem elhanyagolható. Az élet különböző területein, a technológia, a társadalom, a gazdaság hálózatai ugyanolyan rendezőelvek szerint alakulnak, és emiatt ugyanazokkal a matematikai eszközökkel írhatók le (Barabási 2016: 42).

Csermely (2004, 2005) kutatásai a hálózatok erős és gyenge kapcsolatait vizsgálva azt erősítik meg, hogy mindkettő fontos szerepet játszik a hálózatokban. Az erős kapcsolatok adják a rendszer vázát. Ha valamelyiket megváltoztatjuk, az egész rendszer alaptulajdonságai változnak meg, míg a gyenge kapcsolatok szerepe a hálózat stabilitásában van. Az erős kapcsolatokból kevés van (maximum 20%), így érthető a gyenge kapcsolatok jelentős szerepe (Csermely 2004: 84–86). Csermely kutatásai főként a gyenge kapcsolatokról szólnak (lásd a 2.1. dobozt).

2.1. DOBOZ
ERŐS ÉS GYENGE KAPCSOLATOK

D

Csermely (2005) alapján

Az utóbbi évek kutatásai bebizonyították, hogy a gyenge kapcsolatok hálózatformáló, stabilitást megőrző szerepe jóval jelentősebb, mint azt első ránézésre gondolnánk. Az erős kapcsolatok adják a rendszer vázát, amelyet a gyenge kapcsolatok töltenek ki, formálnak hálózattá. A hálózat jellegétől függően többféleképpen is meg lehet közelíteni az erős és gyenge kapcsolatok mibenlétét. A hálózat két eleme között akkor gyenge egy kapcsolat, ha annak elvétele vagy hozzáadása statisztikailag értékelhető módon nem befolyásolja a hálózat jellemző tulajdonságait. A gyenge kapcsolatok stabilizálják a hálózatot, egyfajta rugalmas szilárdságot adva neki. Sok gyenge kapcsolat esetén a modulok

sűrűn kötődnek egymáshoz, az alhálózatok szinkronizálnak, kevés fluktuáció tapasztalható, a kommunikáció jó, a relaxáció zavartalan, a zaj gyorsan szétoszlik, felszívódik a hálózatban. Kevés gyenge kapcsolat esetén mindezek ellenkezője igaz. A gyenge kölcsönhatások szerepet játszanak az ökoszisztémák stabilizálásában is. Az olyan rendszerek, ahol az elemek több másik elemmel állnak egymással egyenrangú kapcsolatban (például többfajta élelmet egyaránt fogyasztó állatokat, növényeket – így például mindenevőket is – tartalmaznak), stabilabbak, mint az olyan ökoszisztémák, amelyekben valamely táplálék elfogyása egyben a táplálékon kizárólagosan élő faj elpusztulását is okozza, ami akár egy kaszkádszerű kihalássorozathoz is elvezethet.

Első ránézésre az erős kölcsönhatás fontosabbnak tűnhet, mint a gyenge, hiszen az határozza meg a hálózat válaszait. Ha eltávolítjuk az erős kölcsönhatásokat, a hálózat először megváltozik, majd szétesik. Ha a gyenge kapcsolatokat távolítjuk el, a válaszok szórása, változékonysága egyre nő. Gyenge kapcsolatok nélkül a hálózat instabil és kiszámíthatatlan lesz. Fontos tehát az erős kölcsönhatás, hiszen anélkül szétesik a világ. De fontos a gyenge kapcsolat is, hiszen anélkül a világ kiszámíthatatlan, fenyegető, félelmetes és élhetetlenül instabil marad.

A 2.1. dobozban írottakat majd alátámasztjuk a 2.3. fejezetben, ahol ezeket a kapcsolatokat számszerűsítjük is. A hálózatok egyik fontos jellemzője a skálafüggetlenség. Ezt a fogalmat az 1.4.1. fejezetben már bevezettük, együtt az önhasonlósággal. A természeti és az ember alkotta jelenségek között mindenütt megtalálhatók a skálafüggetlen hálózatok.

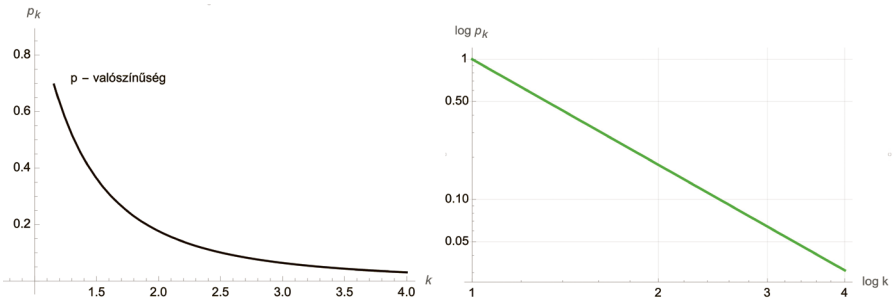
2.2. DOBOZ
SKÁLAFÜGGETLENSÉG

M

A legtöbb önszerveződő hálózat skálafüggetlen. Egy hálózatot (a leggyakoribb szóhasználat szerint) akkor nevezünk skálafüggetlennek, ha a hálózat fokszámeloszlása hatványfüggvénnyel írható le (Barabási 2016: 136). A fokszám (k) azt jelenti, hogy egy elem hány kapcsolattal rendelkezik a hálózaton belül. Ha például 3-mal, akkor a fokszáma 3. Egy skálafüggetlen hálózatban nagyon sok elemnek van kevés kapcsolata, és nagyon gyorsan csökken azon elemek száma, amelyeknek egyre több kapcsolata van: a különböző fokszámok egyenlőtlenül „oszlanak el” (fokszámeloszlás), amennyiben ábrázoljuk őket. A (2.1) azt jelenti, hogy annak a valószínűsége, hogy k kapcsolata van egy csomópontnak, megközelítőleg $k^{-\gamma}$ (Barabási 2016: 135).

(2.1) $$p(k) \sim k^{-\gamma}$$

Ez nem exponenciális csökkenés: ha ennek az eloszlásnak mindkét tengelyen a logaritmusát vennénk, akkor egyenes vonalat kapnánk, tehát a valószínűség csak hatványfüggvény-szerűen csökken (2.1. ábra).



2.1. ábra: A fokszámeloszlás ábrázolása γ = 2,5 esetén normál és log-log tengelyen
Forrás: Saját szerkesztés

A hatványfüggvény kitevője (γ) sok hálózatnál 2 és 3 között mozog (Barabási 2016: 142). Ezt részletesen is kifejti Barabási (2016: 135–144) matematikai magyarázatokkal és példákkal.

A skálafüggetlen hálózatokról, a Barabási könyvön kívül még Csermely (2004) is nagyon jó áttekintést ad (lásd 2.3. doboz).

2.3. DOBOZ
SKÁLAFÜGGETLEN HÁLÓZATOK MINDENHOL

Csermely (2004) alapján

Az eső valószínűsége és időtartama ugyanúgy skálafüggetlen eloszlású, mint a földrengések gyakorisága és erőssége (Barabási 2003; Peters és Christiensen 2002). A világ váratlan eseményei tehát gyakran nem is annyira váratlanok, hanem skálafüggetlenek. Ugyanakkor a legjobb túlélési stratégia is a skálafüggetlenséghez kötött. Nem véletlen, hogy mind a játék (amely a váratlan helyzetekre való felkészülés egyik fontos eleme), mind pedig a művészetek (például zene) számos eleme ugyancsak skálafüggetlen eloszlást mutat. Például a zene ritmicitásának és tonalitásának skálafüggetlen jellege (Hsu és Hsu 1991) arra utal, hogy a hálózatok általános tulajdonságai olyan közös evolucionáris örökségeink, amelyek már kiskorunktól működésbe lépnek, és olykor a lehető legváratlanabb helyzetekben is hatással vannak észlelésünkre vagy viselkedésünkre. További tipikus példák skálafüggetlen hálózatokra:

táplálékláncok (ökológiai hálózatok), ideghálózat, immunhálózat, transzporthálózatok, méhek, hangyák, delfinek, rovartársadalmak rendszere (biológiai hálózatok), városok méreteloszlása, tudományos együttműködés megoszlása, telefonhívások megoszlása, vagyoneloszlás (társadalmi hálózatok), az internet, az áramhálózatok, számítógépes programcsomagok szerkezete (technológiai hálózatok), cégek mérete, társas vállalkozások (gazdasági hálózatok). És mindezek többé-kevésbé egybeágyazottan. Modellrendszerek segítségével egyértelműen kimutatható, hogy a skálafüggetlen hálózatok sokkal ellenállóbbak a nem célzott zavaró hatásokkal szemben, mint a véletlen hálózatok. A másik fontos megállapítás, hogy míg a véletlen hálózatokban az egyszerűség, addig a skálafüggetlen hálózatban a bonyolultság, a diverzitás okozza a stabilitásnövekedést. A diverz, skálafüggetlen hálózatok alaptulajdonsága a sok gyenge kapcsolat megléte.

Barabási (2016: 291) leírja, hogy a hálózatok robusztusságának (a változásokkal kapcsolatos ellenálló képességének) elemzését a *Nature* folyóirat cikke *(A komplex hálózatok támadás- és hibatűrése)* indította el. A skálafüggetlen hálózatok robusztusabbak mint a véletlen hálózatok, de felmerül a kérdés: meddig marad stabil egy skálafüggetlen hálózat. Barabási (2016: 297–302) megállapítja, hogy van a csomópontoknak egy minimális kapcsolati száma, amelyet meg kell tartania a rendszernek ahhoz, hogy ne veszítse el a stabilitását. Ez a minimális kapcsolati szám kettő, tehát egy csomópontnak legalább két másik csomóponthoz kell kapcsolódnia. Ez a megállapítás egyfajta „ökölszabályként" is felfogható (olyan útmutató, amely inkább a gyakorlaton, mint az elméleten alapul), mivel könnyen érthető és alkalmazható.

Barabási és Csermely kutatásai elsősorban a struktúrára vonatkoznak, arra, hogy az egyes csomópontok hogyan kapcsolódnak egymáshoz, de a rendszer viselkedésére, a folyamatok dinamizálására nem térnek ki. A következő fejezetek tartalmazzák a folyamat leírásához szükséges mennyiségi értékeket is az egyes csomópontok között.

2.2. INPUT-OUTPUT ELEMZÉS

Az input-output táblák alapján történő modellezés Leontief nevéhez fűződik, aki az elméletét az 1930-as években fejlesztette ki, kifejezetten a gazdasági kapcsolatokra vonatkozóan. Az input-output elemzés képes arra, hogy ábrázolja a szerveződésmintázatot a struktúra és a közöttük lévő kapcsolatok segítségével. A fő alkalmazási területén, a makrogazdaságban Leontief arra volt kíváncsi, hogy hogyan áramlanak a termékek és a szolgáltatások a gazdaságon belül. A gazdaságot szektorokra bontotta (pl. mezőgazdasági, ipari szektorok), ezek voltak a struktúra elemei. A szerveződésmintázat volt a struktúra elemei között a gazdasági javak áramlási

rendszere. A folyamat elemeit a szektorok között áramló mennyiségek mutatják, amit a gazdaságban pénzértékben, viszont az ökológiában továbbra is természetes mértékegységekben (energiaáramlás) fejeznek ki (bár maga a módszer statikus).

Az input-output táblázat mátrixjellegét kihasználva több olyan információt is nyerhetünk, amelyek hasznosak lehetnek a rendszer viselkedésének megértésében. Így például lehetővé válik, hogy vizsgáljuk a fogyasztás hatását a termelésre, és fordítva. A 2.4. dobozban bemutatjuk az input-output elemzés matematikai reprezentációját.

2.4. DOBOZ
INPUT-OUTPUT ELEMZÉS

M

Kiindulásként vegyünk egy input-output táblát: egy általánosított ágazati kapcsolatok mérleget (ÁKM), ami a szektorokat mind a sorokban, mind az oszlopokban tartalmazza, mert így bemutathatjuk a közöttük lévő pénzáramlást (2.1. táblázat).

2.1. táblázat: Egy általánosított ÁKM

T	Szektor 1	Szektor 2	…	Szektor *n*	**e**	**o**	**z**
Szektor 1	t_{11}	t_{12}	…	t_{1n}	e_1	o_1	z_1
Szektor 2	t_{21}	t_{22}	…	t_{2n}	e_2	o_2	z_2
…	…	…	…	…	…	…	…
Szektor *n*	t_{n1}	t_{n2}	…	t_{nn}	e_n	o_n	z_n
$\mathbf{m}'$	m_1	m_2	…	m_n			
$\mathbf{f}'$	f_1	f_2	…	f_n			
$\mathbf{z}'$	z_1	z_2	…	z_n			

Forrás: Kiss és munkatársai (2025)

A szektorok közötti forgalmat mutató belső mátrixot a **T** mátrixszal jelöljük, a szektorok közötti pénzáramlást (termelő felhasználás) pedig a táblázatban lévő t_{ij} értékek mutatják. A sorok szerint értelmezve: a t_{12} jelentése: az 1. szektorból a 2. szektorba t_{12} pénzmennyiség áramlik, tehát a teljes sor mutatja, hogy a megtermelt termékeket, szolgáltatásokat az 1. szektor hogyan osztja el. Az oszlopok szerint értelmezve azt látjuk, hogy mit kapnak a szektorok ahhoz, hogy termeljenek. A táblázat oszlopainak és sorainak az összegei megegyeznek, az oszlopok összegei a $\mathbf{z}'$ sorvektorban (alsó sor), míg a sorok összegei a **z** oszlopvektorban (jobb szélső oszlop) találhatók. A „′” jelöli a sorvektort, különben oszlopvektorról van szó. A táblázat alján az $\mathbf{m}'$ jelenti az országba beérkező importot, az $\mathbf{f}'$ pedig a hozzáadott értéket, mint a bérek, nyereség,

amortizáció. A táblázat jobb oldalán az **e** jelenti az országból kiáramló exportot, az **o** pedig az ország saját fogyasztását (beleértve a beruházást is). A számítások miatt összegezzük az importot és az egyéb hozzáadott értéket egy sorvektorba: $\mathbf{x}' = \mathbf{m}' + \mathbf{f}'$, a végső felhasználást és az exportot pedig egy oszlopvektorba: $\mathbf{y} = \mathbf{o} + \mathbf{e}$. A sorok összege $z_i = \Sigma_j t_{ij} + e_i + o_i$; az oszlopok összege: $z_j = \Sigma_i t_{ij} + m_j + f_j$. Ezekből az adatokból többféleképpen is kiszámolható a rendszer teljes termék- és szolgáltatásáramlása (total system throughput – TST), pl. $\Sigma_j z_j$.

Amit az ország az alapanyagként felhasznált termékek és a szolgáltatások értékéhez hozzáad (**f′**) *az a GDP értéke, de a GDP-t lehet követni a felhasználási adatokon keresztül is.* Amennyiben az export és az import egyforma, akkor a saját fogyasztásunk (**o**) pontosan megadja a GDP-t. Ha nagyobb az export, mint az import, akkor az azt jelenti, hogy a megtermelt GDP-ből még többletünk is van, ekkor az **o**-hoz még hozzá kell adni az export és az import különbségét (Perman és mtsai 2011: 257).

A szektorok közötti áramlást nemcsak abszolút, hanem relatív mennyiségekben is ki lehet fejezni, ahol az áramlás arányait nézzük. Az arányokat egyszer úgy is ki lehet számolni, hogy hogyan épülnek fel az egyes szektorok (oszlopok), azaz melyik szektortól milyen inputot kapnak ahhoz, hogy majd outputot állítsanak elő. Ezt az oszlopösszegek (z_j) értékéhez viszonyítva számítják, és a_{ij}-vel jelölik: $a_{ij} = t_{ij} \div z_j$. Az a_{ij} értékeket technikai együtthatóknak is nevezik, mátrixformában kifejezve: **A** (technikai mátrix). Másféleképpen is ki lehet számolni (lásd Ghosh 1958), ahol a sorok szerint képezzük az arányokat, tehát a szerint, hogy az egyes szektorok hova adják tovább az outputjaikat. Ezt jelöljük b_{ij}-vel: $b_{ij} = t_{ij} \div z_i$. A b_{ij} értékeket allokációs együtthatóknak is nevezik; mátrixformában kifejezve: **B** (allokációs mátrix). A belső felhasználás (**T**) elemeit ehhez hasonlóan vissza is kaphatjuk: $t_{ij} = a_{ij} \times z_j$. A **T** sorösszegeit egy oszlopmátrixba rendezhetjük (**t**) a **z′** segítségével. Láttuk a z_j -ből, hogy a **z′**-ről (sorvektorról) van szó, az **A** mátrixszal való szorzásnál viszont oszlopvektorra van szükségünk, hogy oszlopvektort kapjunk. Így a **z′**-t transzponálni kell a szorzáshoz ($\mathbf{z}'^{\mathrm{T}}$), tehát: $\mathbf{t} = \mathbf{A}\mathbf{z}'^{\mathrm{T}}$. Mivel a „′” és a T is transzponálást jelent, ezért a $\mathbf{z}'^{\mathrm{T}}$ felírható úgy is, mint $\mathbf{z}^{\mathrm{TT}}$ azaz **z,** tehát $\mathbf{A}\mathbf{z}'^{\mathrm{T}} = \mathbf{A}\mathbf{z}$. Ha ehhez hozzáadjuk az **y** vektort, akkor megkapjuk a **z** oszlopvektort: $\mathbf{z} = \mathbf{A}\mathbf{z} + \mathbf{y}$, ami a következő számítások követését is megkönnyíti.

Leontief gazdasági szempontból fejlesztette ki a módszert, ezért azt szerette volna tudni, hogy a növekedés milyen erőforrás-igényes, azaz, ha valaki növelni szeretné a végső felhasználását (**y**), akkor – az adott gazdasági struktúrában, amit az **A** mátrix testesít meg – mennyivel több erőforrást kell kívülről igénybe venni. Ezért is nevezik ezt keresletorientált megközelítésnek. Azt nem teheti meg, hogy egyszerűen növeli az **y** mennyiségét valamennyivel, mert a bonyolult gazdasági kapcsolatrendszer miatt nem tudja visszafejteni,

hogy mi minden kell is ehhez. Ezért olyan megoldást kellett találni, ahol ezt a kapcsolatrendszert is ki tudja fejezni. Ezért átrendezte a képletet: $\mathbf{z} - \mathbf{Az} = \mathbf{y}$, azaz $(\mathbf{I} - \mathbf{A}) \times \mathbf{z} = \mathbf{y}$ formára (ahol az **I** egységmátrix), ami már megadja az adott struktúrának megfelelő inputokat:

$$\boldsymbol{z} = (\boldsymbol{I} - \boldsymbol{A})^{-1}\, \boldsymbol{y} \text{ azaz } \boldsymbol{z} = \boldsymbol{Ly} \tag{2.2}$$

ahol az $(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$ elnevezése a Leontief inverz (**L**), tehát röviden: $\mathbf{z} = \mathbf{Ly}$. Az **L** már egy olyan mintázat, ami megragadja a folyamatok bonyolult kapcsolatrendszerét. Alkalmas arra is, hogy az outputváltozás inputigényét meg lehessen vele határozni. Tehát megmutatja, ha egy egységgel változtatom az outputot, ahhoz milyen szintű inputváltozás társul. Ezzel pedig már ott is vagyunk a differenciálszámításnál. Ha a korábbi **y** helyett a végső felhasználás változik $\mathbf{y}^{new}$-ra, akkor az $(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}\mathbf{y}^{new}$ megadja a megváltozott végső felhasználáshoz szükséges inputigényt ($\mathbf{z'}^{new}$). Az **y** a saját fogyasztás és az export összegének oszlopvektora, de ebből a szempontból lényegtelen, hogy melyiket akarjuk növelni. Az $\mathbf{Az'}^{new}$ segítségével kiszámolható az új $\mathbf{T}^{new}$ mátrix, innen a $\mathbf{t'}^{new}$ is, így – maradékelven – megkapjuk az új $\mathbf{x'}^{new}$ sorvektort ($\mathbf{z'}^{new} - \mathbf{t'}^{new}$) is (ami az import és az egyéb hozzáadott érték módosult összege). Miller és Blair (2009: 19–38) leírja és példákkal illusztrálja a módszertant.

Bizonyos esetekben – például az ökológiai rendszereknél – az elemzés fordított utat kíván, mivel az inputváltozás hatása az outputváltozókra sokkal lényegesebb. Az input-orientáltság akkor is szerepet játszik, ha pl. sokkhatásokat szeretnénk vizsgálni. Ökológiai szempontból a kérdés: ha valamelyik fajt betegség vagy erdőírtás ritkítja, akkor az hogyan hat az adott élőhelyből a másoknak juttatandó outputokra? Ezért itt a Ghosh által javasolt allokációs mátrixot veszik alapul. Itt a belső mátrix összegző vektora a $\mathbf{z}^{T}\mathbf{B}$ lesz (hogy sorvektort kapjunk); a mátrixszorzás szabályai miatt kell így felírni. Az előzőekben a végső felhasználásra (mi megy ki a rendszerből) orientálódott $\mathbf{z} = \mathbf{Az'}^{T} + \mathbf{y}$ képlet most a következőképpen néz ki: $\mathbf{z'} = \mathbf{z}^{T}\mathbf{B} + \mathbf{x'}$, ahol az $\mathbf{x'} = \mathbf{m'} + \mathbf{f'}$. Mivel összegszerűen $\mathbf{z'} = \mathbf{z}^{T}$, ezért ez ugyanaz, mint a $\mathbf{z'} = \mathbf{z'B} + \mathbf{x}$. Innen ezt is átrendezhetjük a következőképpen: $\mathbf{z'} - \mathbf{z'B} = \mathbf{x'}$, $\mathbf{z'}\,(\mathbf{I} - \mathbf{B}) = \mathbf{x'}$, tehát

$$\boldsymbol{z'} = \boldsymbol{x'}(\boldsymbol{I} - \boldsymbol{B})^{-1} \text{ azaz } \boldsymbol{z'} = \boldsymbol{x'G} \tag{2.3}$$

Ebben az egyenletben az **L** Leontief-inverz helyett **G**, az ún. Ghosh-inverz szerepel, vagyis $(\mathbf{I} - \mathbf{B})^{-1}$, tehát $\mathbf{z'} = \mathbf{x'G}$. Látható, hogy itt az új inputértékeket lehet megadni, amiből megkapjuk az új végsőfelhasználás-értékeket, ezért ez egy kínálatorientált megközelítés. Erről a módszertanról részletes leírást és magyarázatokat olvashatnak pl. Miller és Blair (2009: 543–549) könyvében.

A 2.4. dobozban leírtak szerint lehetőség van arra, hogy vizsgáljuk a rendszerbe bemenő és a rendszerből kijövő elemek hatását az egész rendszerre vonatkozóan. Milyen változtatások kellenek ahhoz, hogy több jöjjön ki a rendszerből, illetve milyen változásokat okoz az, ha kevesebb megy be a rendszerbe. Leontief eredetileg mennyiségekre tervezte a módszertant, az árakat csak a kezelhetőség miatt vette bele (Miller és Blair 2009: 41). Miller és Blair a könyvükben átfogó irodalmi áttekintést adnak az árak által bevitt problémákról és egyéb módszertani kérdésekről, sőt még a módszertan környezetvédelmi használatáról is. Az alapmódszertan azonban nagyon jól használható. Perman és munkatársai (2011: 257) olyan, a környezeti tényezőkkel kapcsolatos alkalmazást írnak le, amelyben bemutatják, hogy ha ismerjük az egyes szektorok olajfogyasztását, akkor annak részarányából vissza lehet számolni az egyes változatok olajfelhasználási vonzatát.

Az input-output elemzés módszertana több dologban is segítségünkre lesz a következőkben. Ezt a módszertant alkalmazzuk majd, amikor mátrixformában ábrázoljuk a struktúra elemei közötti kapcsolatrendszert, de az alkalmazott elemzési módszertan is hasznos lesz mindjárt a következő fejezetben, az ökológiai hálózatelemzésnél.

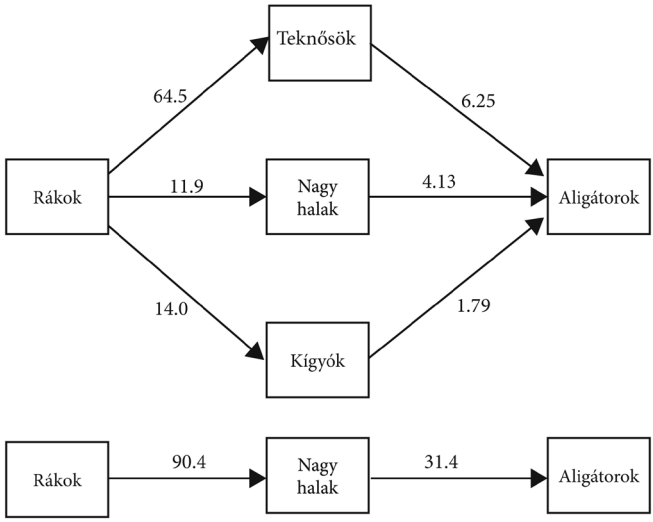
2.3. ÖKOLÓGIAI HÁLÓZATELEMZÉS

Ebben a fejezetben a természet bölcsességének egy újabb elemét számszerűsítjük: az élő rendszerek szervezettségi szintjét. Az ökológiai rendszerek táplálékláncának elemzésére Hannon (1973) és Ulanowicz (1980, 1986, 2009) olyan hálózatelemzési módszertant dolgoztak ki, amely alkalmas a tápláléklánc modellezésére, részben az input-output elemzés módszertanának felhasználásával. A gazdasági szektorokat megfeleltetik az egyes élőhelyeken található alrendszereknek (pl. termelők, fogyasztók, lebontók), valamint felhasználják az *entrópia* fogalmát is. Ezek együttesen alkotják az ökológiai hálózatelemzés egy ígéretes módszertanát (Ecological Network Analysis, ENA – a továbbiakban az angol rövidítést használjuk). Hannon megfogalmazásában: egy ökológiai rendszer struktúráját tárják fel, bemutatva a rendszer közvetlen és közvetett energiafüggőségeit.

Két jelentős iskola alakult ki ezen a területen. Az egyik az ENA, amely Ulanowicz nevéhez fűződik, a másik a Bernard Patten-féle megközelítés, amely 1976 óta Network Environ Analysis (NEA) néven ismert (lásd például Fath és Patten 1999). A két módszertant pl. Scharler és Fath (2009) mutatja be részletesen. A mindkét módszertant tartalmazó szoftvercsomag az *enaR* „Gnu-R" környezetben fut (Borrett és Lau 2014), amely elérhetővé teszi a módszereket szélesebb kutatórétegek számára is. A 90-es évek elején is kifejlesztettek egy külön szoftvercsomagot – (Eco) Netwrk – amely az Ulanowicz-iskola módszertanának megfelelően futtatja ezeket az elemzéseket (Ulanowicz és Kay 1991). Az *enaR* szoftvercsomagon keresztül is hozzáférhetők ezek a leírások, adatbázisok. A könyvben az Ulanowicz-féle megközelítést mutatjuk be.

Az ökológiai rendszer analógiája számos felhasználási lehetőséget kínál. Például a város is felfogható úgy, mint egy metabolikus rendszer, és így már modellezhető az ENA módszertanával (például Kiss és Kiss 2018; Zhang és mtsai 2015; Bodini és mtsai 2012 vagy Minx és mtsai 2011).

Az ökológiai hálózatelemzés során elsősorban az anyag- és energiaáramlást vizsgálják (pl. szén, nitrogén) egy adott ökológiai rendszeren belül (Borrett 2013). Ebben az értelemben adódik az a logikai kapcsolatrendszer, ahogy a táplálékklánc ténylegesen felépül, mint például a 2.2. ábrán látható példában, a rákok (*prawns,* első szint) – a teknősök, a kígyók és a nagy halak (második szint) – és legvégül az aligátorok (harmadik szint) energiaáramlási rendszerében (Goerner és mtsai 2009).



2.2. ábra: Egy táplálékklánc szénforgalma, egy évben – mg C / (m^2 év)
Forrás: Ulanowicz és munkatársai (2009)

A 2.2. ábrán látható, hogy a táplálékklánc alapját a rákok alkotják, erre épülnek rá a középszintű ragadozók, mint a teknősök, a kígyók és a nagy halak, és végül a csúcsragadozók, az aligátorok. A mintapélda a felső ábrán mutatja ezt az állapotot, benne a szénmennyiségek áramlásával. A rendszer szempontjából az aligátorok számára a nagy halak a legjobbak, mert onnan kapják a legnagyobb hatékonysággal a szénmennyiséget (alsó ábra), de mégis mindhárom állatból esznek. Azonban nem esznek meg mindent, mert akkor elaprózná a saját energiájukat, hanem kiválasztják azt a három állatot, amely számukra a legmegfelelőbb – az ábrán lévő három középszintű ragadozót. A 2.5. dobozban egy-két módszertani részletet is közlünk az ökológiai rendszereknek az input-output elemzésével kapcsolatban.

2.5. DOBOZ
KAPCSOLAT AZ INPUT-OUTPUT ELEMZÉSSEL

M

A 2.1. táblázat alapján számolható egy allokációs mátrix (lásd a 2.4. dobozban a **B** mátrixot), ahol az egyes együtthatók azt jelentik, hogy az adott szinten található tápanyag milyen arányban hasznosul a többi szinten. Például a rákokban lévő összes széntartalomból a táplálkozási láncban mennyi jut a teknősöknek, a kígyóknak és a nagy halaknak. Alkalmazzák mindkét mátrixtípust (technikai és allokációs): pl. Scharler és Fath (2009) vizsgálják a tápláléklánc mindkét irányultságát, de alapértelmezésben az allokációs mátrixot használják (pl. Lenzen 2007), és legfeljebb csak megemlítik a másik elemzési típus lehetőségét. Ennek egyik oka Borrett (2013) szerint az, hogy az ökológiai rendszerek termodinamikailag nyitottak, inputként kapják az energiát, anyagot, és a kilégzés, anyagcsökkenés stb. egyfajta energiaveszteség. Erre hivatkozik Szyrmer és Ulanowicz (1987), valamint Suh (2005) is. Mindkét utóbbi tanulmányban fontosnak tartják, hogy ne csak az energiaveszteséget, hanem az exportot (más ökológiai rendszernek átadott anyagáramot) is meghatározzák, de több esetben (pl. Borrett 2013) ettől eltekintenek. Ebből következően az allokációs mátrixból indulnak ki az inputváltozások hatásának mérése érdekében, tehát a kínálatvezérelt elemzések a gyakoribbak.

A 2.5. dobozban viszontlátjuk az 1.3. fejezetben tárgyaltakat: a homeosztázis szerint a nyitott rendszerek képesek egy statikus egyensúlyi helyzettől távol lévő dinamikus egyensúlyban tartani magukat azzal, hogy anyagot és energiát vesznek fel kívülről, és a maradékot a rendszeren kívülre bocsátják (ahol már várják őket más rendszerek, akik abból élnek).

Amint azt az 1.4.3. fejezetben tárgyaltuk, Gibbs és Shannon ugyanazt az entrópiaképletet használta különböző célokra. Ulanowicz ugyanezt az elvet alkalmazta az ökológiai hálózatok elemzésénél (lásd pl. Ulanowicz és mtsai 2009) az ENA kidolgozása során. A 2.6. dobozban leírjuk, hogy az entrópiát hogyan vezetik át az ENA módszertanába. Ebben a dobozban olyan mutatókat ismertetünk, amelyek segítségével meg lehet állapítani, hogy az adott szervezet még túl redundáns-e, azaz nem rendelkezik még a megfelelő operatív hatékonysággal (például az aligátorok nemcsak a második szint állatait, hanem mindent megesznek), vagy már túl hatékony, és emiatt törékennyé válik a külső behatásokkal szemben (az aligátorok csak a nagy halakat eszik meg). Ennek meghatározására kifejlesztettek egy indikátort (α). Amennyiben a redundancia és a hatékonyság optimális arányban van jelen, akkor a rendszer valószínűsíthetően hosszú távon is életképes (életképességi mutató, *FE* – Fitness for Evolution). A differenciálszámítás segítségével azt is meghatározhatjuk, hogy a táblázatban az egyes értékeket, azaz a kapcsolatok erősségét hogyan

kellene módosítani ahhoz, hogy a rendszer közelebb kerüljön ehhez az életképességi optimumhoz (ezek az r_{ij} értékek, lásd a 2.7. dobozt). Bár ezek az értékek csak matematikai konstrukciók, de alkalmasak arra, hogy a rendszert ismerő megfelelő útmutatásokat kapjon a rendszer struktúrájának átformálásához.

2.6. DOBOZ
ÖKOLÓGIAI HÁLÓZATELEMZÉS – ALAPOK

Mivel az ökológiai hálózatokat is mátrixformában ábrázolják, ezért innentől a képleteket mi is a mátrixformának megfelelően adjuk meg, tehát a sor-oszlop jelölésekkel. Az entrópiafogalom kialakulását, az általános jellemzőit és elterjedtségét az 1.4.3. fejezetben vizsgáltuk, és a következőkben az ökológiai alkalmazhatóságát mutatjuk be. Az entrópiaképlet – ami megegyezik az 1.4.3-ban tárgyalt Gibbs–Boltzman-képlettel – a következő:

$$\mathrm{H} = -\sum_{i,j} p_{ij} \log_2 p_{ij} \tag{2.4}$$

Itt a teljes rendszer lehet egy vállalat, egy ágazat vagy egy ökológiai társulás, amit a megfelelő rendszerelemekkel az input-output táblázatok szerkezetéhez igazítva írunk fel. Ahogy a 2.4. dobozban kiszámoltuk a termelőfelhasználás elemeire az a_{ij} értékeket, ugyanúgy számoljuk ki itt a teljes mátrixra vonatkozóan a p_{ij} értékeket (az egymás közötti kapcsolatok valószínűség-értékei).

Ahogy azt az 1.4.3. fejezetben kifejtettük, a rendezettség és a rendezetlenség közötti állapotot kell megragadnunk ahhoz, hogy megállapítsuk a rendszer éppen aktuális rendezetlenségi szintjét (entrópiáját). Mint láttuk, zárt rendszerben megfigyelhető az állandó rendezetlenség felé törekvés, tehát ha az időt vesszük, akkor ezt a folyamatot ábrázolva balról jobbra egyre rendezetlenebb lesz a rendszer. A rendezetlenségi szint megállapítása azonban egyben a rendezettségi szint megállapítása is, amit ezért negentrópiának is neveznek, és ennek az iránya már fordított: úgy képzeljük el, mint ami balról jobbra ábrázolva egyre nagyobb lesz (és nem egyre kisebb, mint az entrópiánál). A 2.3. ábrán a „p – valószínűség" vonalát ennek megfelelően kell majd értelmezni: jobbra tartva egyre jobban szervezett rendszert kapunk. Az elején még minden kialakulhat, például, ha leég egy erdő, vagy a gazdaságban, egy új iparágban kialakulnak a kisvállalkozások, akkor ott van minden növény és vállalkozás előtt a lehetőség. Egy adott pontot nézve a vízszintes tengely elején nincs meg bennünk az az emberi elvárás, hogy a növénytársulás majd rendeződik, vagy a kisvállalkozások között nagyobb erővel bíró vállalkozások alakulnak ki. Egy statikus helyzetet értelmezünk, amelyben a várt rendezetlenségi szint van, azt hisszük, hogy a kisvállalkozások a végtelenségig maradnak. Ha beindul a struktúrálódás, azaz erősödik a rendezettség, akkor ez – a rendezetlenségi szinthez mérten – váratlan fejlemény. Egy nagyobb, erősebb

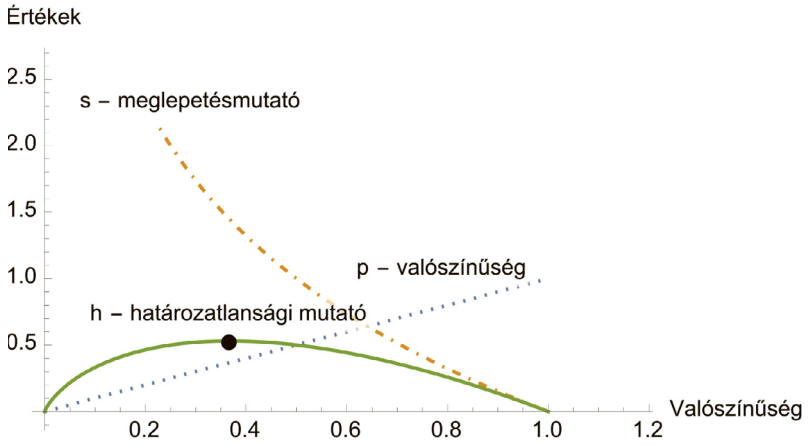
vállalat megjelenése vagy egy kisebb eltűnése is már meglepetésnek számít. A várakozástól eltérő p_{ij} értékeket a (2.4) képletben szereplő logaritmusértékkel teszik hangsúlyossá ($\log_2 p_{ij}$) és meglepetésfaktornak is hívják (s).

$$s_{ij} = -\log(p_{ij}) \tag{2.5}$$

A 2.3. ábra jobb oldalának szélén levő gazdasági szervezeti struktúrát úgy lehet értelmezni, mint egy monopóliumot, amikor a rendezetlenség, redundancia, sokféleség már régen eltűnt, csak az van, amit a monopolhelyzetben lévő vállalat akar. Ez a helyzet matematikailag már könnyen kódolható: az információ továbbítása kis sávszélességben megoldható. A H (2.4) a h_{ij} értékek összegzése:

$$h_{ij} = -p_{ij}\log(p_{ij}) \tag{2.6}$$

A h, a p és az s értékeket a következőképpen ábrázolhatjuk (2.3. ábra):



2.3. ábra: A h, p és az s (= log p) ábrázolása
Forrás: saját szerkesztés

Az ábrán a h mutatót vizsgálva láthatjuk, hogy a fekete ponttal jelölt helyzetben maximális a mutató, és a vízszintes tengelyen ebben a pontban (kb. 0,368-nál) maximális az értéke. Tehát ha egy ebben a pontban lévő rendszert nézünk, akkor látjuk, hogy az még eléggé redundáns, de már van benne egyfajta rendezettség is. Emiatt a köztes állapot miatt nevezik határozatlansági mutatónak: valahol a véletlen és a teljesen meghatározott között. Ulanowicz érdeme volt, hogy ebből kiindulva az ökológia szempontjából fontos dologra világított rá: az optimális működési struktúrára, amit valahol a h mutató maximuma körül kell keresni. Ha kiválasztunk egy tetszőleges pontot a vízszintes tengelyen, azaz egy szervezet egy adott helyzetben lévő szervezettségi szintjét, az két

részből tevődik össze: a már előrehaladott szervezettségi állapotból és a még lehetséges fejlődési lehetőségekből.

Az input-output táblázatot eredetileg gazdasági rendszerek számára hozták létre, de az ökológiai rendszerek számára is megfelelő, néhány különbséggel.

a) Az ökológiai rendszereknél a természetes mértékegység (általában az energia, azaz a széntartalom) az egyenértékes, amit a tápláléklláncok feltárásánál használnak. Ezzel mérik a kapcsolatok erősségét.
b) Ott nem fizetnek béreket, és nincs pótlólagos hozzáadott érték, hanem csak import van: a többi rendszerből származó energia.
c) A diagonális elemek nullák, azaz nincs saját fogyasztás, hanem az a kimeneti oldalra tevődik át, mint pl. a kilélegzés által távozó „veszteség". Ezenkívül van még itt is export, azaz a többi rendszer számára biztosított energia.
d) Vannak továbbra is olyan eszközeik, amelyek a termelőfelhasználás és a Leontief- (Ghosh)-inverzek segítségével mérnek mutatókat, mint a centralitás és a belső körforgás. Használnak olyan mutatókat is, ahol a **T** mátrix az egész mátrixot magában foglalja, input- és outputváltozókkal együtt, mondván, hogy azok is a kapcsolatrendszer részei.

Az érett ökológiai rendszerek eléggé redundánsak (az aligátor három állatot is eszik) de ugyanakkor elég hatékonyak is (nem esznek meg mindent). A diverzitás önmagában nem elég – ha nincs működési hatékonyság, a rendszer nem működőképes. A túlzott hatékonyság azonban nagyon labilissá, sebezhetővé teszi a rendszert. Így, ha a 2.2. ábra alsó részében lévő stratégiát követnék az aligátorok, akkor a nagy halak kipusztulása az aligátorok kipusztulását is jelentené. A rákok meglétét ebben a rendszerben adottnak vesszük, de ha azok is eltűnnek, akkor a felső rendszer is működésképtelenné válhat.

Az ökológiai rendszereknél alkalmazott módszertan a szervezettségi szint vizsgálatához az egész rendszert közvetlenül beleveszi a számításokba, az input- és outputoldali változókkal együtt. Nem különítik el a rendszerbe kívülről érkező és kívülre távozó elemeket (lásd a 2.6. doboz d) pontját). Így alakítják ki azokat a mutatószámokat, amelyek egy konkrét becslést adnak a rendezettségi állapotra. Ami az ENA nagy előnye: egyetlen mutatóban össze tudja foglalni a rendezettség állapotát, így meg lehet becsülni egy (ökológiai vagy egyéb) rendszer szervezettségi szintjét. Ezáltal érzékelhetjük azt, hogy létezik egy dinamikus egyensúly, amelyet ezek a rendszerek fenntartanak (homeosztázis, 1.3. fejezet). A dinamikus szerkezeti egyensúly kiszámítását a 2.7. dobozban mutatjuk be.

Az eddigiekben feltártuk egy optimális vagy reziliens struktúra jellemzőit és azt, hogy ehhez képest a vizsgált szervezet milyen állapotban van: túl redundáns-e, avagy túl hatékony. Egy tápláléklánc esetében meghatározható még a méret is,

2.7. DOBOZ
ENA – A RENDSZER ROBUSZTUSSÁGA

M

Az ebben a dobozban bemutatott számítások igénylik a teljes **T** mátrix, a teljes rendszer elemzését, a külső inputokkal és outputokkal együtt. Ahhoz, hogy mérni tudjuk a rendezettséget, tudnunk kell, hogy azt mihez mérjük, tehát mit tekintünk rendezetlenségi állapotnak. Az első lépés így annak az állapotnak a meghatározása, amit várunk egy rendszertől. Induljunk ki a *H* mutatóból: Ahogy a gazdaságban is, ha már elértünk egy bizonyos fejlettségi szintre, vannak kisebb-nagyobb szereplők (a részrendszerek), hiszen az ipar, a mezőgazdaság stb. mérete nyilván nem ugyanakkora. Ugyanígy, az ökológiai rendszereknél más és más a mérete az ökológiai társulásokban az egyes alrendszereknek (pl. termelők, fogyasztók, lebontók). A 2.1. táblázatban ezek a méretek a sor- és oszlopösszegek (a *z* értékek). Ha csak azt szeretnénk kiszámolni, hogy a méretek alapján az egymás közötti kapcsolatok milyen valószínűsége várható, azt az úgynevezett együttes valószínűségekkel tehetjük meg, amelyek az egyes alrendszerek arányainak szorzatai. Ha a valóságban nem ezeket a valószínűségeket kapjuk, az meglepetésként ér bennünket. Mivel a meglepetésértékeket logaritmusértékekkel fejeztük ki, a mérhetőség kedvéért ugyanazon a skálán kell kifejezni az együttes valószínűségeket; jelöljük ezt *Expecteddel,* mint az alrendszerek nagyságrendjének megfelelően várt valószínűség-értékeket. A (2.5) ismertetésekor már jeleztük, hogy a kapcsolatrendszerek által előállt csoportosulások, szövetségek, kisebb élőhelyek, mivel ezek már a rendezetlenségből előtörő, emergens csoportosulások, a nagyobb p_{ij} értékeknek köszönhetően meglepetésnek számítanak (s_{ij}). Ezért a strukturális rendezettség kimutatására a meglepetésértékek és a várt, a meglepetésskálán mért értékek különbségét vesszük. Ez a következőképpen fejezhető ki:

$$(2.7)\quad \boldsymbol{x_{ij}^{s}} = s_{ij}^{Expected} - s_{ij} = -k\log(p_{i.}p_{.j}) - \left[-k\log(p_{ij})\right] = k\log\left(\frac{p_{ij}}{p_{i.}\,p_{.j}}\right)$$

Itt az *x* értéket a meglepetésskálán mérjük, a $p_{.i}$ és $p_{j.}$ értékek pedig a sorok és oszlopok (azaz a részrendszerek) összege (a z_i és z_j értékek megfelelői). Ezeket az értékeket összegezve jutunk el a rendszerszintű strukturális szervezettség mutatójához (az x_{ij}-nél már elhagyjuk az *s*-jelölést):

$$(2.8)\qquad X = \sum_{ij} p_{ij}x_{ij} = k\sum_{ij} p_{ij}\log\left(\frac{p_{ij}}{p_{i.}\,p_{.j}}\right)$$

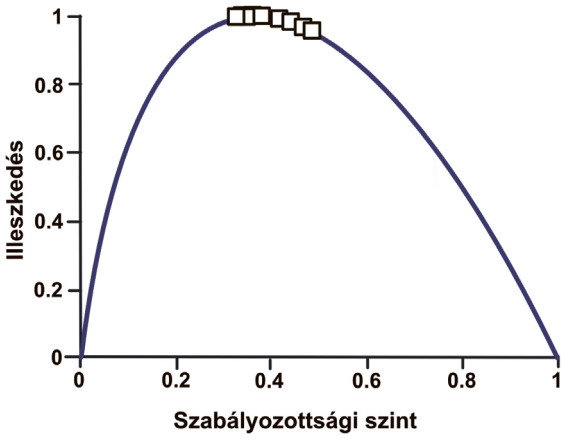
Ez már összevethető az induló *H* értékkel (2.4), ami a már rendezett és rendezetlen részt egyben tartalmazza. Ezen belül az *X* megadja, hogy abból mennyi a rendezettség. Így a rendezettség mértéke:

$$(2.9)\qquad \alpha = \frac{X}{H}$$

A szabad kapacitás, amit még fel lehet használni esetlegesen a szervezettségi szint növelésére, a kettő különbsége: $\Phi = H - X$. Ezt az értéket úgy is hívják, mint feltételes entrópia, ami azt mutatja, hogy az X ismeretében mennyi változtatási, változási lehetőség marad a rendszerben. Amennyiben a rendszer ezt a szabad kapacitást ténylegesen a rendezettség növelésére fordítja, úgy a vízszintes tengelyen a rendszer jobbra tolódik, megváltozik a H és az X értéke is, ami a számítás megismétlését igényli, de a strukturális rendezettség szintje magasabb lesz. Így mondhatjuk, hogy annál nagyobb lesz az a értéke, minél inkább jobbra található az adott szervezet az ábrán. Amennyiben már csak egyetlen vállalat maradt az adott ágazatban, az a értéke – valószínűsíthetően – egy 1-hez közeli érték lesz. Másképpen fogalmazva: minél nagyobb az α értéke, annál hatékonyabb a rendszer. Ulanowicz kialakított egy olyan mérőszámot is, ahol a rendszer életképességi (vagy túlélési) indexét méri (*FE,* fitness for evolution). Ez egyfajta robusztusságot mérő szám, ahol α értékét ugyanolyan transzformációnak vetjük alá, mint a valószínűségeket az entrópia számításakor, és ezzel kaphatunk egy optimumot:

$$FE = -e\alpha^{\beta} \ln\left(\alpha^{\beta}\right) \tag{2.10}$$

ami a legjobban tükrözi a rendszer túlélési képességét. Az e érték az 1-re való normálást végzi, a kitevőben szereplő β segítségével az optimum illeszthető a különböző rendszerekre jellemző ideális értékhez. A 2.4. ábrán a 12 csomópontnál többel rendelkező ökológiai rendszerek *FE*-mutatói láthatók. Az adatok az α – vagyis a szabályozottsági szintet jelző vízszintes tengely – körülbelül 0,36–0,4 közötti tartományában koncentrálódnak. A fizikai rendszereknél a végső állapotot – maximális entrópiát – felvevő statikus egyensúlyi



2.4. ábra: A sok csomóponttal rendelkező ökológiai rendszerek FE-értékei
Forrás: Goerner és munkatársai (2009) alapján

helyzet itt megfeleltethető a teljes redundanciának, tehát a 0 pont körül van. Az *FE*-érték ad egy jelzést arra vonatkozóan, hogy ettől a statikus egyensúlyi helyzettől milyen messze helyezkedik el ez az élő rendszereket jellemző dinamikus egyensúlyi állapot (*FE*): közelebb a redundanciához, mint a teljes működési hatékonysághoz (ami a jobb oldal, az 1 érték körül, a teljes rendezettség állapota).

Megjegyzendő, hogy az érett ökológiai rendszereknél – tapasztalati adat, saját számítások alapján – is különbözik az érték az 1 / e-től: 0,3985 az Ulanowicz által közzétett, valós rendszerekre vonatkozó értékeiből számolva (vagy röviden 0,4, ami az Ulanowicz által megadott tapasztalati érték). A β értékét 1,0869-re kell állítani ahhoz, hogy az α optimális értéke 0,3985 legyen. Itt utalunk arra, hogy az 1.1. dobozban bemutatott aranymetszésnek megfelelő szám a 0,382, ami azt jelzi, hogy ez a dinamikus egyensúly valahol tükrözi a természet szabályalkotási törvényszerűségeit is.

Folytatva tovább a matematikai megalapozást, az *FE* optimális értékének (a rendszer robusztusságának a kifejezője) az elérésére is kaphatunk segítséget. A *H* és az *X* értékeit valószínűségekből számítottuk ki, és azok visszalakíthatók az eredeti nagyságrendre. Amennyiben *T* az eredeti értékeket tartalmazó mátrix, úgy a *H* értékéből számolva a $C = H \times T..$ megadja a rendszer – tényleges értékben mért – kapacitását (a két pont a mindkét index szerinti összegzést jelöli). Ugyanígy, a rendszer robusztusságát Ulanowicz (2014) az *FE* értéknek az eredeti nagyságrendbe történő visszalakításával fejezi ki: $R = FE \times T...$ Az *R* nagyon fontos strukturális mutatószám pl. az optimális rendszer kialakításához szükséges változtatások bemutatására. Ehhez az *R*-t az egyes T_{ij}-értékek szerint deriválják, így megkapják azokat az értékeket, amelyek megmutatják, hogy az egyes T_{ij}-értékeket hogyan és milyen irányban kell változtatni ahhoz, hogy a rendszer az optimum felé mozduljon el. A számítás módja a következő (Ulanowicz 2014):

$$r_{ij} = \frac{\partial R}{\partial T_{ij}} = FE + \frac{T..FE'}{C}\left\{ln\left[\frac{T_{ij}T..}{T_{i}.T_{\cdot j}}\right] + \alpha ln\left[\frac{{T_{ij}}^2}{T_{i}.T_{\cdot j}}\right]\right\} \quad (2.11)$$

ahol

$$FE' = -e\beta\alpha^{\beta-1}\left[ln\left(\alpha^{\beta}\right) + 1\right] \quad (2.12)$$

és

C a rendszer teljes kapacitása: $T.. \times H.$

Az egyes r_{ij}-értékek megmutatják, hogy milyen irányban és milyen léptékben érdemes fejleszteni a meglévő kapcsolatokat egy optimális, robusztus rendszer kiépítése felé. Ez csak az irány, és lehet, hogy több iteráció szükséges egy optimális rendszer kialakításához. Itt szerepet kap az optimális α érték, mert az r_{ij} értékek ehhez viszonyítva értelmezendők.

hány szintű maga a tápláléklánc, hány fontos társulásból áll (lebontók, fogyasztók stb.), vagy hányféle kapcsolata van – ezek általános szerkezeti jellemzők. A hálózatoknál a struktúrát az alrendszerek alkotják, és a folyamat maga a köztük lévő kapcsolatrendszer működése. Láthattuk a 2.2. ábrán ismertetett példán, hogy az egy kis méretű hálózat, különösen, ha egy ország gazdasági hálózatával hasonlítjuk össze. A közöttük lévő kapcsolatrendszer elég egyszerű, bár még lehetne egyszerűsíteni, ha például a krokodilok nem ennék a teknősöket, de bonyolultabb is lehetne, ha pl. a krokodilok a rákokat is ennék. Lehetne több „alaptáplálék", de

2.8. DOBOZ
ENA – A SÚLYOZOTT SZERKEZETI JELLEMZŐK KISZÁMÍTÁSA

M

A súlyozás egy komplex rendszer esetén fontos, mivel a kapcsolatok erőssége jelentősen módosíthatja az adott mutatók értékét. Zorach és Ulanowicz (2003) a súlyozott értékeket a következőképpen számolták ki a **T**, azaz a teljes rendszer segítségével:

(2.13)

$$K = \prod_{i,j}\left(\frac{T_{ij}^2}{T_{i.}\,T_{.j}}\right)^{-\frac{1}{2}\cdot\frac{T_{ij}}{T_{..}}}$$

$$N = \prod_{i,j}\left(\frac{T_{ij}^2}{T_{i.}\,T_{.j}}\right)^{\frac{1}{2}\cdot\frac{T_{ij}}{T_{..}}}$$

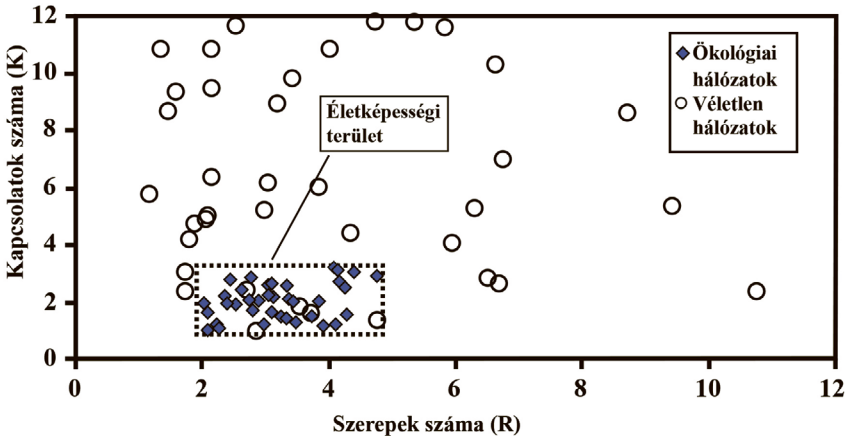
$$F = \prod_{i,j}\left(\frac{T_{ij}}{T_{..}}\right)^{-\frac{T_{ij}}{T_{..}}}$$

$$R = \prod_{i,j}\left(\frac{T_{ij}T_{..}}{T_{i.}\,T_{.j}}\right)^{\frac{T_{ij}}{T_{..}}}$$

A (2.13) képletben a *K* a rendszer súlyozott kapcsolati értéke, az *F* a súlyozás következtében kialakult átlagos folyamatérték, az *N* a hatékony csomópontok száma, és az *R* pedig a súlyozott értékek alapján kialakult szerepkörök száma a rendszerben. Ezeket az értékek a 2.2. ábrán látható példára vonatkozóan a következők: $N = 2{,}17$, $F = 3{,}27$, $K = 1{,}2$ és $R = 1{,}44$. Az *R* súlyozott értékéhez érdemes hozzátenni, hogy amennyiben egy rendszer minden eleme erősen kapcsolódik egymáshoz, akkor az a rendszer gyakorlatilag egy szerepet tölt be ($R \approx 1$). Ennél az 1,44-es értéknél a súlyozás már figyelembe veszi az egyes elemek rendszerszerű működését is.

a közbülső ragadozók is lehetnének többen, ami a rendszer kiterjedtségére utalhat. Az is látható, hogy meghatározott szerepeket töltenek be: alaptáplálék, ragadozók és csúcsragadozók, bár a ragadozók közötti kapcsolatrendszer – ami igazán külön szerepkört szánhatna nekik – hiányzik. Zorach és Ulanowicz (2003) alapján ismertetjük ezeket az általános szerkezeti tényezőket. A struktúrát alkotó csomópontok (N = nodes) száma az aligátoros példában 5. A közöttük lévő kapcsolatok, a folyamatok (F = flow) száma 6. Az N és az F meghatároznak egy átlagos kapcsolati szintet (K = connections) egy egyszerű átlagolással: $K = F \div N$, ami a példában 1,2. Ez a rendszer kiterjedtsége, „szélessége". Itt utaljunk vissza a 2.1. fejezetre, ahol Barabási nyomán megállapítottuk, hogy a rendszer stabilitása érdekében a minimális kapcsolati szint 2. Megállapítható, hogy hányféle szerepkört tölt be az adott rendszer (R = roles), aminek a kiszámítása: $R = N \div K$, ami a példában 5. Annyira kevéssé vannak összekötve a rendszerelemek, hogy minden csomópont egy külön szerepnek számít. Ez a mutató a rendszer „mélységét" fejezi ki. Gazdasági rendszereknél minél többrétegűbb egy folyamat (ellátói láncok egymásra épülése), annál nagyobb a rendszer mélysége. Ez a számítási módszer azonban nem pontos, mivel látható már a példából is, hogy nem egyforma erősségűek a kapcsolatok. A rákok és a teknősök között például nagyon erős az energiaáramlás: 63,5, míg a rákok és a kígyók között csak 14. A szerkezeti jellemzők pontosítása érdekében a kapcsolatok erősségével súlyozott mutatókat is kidolgoztak, amit a 2.8. dobozban mutatunk be.

A tényleges ökológiai rendszerekben a szerepek száma (R, a rendszer mélysége) és a kapcsolatok száma (K, a rendszer szélessége) egy meghatározott területre mutat, amit életképességi területnek (window of vitality, Zorach és Ulanowicz 2003) neveznek. A 2.5. ábrán láthatók a véletlen hálózatok és a tényleges ökológiai hálózatok által elfoglalt területek.



2.5. ábra: Életképességi terület
Forrás: Kiss és munkatársai (2019) alapján

A Leontief-féle input-output elemzés hasznos eszközökkel járult hozzá a táblázatok elemzéséhez. Az ökológiai rendszereket is fel lehet írni úgy, hogy a sor- és az oszlopösszegek egyezzenek, azaz alkalmasak legyenek az inverzmátrix kiszámítására. Így kihasználhatók az inverzmátrix létezéséből adódó előnyök a kereslet- és a kínálatvezérelt elemzéseknél egyaránt ([2.1] és [2.2] egyenlet). Ezek olyan fontos mutatókat határoznak meg, mint pl. a belső körforgás számszerűsítése, ami a rendszeren belüli szabályozott anyag- és energiaáramlás fontos értéke (1.3. fejezet). A belső körforgás indexe méri, hogy egy átlagos bemeneti egység (pl. energia) hányszor tovább marad a rendszerben a belső körforgás miatt, mielőtt elhagyná azt (Finn 1976: 369). Ennek a jelentőségét már egyszer tárgyaltuk az autopoiesis kapcsán (1.3. fejezet), és majd a helyi pénz tárgyalásánál is előjön (5.3.11. fejezet). A centralitás kérdésköre is fontos (lásd majd a 4.5.1 és a 4.5.5 fejezeteket): mely szektorok, illetve az ökológiában társulások (compartments) vannak központi helyzetben? Az ENA erre az *AECi* mutatót használja, amely jelzi mindegyik szektor ilyen irányú súlyát. Ezeket a számításokat a 2.9. dobozban mutatjuk be.

Az, hogy melyik faj foglal el központi szerepet, azt az ökológusok a centralitásra kidolgozott mutatóval mérik – és nem a legmagasabb szintű ragadozók vannak központi helyzetben, hanem a bomlástermékeket feldolgozók (Fann és Borrett 2012). A nagyon érzékeny ökológiai rendszereknél különösen fontos annak az elemnek az azonosítása, amely igen nagy arányú függést okoz, hiszen az a mögött álló faj eltűnésével felbomolhat az egyensúly (Szyrmer és Ulanowicz 1987). Mindegyik mutatónak van jelentése a gazdasági életben is. A belső körforgás az, amitől

2.9. DOBOZ
ENA – CENTRALITÁS, BELSŐ KÖRFORGÁS

M

Amennyiben úgy írjuk fel a táplálékklánc rendszerét, mint a gazdaság rendszerét, tehát a 2.1. táblázatának megfelelő módon, ahol a **T** mátrix csak a termelőfelhasználást méri, és a mátrix sor- és oszlopösszegei megegyeznek, akkor újabb fontos információkhoz juthatunk az ökológiai (és egyéb) rendszerekről mint hálózatokról.

Centralitás

Az ökológiában kínálatvezérelt, tehát a Ghosh által javasolt módszer a használatos, de ezt a szerzők (Fann és Borrett 2012) a kereslet- (output)vezérelt inverzből számolják. Ennek a segítségével számítják ki az egyes részrendszerek inputorientációjú és outputorientációjú súlyát, amelyek a centralitás mérőszámai: mely alrendszerek töltenek be a rendszer szempontjából kritikus szerepet. Az EC^1 az input-, az EC^2 az outputoldali számítást tartalmazza, és a kettő átlagolásával kapják az átlagos környezeti centralitás (*AEC*) mérőszámát. Ezeket a képleteket Fann és Borrett (2012) alapján alakítottuk ki.

A centralitásmutatók az egyes részrendszerek súlyát, jelentőségét mutatják az egész rendszer tevékenységéhez mérten, beleértve a közvetett kapcsolódásokat és a belső körforgást is.

$$EC_i^1 = \frac{\sum_{j=1}^{n} L_{i,j}}{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} L_{i,j}}$$

(2.14)

$$EC_i^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n} L_{i,j}}{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} L_{i,j}}$$

$$AEC_i = \frac{EC_i^1 + EC_i^2}{2}$$

Az első mutató (EC^1) a sorösszesen, a második (EC^2) az oszlopösszesen arányában számolja a súlyokat. Megjegyzendő, hogy a szerzők az elnevezésben az irányt akarták jelezni, tehát a sorösszesen azért inputorientációjú, mert az irány az inputokra mutat, míg az outputorientációjú (oszlopösszesen) a természetes irányt jelölik (a rendszerinputoktól a rendszeroutputokig).

Belső körforgás

A szektorok közötti kölcsönös, közvetlen és közvetett kapcsolat a belső körforgás. A belső körforgás mutatója az ún. Finn-index (Finn 1976; Allesina és Ulanowicz 2004). A módszer lényege, hogy amennyiben a rendszerben van belső körforgás, akkor a Leontief-inverz diagonális elemei (L_{ii}) nagyobbak egynél, mert azok az alrendszerek nemcsak saját magukat látják el, hanem részt vesznek a körforgásban is. Amennyivel magasabbak ezek az értékek 1-nél, annyival nagyobb az elemek belső forgása. Az L_{ii} elemekből képeznek egy vektort (l_i) a következőképpen: $l_i = (L_{ii} - 1) \div L_{ii}$, majd ezt súlyozzák az egyes elemek részarányával ($z_j \div T..$). Így a Finn-index (FCI) képlete (Allesina és Ulanowicz 2004):

(2.15)

$$FCI = \sum \frac{z_j'}{T..} l_j$$

igazán rendszerszerű egy rendszer működése. Fath (2012) szerint a belső körforgás során egy folyamat visszatér a kiindulási szektorához, akár indirekt kapcsolatok révén is.

Ahogy az előszóban írtuk, előttünk van Gaia négymilliárd évnyi bölcsessége, amiből tanulhatnánk. Az ENA egy olyan módszertant kínál az *FE* (életképességi index) mutatószámával, amelyből kiolvasható az egyik bölcsesség, a természetes rendszerek kockázatkezelése. Az élő rendszerek néhány fontos szerkezeti tulajdonságának a számszerűsítése is lehetővé válik, mint pl. a szerepek, szintek száma vagy a belső körforgás erőssége.

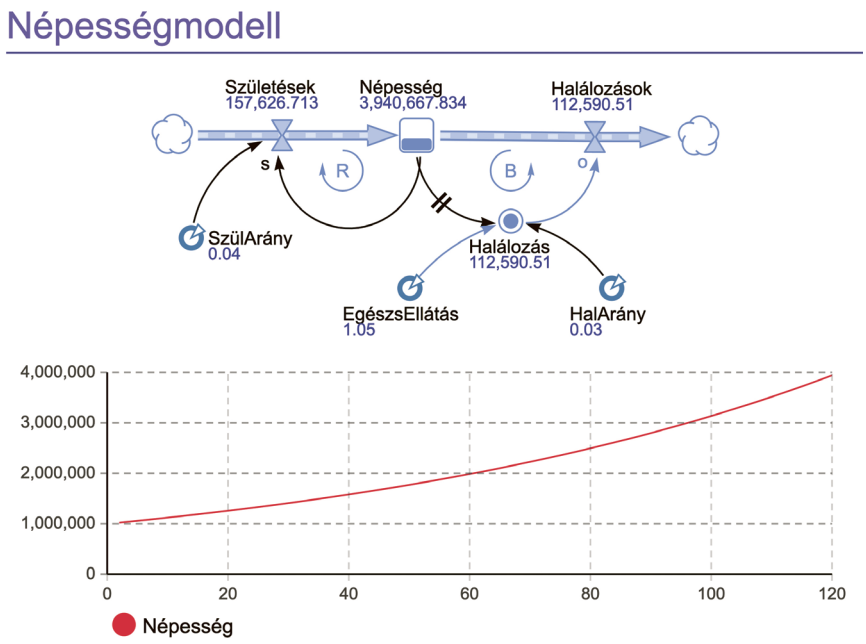
2.4. A RENDSZERGONDOLKODÁS MÓDSZERTANA

A rendszerdinamikai (System Dynamics) modellezést Jay Forrester alkotta meg az 1950-es években, és a módszer sikeresen illeszkedett a „rendszergondolkodás" név alatt egyesített elméletekhez. A rendszergondolkodás lényegét jól „érzők" közül Donella Meadows az (a világmodellt készítő MIT-s csapatnak is tagja volt [4.1. fejezet]), aki talán a legjobban összefoglalta az elmélet lényegét (Meadows 2008). Ezt a könyvét azzal a Pirsing-idézettel kezdi, hogy ha egy gyárat lerombolnak, de az a racionalitás, amivel azt felépítették megmarad, akkor ez a racionalitás egyszerűen egy másik gyárat fog építeni. Gondoljuk végig, hogy mi kellene ahhoz, hogy ne ugyanazt a gyárat építsék fel. Először is, ha a fizikai vonzatát nézzük, a termék, amit gyártottak, valószínűleg piacképes, keresett termék, így a technológia meghatározott. Az építőanyagok valószínűleg ugyanazok, mint ahogy az energiaellátás sem lehet teljesen különböző. Nem fizikai szinten követhetjük tovább a folyamatot: Akik tervezik és építik a gyárat, ugyanabban a rendszerben, majdnem ugyanazt a tananyagot tanulták, tehát egy elfogadott szabályrendszer keretet szab számukra. A rendszer kockázatkerülő logikája miatt inkább a biztos, már bevált módszereket, eljárásokat alkalmazzák, mivel másként engedélyt sem kapnának. Látható ebből a példából, hogy az egyes rendszerek – építőanyag-gyártás, egyetemi vagy egyéb oktatás – átszövik egymást, összefonódnak, egy változó környezetre együtt reagálnak, és – bár megvan a maguk belső dinamikája – együtt változnak, ha változnak. A rendszergondolkodás lényege, hogy az egész rendszert, annak viselkedési mintáit együtt, egyben lássuk, mint ahogy a komplex adaptív rendszerek – az ökológiai, a társadalmi és a gazdasági rendszerek – is egyben, egymást áthatva alkotják az egészet.

A rendszerdinamikai modellezés azért nagyon erős módszer, mert ezzel a rendszergondolkodással együtt fejlődött, fejlődik. Egy egyszerű ábra (2.6. ábra) bemutatja a rendszerdinamikai modellezés lényegét. Az alábbiakban a népesség alakulását modellezzük, ahol a születések száma növeli a népességet, a halálozásoké pedig csökkenti. A népesség változója a stock, az állapotváltozó. Ennek az alakulását vizsgáljuk a következő modellben. Bemeneti és kimeneti oldalról az ún. „flow" (áramlás) változók (inflow – bemenet és outflow – kimenet), határozzák meg a stock változónak az alakulását. A születések és a halálozások arányát külső paraméterként visszük be (_arány), de ez lehet idősor is, amikor a trendek hatását tanulmányozzuk. A módszertan még több eszközt is rendelkezésre bocsát. Az egyik ilyen az ún. dinamikus változó, amely a rendszerből a működés során kapja az értékeit, és segíti a modellek átláthatóságát is. Az ábrán a halálozások számát tettük ilyen dinamikus változóba, amikor már egy egészségügyi ellátási szint befolyásolhatja az élettartamot. Láthattuk az önszabályozó rendszereknél, hogy a rendszer visszacsatolási hurkok segítségével szabályozza a dinamikus egyensúlyt. Ezek lehetnek felerősítő (R, reinforcing, s, strength) és kiegyensúlyozó (B, balancing, o, opposite) folyamatok. Minél nagyobb a népesség, annál nagyobb a születések és a halálozások száma.

A felerősítő hurkok fontos szerepet játszanak az élet számos területén. Ezt a kapcsolatot a 4.5.3. fejezetben is megfigyelhetjük majd, ahol bemutatjuk, hogyan épül be

a kőolajfelhasználás a technológiákba, és hogyan teremt ezzel újabb és újabb felhasználási területeket – tovább fokozva a kőolaj iránti igényt. Hasonló, önmagát erősítő dinamika figyelhető meg a járványok terjedésében, a divathullámok kialakulásában és még sok más területen is, ahogy azt Gladwell (2000) is bemutatja könyvében. Ugyanezt a jelenséget ismerhetjük fel majd a 3.4. fejezetben, ahol a civilizációnk fordulópontját vizsgáljuk. Senge és munkatársai (2008: 203) – Gladwell nyomán – így foglalják össze a fordulópont (tipping point) lényegét: ez az a pillanat, amely után a folyamatok már megállíthatatlanul haladnak előre; a kritikus tömeg kialakulásának időpontja, amikor egy termék vagy egy gondolat vírusszerűen terjedni kezd.



2.6. ábra: A népességszám rendszerdinamikai modellezése
Forrás: Saját szerkesztés

A modellkészítés során minden esetben valamilyen problémából indulunk ki, amelyet szeretnénk megoldani. A modellező meghatározza a modell célját, ami segít annak eldöntésében, hogy mely elemeket veszünk be a rendszerbe, és melyeket hagyunk ki; kialakítja a modell struktúráját, az állapotváltozókat, a paramétereket, a dinamikus változókat és a közöttük lévő kapcsolatrendszert. Maga a váz az erős kapcsolatokra épül, de beépíthetők gyenge kapcsolatok is a rendszer stabilizálása érdekében (2.1. doboz). A módszer is tartalmaz stabilizáló elemeket, ilyen pl. a késleltetés. A modell finomításához a „halálozások" dinamikus változóhoz beépítettünk egy ilyen késleltetést is (kettős vonal), ami pl. lehet 70 év (ez a modellen belül van csak számszerűsítve). Lehet a rendszert bővíteni olyan intézkedésekkel is, mint a születési arányszám növelésére hozott intézkedések (pl. a családi pótlék növelése,

ahol mondjuk a családi pótlék nagysága lehet egy dinamikus változó). További dinamikus változókat is alkalmazhatunk ahhoz hasonlóan, mint ahogy beépítettük az egészségügyi ellátást. Ha a cél egy bizonyos népességszint, akkor annak elérése után lehet népességcsökkentő intézkedéseket bevezetni (pl. a családtámogatás csökkentése). Törvényi szabályozással el lehet érni, hogy pl. egy családban csak egy gyerek lehet, ami sokkal erősebb hatású a közvetett szabályozásnál.

Ezután adatokat rendelhetünk az egyes strukturális elemekhez, amelyek a rendszer dinamizálásával működtetik a folyamatot. Ilyen adatok lehetnek az input-output táblázatok elemei, de meg kell határozni kiinduló értékeket is. A külső környezetet változó paraméterekkel lehet szimulálni, és vizsgálni lehet azt a rendszerdinamikát, ahogy a rendszer a visszacsatolási hurkok segítségével reagál a változásokra. A paraméterek változtatásával változik a modell viselkedése – leggyakrabban az állapotváltozókat követjük nyomon, ezek alakulását általában grafikonon is ábrázoljuk. Ezek az eredmények természetesen mindig valamennyire különbözőek lesznek, de kiadják a fő mintázatot az attraktorral, a fő viselkedési mintával (1.2. doboz). Ha a rendszer kevésbé stabil, lehetővé válhat a bifurkációs pont modellezése is, vagyis annak megmutatása, hogy vajon milyen új minta bontakozhat ki az adott struktúrából és mintázatból. A 2.6. ábrán alul olyan pályagörbét látunk, amely leírja a rendszer kiemelt változójának (népesség) viselkedését, amelyről a nevét is kapta: BOT (behaviour over time – időbeli viselkedés). A rendszerdinamikai modellezés a három ismertetett módszertanból az egyetlen, amely szervesen magában foglalja a rendszerfolyamat ábrázolását.

Ezek a rendszerek átalakíthatók egymásba, hiszen mindegyikben ott vannak a struktúra elemei, a közöttük lévő kapcsolatrendszer és a folyamat ábrázolását lehetővé tévő, a kapcsolatokhoz hozzárendelt értékek. A 2.2. ábra alapján elkészíthető egy olyan input-output táblázat, amely mutatja a struktúrát, a kapcsolatrendszert (hol van és hol nincs adat), illetve a folyamatot magát is megjeleníti egy bizonyos mértékben az energiamennyiségekkel. A 2.2. táblázatban láthatjuk az ábra segítségével elkészített input-output táblázatot.

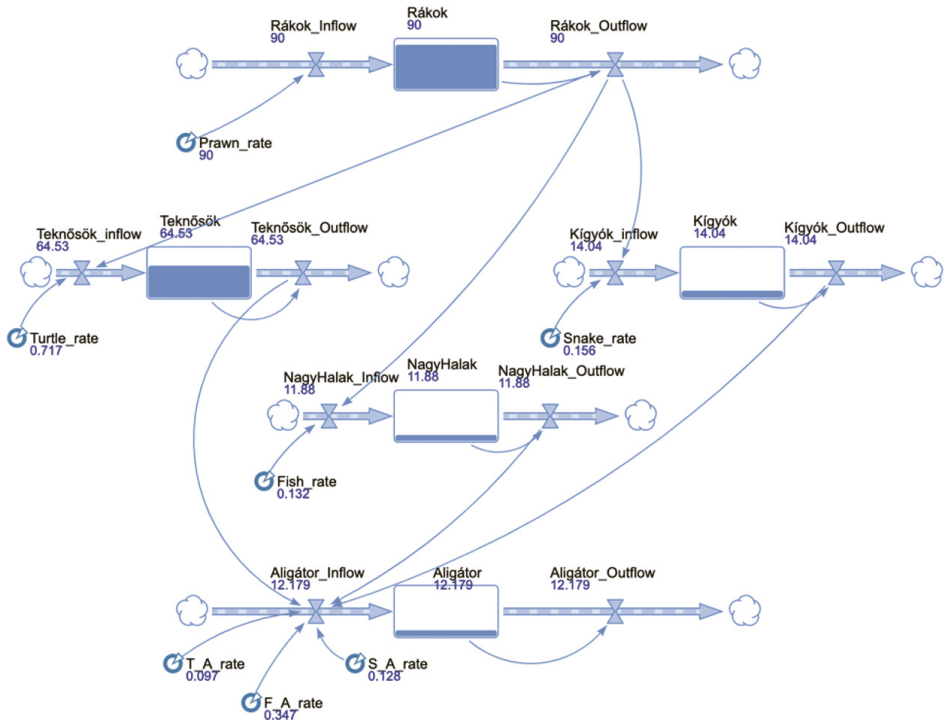
2.2. táblázat: A mintatáplálékláncábrázolása egy input-output táblában

	Rákok (X1)	**Teknősök (X2)**	**Nagy halak (X3)**	**Kígyók (X4)**	**Aligátorok (X5)**	**Veszteség**	**Export**
Rákok (X1)		64,50	11,90	14,00			
Teknősök (X2)					6,25		
Nagy halak (X3)					4,13		
Kígyók (X4)					1,79		
Aligátorok (X5)							
Import	90						

Forrás: saját szerkesztés

Látható, hogy a veszteség (saját fogyasztás, praktikusan hőleadás) és az export (mondjuk a lebontó szervezetek felé, vagy más állatoknak) nincs kitöltve (ahogy az az ábrán sem szerepel), mivel ez nem egy részletes felmérés, hanem csak egy példa arra, hogy egy ökológiai rendszert hogyan lehet áttenni olyan környezetbe, ahol az egy kidolgozott módszertan segítségével elemezhető. Ezt a módszertant láttuk a 2.3. fejezetben, ott is az egész rendszert elemző részben. Itt nem állnak rendelkezésünkre olyan részletes adatok, amelyek alapján pl. belső körforgást lehetne számolni.

Ezt az input-output táblát át lehet fordítani rendszerdinamikai modellé többféleképpen is. A 2.6. ábrán ismertetett alapoknak megfelelően csak állapotváltozókkal (és a szükséges paraméterekkel) ültetjük át az adatokat a rendszerdinamikai modellbe (2.7. ábra).



2.7. ábra: A mintatáplálékklánc rendszerdinamikai modellje

Forrás: saját szerkesztés

Ez a modell már nem olyan tömör, mint az input-output tábla, de itt már a folyamatot is ábrázoltuk. Bármelyik paramétert (_rate) megváltoztathatjuk, tehetünk bele idősort, amely változhat, és ezt ábrázolhatjuk, tehát kirajzoltathatjuk a fő mintázatot is ennek segítségével. A mintapéldánkban (2.2. ábra) nincs belső körforgás, de a teljes táplálékkörforgásban előbb-utóbb visszajutnánk a rákokhoz, és beindulhatna az a körfolyamat, amely már az autopoiesis folyamata: az önteremtés, a belső anyag- és energiaáramoltatás a rendszeren belül.

2.5. HATÉKONYSÁGELEMZÉS

A teljesítményorientált világunk egyik kulcsfogalma a *hatékonyság*. Megtaláljuk az élet szinte minden területén, a gazdaságban azonban különösen fontos szerepet játszik. Az egyik legfontosabb formája az erőforrás-hatékonyság (lásd például az 5.2.1. fejezetet). Már az ökológiai hálózatelemzésnél (2.3. ábra) is ízelítőt kaptunk abból, hogy milyen fontos egy rendszer működési hatékonysága, és azt is láttuk, hogy a túlzásba vitt hatékonyság törékennyé teheti a rendszert.

A hatékonyság fontos eleme a mérés – azaz, hogy milyen változókat veszünk figyelembe. A történeti leírásokból ismert például a sztahanovista mozgalom, amely a kiemelkedően teljesítő, rendkívül termelékeny munkásokat állította példaként. Ha lehántjuk róla az ideológiai köntöst – valamint félretesszük a sokszor valóban kiváló egyéni képességeket –, akkor a mozgalom hatékonysághoz kapcsolódó egyik fontos jellemző is kirajzolódik: A teljesítmények gyakran mások munkájának kihasználásával jöttek létre. „Egy kőművesnek, akinek 2-3 segéd dolgozott alá, ő csak a téglát vagy a maltert rakta, hihetetlen gyorsan ment a munka" (Szabados 2013: 267). Ha a teljesítményt az alapján mérték, hogy egy ember egy óra alatt hány négyzetméter falat rakott fel, akkor ez kiemelkedő lehetett. Ám ha a teljesítményt a csapat teljes létszámával osztjuk, már más képet kapunk. A hatékonyság mérésére létezik egy rendkívül praktikus, lineáris programozáson alapuló módszer, amely képes a komplex hatékonyságértékelésre többféle erőforrás (input) és eredmény (output) együttes figyelembevételével. Ez a módszer a Data Envelopment Analysis (DEA), amit ebben a könyven burkológörbe-elemzésnek nevezünk.

A burkológörbe-elemzés egy nem paraméteres módszer, amely matematikai programozáson alapul. A hasonló működési területen tevékenykedő szervezetek (DMU-k – döntéshozó egységek) relatív hatékonyságának összehasonlítására szolgál. Ezek lehetnek gazdasági egységek (amelyek hasonló árukat vagy szolgáltatásokat állítanak elő), intézmények vagy országok, ahol hasonló tevékenységeket lehet összehasonlítani. A módszer olyan esetekben alkalmazható, amikor hasonló inputokból állítanak elő meghatározott outputokat. Általános elv, hogy minél kevesebb inputból minél több output előállítása tekinthető hatékony működésnek. A módszerrel meghatározhatók a leghatékonyabb DMU-k, amelyek adataiból kirajzolható a hatékonysági határt jelentő burkológörbe.

A módszer megismertetésének a megkönnyítésére induljunk ki egy konkrét példából (2.3. táblázat), és vegyük a visegrádi országok és Szerbia GDP- (1 főre jutó, 1000 $PPP-ben számolt) és az energiafelhasználás- (kg/fő, olajegyenértékesben) adatait (2023-as adatok).

A táblázatból látható, hogy az egy főre jutó GDP alapján a sorrend: Csehország, Lengyelország, Magyarország, Szlovákia és Szerbia. Ha azt is nézzük, hogy mennyi erőforrás felhasználásával állították elő a GDP-t, azaz egyfajta hatékonyságot is mérünk, akkor más sorrendet kapunk (lásd a táblázat harmadik oszlopát): Magyarország az első, azután Lengyelország, Csehország, Szlovákia és Szerbia következik. Az így kialakult arányokat a negyedik oszlop mutatja, ahol a lengyelek is elmaradnak

2.3. táblázat: A visegrádi országok és Szerbia GDP- és energiafelhasználási adatai

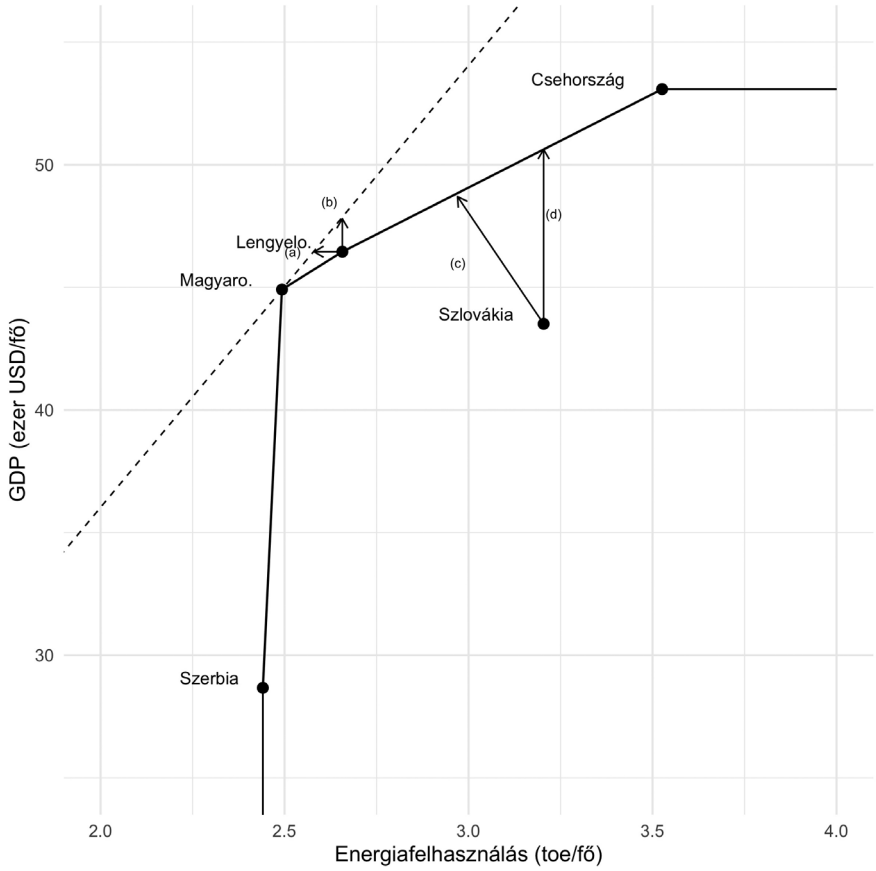
Ország	GDP	Energiaf.	GDP/ energia	Arány: GDP/energia	Arány: GDP
Szerbia	28,67	2,441	11,75	0,652	0,638
Magyarország	44,91	2,493	18,01	1,000	1
Csehország	53,08	3,526	15,05	0,836	1,182
Lengyelország	46,45	2,657	17,48	0,970	1,034
Szlovákia	43,51	3,204	13,58	0,754	0,969

Forrás: A 4.4. táblázat után

3%-kal az egységnyi energiafelhasználásra jutó GDP-t tekintve. Látható, hogy Magyarországnak kisebb a GDP-je, mint Lengyelországnak, 3,4%-kal (lásd az ötödik oszlop 1,034-es értékét). Kérdés, hogy ha Magyarországnak is ennyi lenne az egy főre jutó GDP-je, akkor mennyi energiafogyasztással lehetne ugyanolyan hatékony? Ehhez növeljük meg az energiafogyasztást 3,4%-kal: 2,493 × 1,034 = 2,578. Ez még mindig kisebb, mint Lengyelországé: 2,578 ÷ 2,657 = 0,97 – tehát ismét eljutottunk a már kiszámolt 0,97-es GDP/energia arányához. A 2.8. ábrán látható a DEA szempontjai szerint felvázolt helyzet.

A DEA-elemzés kiindulópontja az arányszám (például GDP/energiafelhasználás). A DEA ezt az arányszámot általánosítja több input- és outputváltozóra. A modell egyik változata abból indul ki, hogy minden DMU azonos technológiai struktúrával működik, így az inputok lineáris növelése az outputok lineáris bővülését okozza (Constant Returns to Scale, CRS). Ennek alapján egyedül Magyarország számít hatékonynak, mivel az origóból induló (szaggatott) egyenes a 2.8. ábrán képes „beburkolni" a többi országot. Ezt a változatot a módszer kifejlesztői alapján (Charnes, Cooper és Rhodes) CCR-modellnek is nevezik. Ha az inputok növelése változó skálahozadékkal járhat – eleinte növekvő, később állandó, majd csökkenő hozammal –, akkor beszélünk változó skálahozadékról (Variable Returns to Scale, VRS), ami másnéven BCC-modell (Banker, Charnes, Cooper [1984] a kifejlesztői, lásd Cooper és mtsai, 2011: 14). A VRS-t a 2.8. ábrán a folytonos vonal jelzi, ami már négy országot is hatékonynak mutat, Szlovákiát kivéve.

Amikor az energiafelhasználásra jutó GDP-t vizsgáljuk, akkor többféle szempont vezérelhet bennünket. Feltételezhetjük, hogy a GDP (output) adott, de valójában az érdekel bennünket, hogy mekkora input (energiafelhasználás) felhasználásával állították elő. Ezek az inputorientált módszerek: a figyelmünk az inputoldal felé irányul, általában arra, hogy mennyivel lehetne azt csökkenteni hasonló eredmény elérése érdekében (lásd az ábrán az [a] nyilat). A másik megközelítés az, ha elfogadjuk a felhasznált energiát, és arra vagyunk kíváncsiak, hogy azzal mennyi GDP-t (outputot) állított, illetve állíthatott volna elő az adott DMU, ez az outputorientált modell (lásd a [b] nyilat).



2.8. ábra: A visegrádi országok és Szerbia GDP- és energiafelhasználási adatainak DEA-szempontú ábrázolása
Forrás: saját szerkesztés

2.5.1. A burkológörbe-elemzés módszertana

Koopmans (1951) volt az első, akit a módszertan kialakulása kapcsán érdemes megemlíteni, de a módszer alapját valójában Farrell (1957) technikai hatékonyságra vonatkozó definíciója képezi. Charnes és munkatársai (1978) publikálták először a matematikai modellt. Többek között Ali és Seiford (1993), Cooper és munkatársai (2006, 2011), illetve magyar nyelven Koltai (2023) adnak részletes áttekintést a módszertanról, melynek vázlatos áttekintését és matematikai leírását a 2.10. doboz tartalmazza.

2.10. DOBOZ
BURKOLÓGÖRBE-ELEMZÉS

M

A módszertant Ali és Seiford (1993), valamint Cooper és munkatársai (2006) alapján mutatjuk be. Vannak DMU-k: DMUj, ahol $j = 1 \ldots n$. ($n = 5$ a mi példánkban, az öt ország). Vannak inputok: x_i, ahol $i = 1 \ldots m$ és outputok: y_r, ahol $r = 1 \ldots s$. Az m és s egyaránt 1, mivel egy input (energiafelhasználás) és egy output (GDP) van a példában. Az input- és outputértékek mindegyike nemnegatív szám. l-lel jelöljük az éppen vizsgált országot.

Abból indulunk ki, hogy az a leghatékonyabb DMU, ahol a legnagyobb az egységnyi erőforrásra jutó GDP, tehát:

(2.16) $$\max h_l(u, v) = \Sigma_r (u_r y_{rl}) \div \Sigma_i (v_i x_{il})$$

ahol:

$(u_r y_{\square}) \div (v_i x_{\square}) \leq 1$ minden j-re (DMU-ra): az u_r és a v_i a súlyvektorok, amelyeknek az input- és output-változókkal való szorzata a leghatékonyabb DMU-(k)nál 1-es értéket ad vissza; a többi DMU-nál pedig arányosan kisebb értéket.

$u \geq 0$, $v \geq 0$: nem lehet negatív érték

y_{rl}, x_{il}: a vizsgált DMU output- és inputértékei

Az egyenlet összegzőképlete azt jelenti, hogy az u és a v súlyvektorok segítségével ($h_l [u, v]$) maximalizáljuk az összes y_{rl} és x_{il} hányadosát, ami annál nagyobb, minél nagyobb a számláló és a nevező közötti különbség. A fent ismertetett célfüggvény szerint egy lineáris programozási (LP) modell az alábbiak szerint írható:

(2.17) $$\max_{\mu_r v_i} \sum_{r=1}^{s} y_{rl} u_r - \sum_{i=1}^{m} x_{il} v_i$$

(2.18) $$\sum_{r=1}^{s} y_{rl} u_r - \sum_{i=1}^{m} x_{il} v_i \leq 0 \qquad l = 1, \ldots, n$$

$$u_r \geq 0 \qquad r = 1, \ldots, s$$

$$v_i \geq 0 \qquad i = 1, \ldots, m$$

Két döntési változót használunk: u-t és v-t. Ezek a modellben ún. virtuális súlyként (multiplier) szerepelnek, ezért ezt a típust „multiplier" modellnek is nevezik. Az Y_l, X_l-nél az l-index azt jelenti, hogy egyetlen DMU-t (országot) vizsgálunk egyszerre, tehát annyi LP-feladatot kell megoldani, ahány DMU van. Mivel a célfüggvényben egy olyan különbséget kell maximalizálni, amely nem lehet pozitív, az elérendő cél így a 0 érték. Egy példa, hogy ezt hogy lehet elérni: ha van 2 DMU, 8-8 egység outputtal és 2-4 egység inputtal, akkor a két

súly a DMU1 szempontjából $u = 0{,}125$ és $v = 0{,}5$. A DMU1-re $8 \times 0{,}125 - 2 \times 0{,}5 = 1 - 1 = 0$; a DMU2-re: $8 \times 0{,}125 - 2 \times 0{,}5 = 1 - 2 = -1$, tehát az adott súlyokkal csak a DMU1 érte el a hatékonyságot jelentő 0-t. Amikor egy DMU-ra lefuttatjuk a modellt, akkor az úgy határozza meg a súlyokat, hogy a vizsgált DMU-ra az a legkedvezőbb legyen. Ha egy DMU nem hatékony – például Szlovákia –, akkor nem választhat tetszőlegesen magas súlyértékeket, mert ugyanazokat a súlyokat kell a többi országra is alkalmazni. Ez a (2.18)-ban van megfogalmazva: a választott súlyértékeknek biztosítaniuk kell, hogy minden DMU megfelel a feltételnek ($j = 1 \ldots n$). Amelyik DMU így ki tudja hozni az 1-es hatékonysági értéket, az rajta lesz a burkológörbén, amelyik nem, az alatta lesz. Mivel minden DMU a saját maga számára legjobb súlyokat használhatja, amennyiben az megfelel a feltételeknek, a jelen esetben 5 pár súlyunk van. A teljes hatékonysági felület az összes DMU eredménye után áll össze.

Ugyanez a probléma megfogalmazható minimalizálási problémaként is, ami az ún. envelopment (E) modell. A DEA kétféle modelltípusát, az envelopment (E) és a multiplier (M) modelleket a 2.4. táblázatban foglaljuk össze röviden, egymás mellett, az áttekinthetőség kedvéért. Az envelopment (E) modell a (2.19-E)-ben (a táblázat első oszlopa), a multiplier modell a (2.19-M)-ben (második oszlop) található (ez utóbbit magyaráztuk el részletesen részletesen a (2.17)-ben. A modellek korlátai a (2.20–2.22)-ben láthatók.

2.4. táblázat: A DEA-modellek

	„Envelopment" típus (E)		***„Multiplier" típus (M)***	
	Konstans skálahozadék (Constant Returnt to Scale – CRS)			
(2.19)	$\min_{\lambda\, s_r e_i} \theta$ $-\left(\sum_{r=1}^{s} s_r + \sum_{i=1}^{m} e_i\right)$		$\max_{u_r v_i}$ $\sum_{r=1}^{s} y_{rl} u_r - \sum_{i=1}^{m} x_{il} v_i$	
(2.20)	$\sum_{j=1}^{n} y_{rj}\lambda_j - s_r = y_{rl}$	$r = 1, \ldots, s$	$\sum_{r=1}^{s} y_{rl} u_r - \sum_{i=1}^{m} x_{il} v_i \le 0$	$l = 1, \ldots, n$
(2.21)	$\sum_{j=1}^{n} x_{ij}\lambda_j + e_i = x_{il}$	$i = 1, \ldots, m$		
(2.22)	$\lambda_j, s_r, e_i \ge 0$	minden j, r és i-re	$u_r, v_i \ge 0$	minden r és i-re
	Változó skálahozadék (Variable Returnt to Scale – VRS) – kiegészítés			
(2.23)	$\sum_{j=1}^{n} \lambda_j = 1$		$\max_{\mu_r v_i u_0}$ $\sum_{r=1}^{s} y_{rl} u_r - \sum_{i=1}^{m} x_{il} v_i - u_0$	u_0 szabad változó

	„Envelopment" típus (E)		***„Multiplier" típus (M)***	
	Outputorientált megközelítés – kiegészítés			
(2.24)	$\max_{\phi\lambda s_r e_i} \phi$ $\sum_{j=1}^{n} y_{rj}\lambda_j - s_r = \phi y_{rl}$ a kiszámolt ϕ'-vel a (2.19) futtatása	$r = 1, \ldots, s$	$\min_{u_r v_i}$ $\sum_{i=1}^{m} x_{il} v_i$ $\sum_{r=1}^{s} y_{rl} u_r = 1$	
	Inputorientált megközelítés – kiegészítés			
(2.25)	$\min_{\theta\ \lambda\ s_r e_i} \theta$ $\sum_{j=1}^{n} x_{ij}\lambda_j + e_i = \theta \mathrm{x_{il}}$ a kiszámolt θ'-val a (2.19) futtatása	$i = 1, \ldots, m$	$\max_{u_r v_i}$ $\sum_{r=1}^{s} y_{rl} u_r$ $\sum_{i=1}^{m} x_{il} v_i = 1$	

Az „envelopment" modellben a célfüggvény (2.19-E) azt fejezi ki, hogy a termelési hiány (slack, s_r) és az erőforrástöbblet (excess, e_i) egyaránt minimalizálni kívánt tényezők. Akkor hatékony a vállalat, ha mindkét érték 0. Ebben az esetben minimalizálni lehet a legjobb eredményektől (outputoktól) való lemaradásunkat: ez a hiány (slack – *s*); illetve a túlzott erőforrás-felhasználásunkat: ez a többlet (excess – *e*). Ezzel az is lehetővé válik, hogy kiszámoljuk a – nem hatékony – DMU-k esetében, hogy milyen inputtal és outputtal kellene rendelkezniük, hogy hatékonyak legyenek. Meghatározható a hatékonysági felszínen (envelopment, lásd a 2.2. ábra szaggatott vonalát) az a pont, ami az adott DMU szempontjából a kivetített (projected) pont. Ez Lengyelország esetében az ábrán az (a) vagy a (b) pont. Ez a pont a (2.20-E) és a (2.21-E) első részében, az összegzőképletben található. Ezért is nevezik a duális megoldást „envelopment" változatnak (Ali és Seiford 1993). Ebben a modellben minden DMU úgy maximalizálja az outputjait, és minimalizálja a ráfordításait, hogy azok az összes DMU (jelen esetben mind az öt ország) inputjainak és outputjainak kombinációiból álljon össze, ráadásul ugyanazokat a lambda (λ) súlyokat kell alkalmazni az inputokra és az outputokra is. A λ egy vektor, amely az inputokra és az outputokra is alkalmazandó (esetünkben 5 λ érték van). Az a DMU hatékony, amelynek a legmagasabb outputja és legkisebb inputja a saját országából való, ekkor lesz rajta a hatékonysági felszínen. Ez a pont a 2.3. táblázatban felvezetett példában Magyarországot vizsgálva: $\lambda_2 = 1$, a többi ország λ-értéke 0. Mindegyik ország kivetített értékei kiszámolhatók Magyarország input- és outputértékeiből. Látható a 2.8. ábrán, hogy például Csehország fölött milyen magasan húzódik a szaggatott vonallal jelölt hatékonysági felszín, tehát Magyarország input- és outputértékeit jó

magas λ értékkel kell beszorozni ahhoz, hogy megkapjuk Csehország kivetített értékeit. Ez Lengyelország esetén is igaz (lásd a 2.8. ábra [b] pontját), ahol a magyar GDP-t 1,0343-mal kellene megszorozni a hatékonyság eléréséhez ($44{,}91 \times 1{,}0343 \approx 46{,}45$).

Változó skálahozadék (Variable Returnt to Scale – VRS)
Az előzőekben a módszert a konstans skálahozadékon (CRS) alapuló modellel mutattuk be. A változó skálahozadékon alapuló modell (VRS) csak annyiban különbözik a CRS-modelltől, hogy a feltételek között szerepel egy korlátozó feltétel. Ez az envelopment modell esetén a (2.23-E)-ben a l értékeire felállított korlát, és arra vonatkozik, hogy az összegüknek egyenlőnek kell lennie λ-gyel. Ennek értelmében a CRS-burkológörbe helyett egy sokkal „megengedőbb" hatékonysági felszín keletkezik (a 2.8 ábrán látható egyenes vonal), ahol már négy ország is hatékonynak bizonyul. Csak Szlovákia marad ki, mert számára már elérhető a Lengyelország és Csehország közötti VRS-burkológörbeszakasz outputorientált, illetve a Szerbia–Magyarország-szakasz inputorientált esetben. Ugyanezt a feltételt a multiplier modell a (2.23-M)-ben leírt módosítással, egy u_0-érték bevezetésével éri el. A VRS-hatékonysághoz nem kell a szaggatott vonallal jelölt CRS-hatékonysági görbét elérni, elég, ha rákerülnek a folytonos vonallal jelölt VRS-hatékonysági görbére.

Output- és inputorientált modellek
Az input- és outputorientált megközelítést Ali és Seiford (1993), illetve Cooper és munkatársai (2011: 11–13.) alapján mutatjuk be. Az *outputorientált* modell esetén beépítik a maximális outputra való törekvést. Ezt az envelopment modellben a ϕ maximalizálásával érik el, ami szintén egyedi minden DMU esetén (2.24-E). Azt vizsgálják, hogy mennyivel nagyobb teljesítményt érhetne el az adott DMU, ha hatékony lenne. Ahol a ϕ egyenlő 1-gyel, ott nem érhető el outputnövekedés, tehát hatékony a vállalat. Ahol nagyobb mint 1, ott nagyobb output is elérhető lenne. Mivel a ϕ értékei nagyobbak 1-nél, ezért a hatékonyság százalékos értékben való kifejezéséhez annak reciprokát vesszük. Ez a CRS-modellek esetében pontos értéket ad, a VRS esetében az λ-ra tett korlátozó feltétel (2.23-E) megszünteti az arányos skálázódást. A VRS esetén ezért a reciprok-transzformációt csak közelítésként foghatjuk fel (Cooper és mtsai 2006: 86), de a reciprokérték használata itt is általános. A ϕ maximalizálása után (ϕ') lefuttatjuk az envelopment modellt úgy, hogy a (2.20-E)-ben a jobb oldalon a $\phi' y_{rl}$ szerepel. A multiplier modellnek (2.24-M) ugyanazt a hatékonyságértéket kell adnia, mint az envelopment modellnek (annak duálja), tehát ott a célfüggvény minimalizálása a cél. Mivel a cél továbbra is az output maximalizálása, ezért minimalizálni csak az inputokat lehet. Ennek érdekében az outputokat normalizálják (a súlyozott összegük 1). A hatékony DMU-k

esetében nem kell csökkenteni az inputokat, a többi esetén viszont lehet, így ismét 1-nél nagyobb értékeket kapunk (ugyanúgy, mint az envelopment modell esetében). A multiplier modellnél nincs szükség második futtatásra, egy modellel kapjuk meg az eredményeket.

Az *inputorientált* modell esetén az inputok csökkentése a cél, ezért az envelopment modellben először legkedvezőbb inputokat határozzák meg, amit a θ segítségével érnek el (2.25-E). Ezután ismét lefuttatják az envelopment modellt úgy, hogy a (2.21-E) jobb oldalán a $\theta' x_{il}$ szerepel. A multiplier modellben most a célfüggvény egy output-maximalizálási feladat rögzített (normalizált) inputokkal, az outputorientált változatnál már ismertetett logikának megfelelően.

A 2.5. táblázat az envelopment modell eredményeit mutatja be inputorientált esetben.

2.5. táblázat: A CRS-inputorientált envelopment modell eredményei

Országok	GDP	Ener.	CRS_ hat.	hiány _GDP	többlet ener.	Peer1	P_ lambda
Szerbia	28,67	2,441	0,652	0	0,849	Magyar-ország	0,638
Magyar-ország	44,91	2,493	1	0	0	Magyar-ország	1
Csehország	53,08	3,526	0,8357	0	0,579	Magyar-ország	1,182
Lengyel-ország	46,45	2,657	0,9705	0	0,079	Magyar-ország	1,034
Szlovákia	43,51	3,204	0,7538	0	0,789	Magyar-ország	0,969

Forrás: Saját szerkesztés

A CRS-modell azt vizsgálja, hogy mennyi többletenergiát használnak fel az országok az elért GDP-t figyelembe véve. A CRS_hat. oszlopa mutatja, hogy csak Magyarország hatékony, ahogy ez a 2.8. ábrán is látszik, ezért a hatékony felszínt mindenki számára Magyarország jelenti. Lengyelországnak 0,079-es többlet-energiafelhasználása azt jelenti, hogy a CRS-hatékonysághoz, ami a 2.8. ábra (a) pontjában található, 0,079 egységgel kevesebb energiát kellene felhasználnia ($2{,}657 - 0{,}079 \approx 2{,}578$). A P_lambda-érték (1,034) segítségével ezt Magyarország energiafelhasználásából is ki lehet számolni ($2{,}493 \times 1{,}034 \approx 2{,}578$). Mivel ugyanazt a λ-értéket kell használni

az outputhoz is, így a kivetített pontjának GDP-értéke is meghatározható Magyarország GDP-jéből: 44,91 × 1,0343 ≈ 46,45 (ami változatlan).

A 2.6. táblázat a VRS-inputorientált multiplier modelljének megoldását mutatja. Ez az eredeti modell (2.19–2.22-M) két feltétellel való kiegészítése, ezek a VRS-kiegészítés (2.23-M) és az inputorientált kiegészítés (2.24-M).

2.6. táblázat: A VRS inputorientált multiplier modell eredményei

Országok	**VRS hat.**	**u_l**	**v_l**	**GDP_l × u_l**	**Ener_l × v_l**	**u0_l**	**hiány_l**
Szerbia	1	0,0000	0,409668	0,000	1,000	−1,000	0
Magyarország	1	0,022267	0,401123	1,000	1,000	0,000	0
Csehország	1	0,037173	0,283607	1,973	1,000	0,973	0
Lengyelország	1	0,04008	0,376364	1,862	1,000	0,862	0
Szlovákia	0,7767	0,000999	0,31211	0,043	1,000	−0,733	−0,224

Forrás: saját szerkesztés

Ahogy a 2.8. ábrán is látható, négy ország is VRS-hatékonynak bizonyult. A (2.23-M) célfüggvénynek megfelelően a súlyozott outputértékekből (GDP_l × u_l – Lengyelország esetében 46,45 × 0,04008 ≈ 1,862) le kell vonni a súlyozott inputértékeket (Ener_l × v_l – 2,657 × 0,376364 ≈ 1,00) a VRS-hatékony felszín eléréséhez. A (2.25-M)-nek megfelelően az input súlyozott értékek 1-es értéket kell hogy felvegyenek. Mivel Lengyelország VRS-hatékony, ez az érték megegyezik az u0_l értékkel. Szlovákia esetében 0,043 – 1 ≈ −0,957, ami eltér a −0,733-tól (u0_l), tehát nincs rajta a VRS-felszínen sem. Az u0_l megmagyarázza a CRS-görbétől való elmaradást, de a maradék (−0,224) a saját technikai problémáinak tudható be. Az envelopment modellnél Lengyelország esetében, ahol a Magyarország jelentette hatékony felszínt, egy 1-nél nagyobb λ-értékkel kellett beszorozni Magyarország adatait Lengyelország kivetített pontjának kiszámításához. A multiplier modell esetében ehhez hasonlóan egy pozitív számot (u_0) kell hozzáadni a Magyarország által képviselt hatékony felszín értékeihez annak érdekében, hogy megkapjuk Lengyelország kivetített pontját. Szerbiának és Szlovákiának a kivetített pontja a CRS-görbén Magyarországtól balra van, tehát 1-nél kisebb λ-értékre van szükség a kivetített pontok meghatározásához, és a hatékony felszínből le kell vonni valamennyit (azaz egy negatív számot kell hozzáadni).

Külön ki kell emelnünk a DEA azon jellegzetességét, hogy ez egy nem paraméteres módszer, azaz a hatékonyságmérést a vizsgálatban részt vevő országok adataiból valósítja meg. Ha például belevennénk a vizsgálatba Romániát is a rendkívül alacsony – 1,656-os – energiafogyasztásával és az átlagos GDP-jével (45,66), akkor az biztosan CRS-hatékonnyá tenné és átrendezné a többi, csak VRS-hatékony országokat is.

2.5.2. Kompozitindikátorok (összevont mutatószámok)

A kompozitindikátor egy olyan összetett mutatószám, amely több különálló változót von össze egyetlen értékbe. Klasszikus példája a HDI (Human Development Index – emberi fejlettségi index), amely a várható élettartam, az iskolázottság és az egy főre jutó jövedelem alapján jellemzi az emberi fejlődést. A GDP is felfogható kompozitindikátorként, mivel a gazdasági fejlettség összefoglaló mutatójaként szolgál. Ha a 2.3. táblázat GDP-oszlopából indulunk ki, akkor a legfejlettebb ország Csehország (53 080 $PPP), míg Szlovákia ennek csupán körülbelül 82%-át éri el (43,51 00r÷ 53,08). Amennyiben egy CRS-inputorientált DEA-modellt futtatunk le úgy, hogy az outputváltozó a GDP, az inputváltozók pedig konstans, azaz 1-es értékek, akkor pontosan ezeket a relatív arányokat kapjuk vissza: Csehország hatékony, a többi ország pedig egy hozzá viszonyított hatékonysági értéket kap. Ezáltal a gazdasági fejlettséget egyetlen kompozitmutatóban sűrítettük össze (ez esetben átalakítottuk százalékos értékké). Fontos tudatosítanunk, hogy az az alapfeltevés, miszerint minden ország azonos kiindulási ponttal rendelkezik (azaz egységnyi értékről indul), elfedi azt a tényt, hogy ez az 1-es érték önmagában is jelentős tartalommal bír. Magában foglalja az adott ország kulturális, gazdasági, politikai és társadalmi adottságait, amelyeket a módszertan természetesen nem képes ebben a formájában kezelni.

A DEA egyik legnagyobb előnye az, hogy outputváltozóként (is) tetszőleges számú indikátor alkalmazható. Például a TAI-index (Technological Achievement Index) nyolc különböző változót integrál, amelyek a technológiai fejlettséget reprezentálják, úgymint szabadalmak, jogdíjak, telefonhasználat (Nardo és mtsai 2005: 152–153), de hasonló az NRI-index is (Network Readiness Index [Bánhidi és Dobos 2024]). A DEA által generált hatékonysági érték tehát ebben az esetben is kompozitmutatóként értelmezhető, amely egy ország technológiai fejlettségét jeleníti meg. Ez a megközelítés a szakirodalomban „Benefit of the Doubt" (BoD, „vélelmezzük a jót") néven ismert. A DEA ugyanis lehetővé teszi, hogy minden döntési egység (DMU) önmaga számára kedvező súlyokat válasszon, így az adott DMU a lehető legjobb színben tüntesse fel saját teljesítményét. A módszer tovább finomítható, ha a súlyokat szakértői vélemények alapján korlátozzuk vagy előírjuk (Cherchye és mtsai 2008). Fontos, hogy ha kompozitindikátorokat számítunk, akkor a bemeneti és kimeneti változók normalizált, azaz 0–1 közötti skálára átalakított értékeket tartalmazzanak az eredmények jobb értelmezhetősége érdekében.

Természetüknél fogva a kompozitindikátorok elrejtik az egyes komponensek mögöttes szerkezetét: az összetevők részletes információi elvesznek az aggregálás során. Vegyük példaként a korábban említett HDI-t. Egy 1999-es vizsgálat (Bélyácz és mtsai 1999: 101–108) kimutatta (k-közepű klaszteranalízis segítségével), hogy a HDI-értékek mögött jól elkülöníthető országcsoportok rajzolódnak ki, amelyek gazdasági és politikai hátterük alapján tartoznak különböző csoportokba. Az egyik csoport például magas GDP-vel és várható élettartammal, ugyanakkor alacsony iskolázottsági szinttel jellemezhető (pl. olajexportáló országok), míg egy másik

csoportnál épp fordított a helyzet: alacsony jövedelem és rövid élettartam mellett kiemelkedően magas oktatási mutatóval rendelkeznek (például több volt szovjet állam). Fontos tehát tudatosítani, hogy egy kompozitmutató csak arra vonatkozóan nyújt érvényes következtetéseket, amilyen célból azt összeállították. Hiba lenne például a GDP-t a társadalmi jóllét általános mutatójaként kezelni, hiszen a GDP a gazdasági teljesítményt méri. Hasonlóképpen megerősítést igényel az a feltételezés, hogy egy vállalat jelentős belső kompetenciái automatikusan versenyképességet is jelentenek a piacon (Kiss és mtsai 2023). A kompozitindikátor tehát hasznos eszköz lehet, de kizárólag a megfelelő kontextusban és értelmezési keretben alkalmazva.

2.5.3. Skálahatékonyság, skálahozadék

Az optimális méret kiszámítható a VRS és CRS hatékonysági értékekből. A CRS által számolt hatékonyságot hívhatjuk átfogó technikai hatékonyságnak (global technical efficiency – TE), míg a VRS-hatékonyságot helyi tiszta technikai hatékonyságnak (local pure technical efficiency – PTE), ami csak a DMU közvetlen környezetében számít hatékonynak – tehát a hasonló méretű DMU-k esetében. Amennyiben a CRS-hatékony vállalat egyben VRS-hatékony is, akkor az adott DMU globálisan is hatékony, megtalálta az optimális méretet (skálahatékony). A skálahatékonyság (scale efficiency – SE) szintje kiszámítható a CRS- és VRS-hatékonyság hányadosaként, ami mindig kisebb, mint 1, vagy azzal egyenlő (SE = CRS ÷ VRS-hatékonyság, illetve SE = TE ÷ PTE). Az SE a döntési egység méretéből fakadó hatékonyságkülönbséget tükrözi. Lengyelország CRS-hatékonysága 97%, VRS-hatékonysága 1 (2.5, 2.6. táblázat), tehát az adott méretben hatékony, így a skálahatékonyság értéke 0,97 ÷ 1 = 0,97. Ezzel szemben Szlovákiánál vannak VRS-hatékonyságbeli problémák is. Szlovákiánál az SE = 0,7538 ÷ 0,7767 = 0,9706, tehát a komolyabb hatékonysági problémákat nem a méret okozza. A skálahatékonyság számítható input- és outputorientált modell esetében is.

Láthattuk a 2.5. táblázatban, hogy ahol a nem CRS-hatékony országok kivetített pontjai Magyarországtól (mint CRS-hatékony országtól) balra helyezkednek el, ott a λ-súlyok összege 1-nél kisebb, és ha jobbra, akkor pedig λ-nél nagyobb. A 2.6. táblázatban azt is láttuk, hogy ez igaz az u_0 értékekre is (ott 0-nál kisebb vagy nagyobb). Az egynél kisebb λ-összegek azt jelzik, hogy az adott DMU a méretének növelésénél nagyobb arányban tudná növelni a teljesítményét (növekvő skálahozadék, increasing return to scale – IRS), míg a nagyobb λ-összegek csökkenő hozadékot mutatnak (csökkenő skálahozadék, decrasing return to scale, DRS). Magyarország rajta van a CRS-bukológörbén, tehát konstans skálahozadékkal rendelkezik. A λ-súlyok összege alapján történő döntés általánosnak mondható (Cooper és mtsai 2006: 160), tehát érvényes azokra a DMU-kra is, amelyek nem VRS-hatékonyak (Szerbia), vagy az alternatív optimumokra is (amikor több jó megoldás is létezik). A 2.7. táblázat összefoglalja a skálahozadék (RTS) mérésével kapcsolatos eredményeket.

2.7. táblázat: Skálahatékonyság és a skálahozadék iránya

Ország	CRS_ hat (TE)	VRS_hat (PTE)	Skálahat. (SE)	u_0	RTS (u_0)	T_ lambda	RTS (lambda)
Szerbia	0,652	1	0,652	−1	IRS	0,6384	IRS
Magyar-ország	1	1	1	0	CRS	1	CRS
Csehország	0,8357	1	0,8357	0,9731	DRS	1,1819	DRS
Lengyel-ország	0,9705	1	0,9705	0,8617	DRS	1,0343	DRS
Szlovákia	0,7538	0,7767	0,9706	−0,7332	IRS	0,9688	IRS

Forrás: Saját szerkesztés

A skálahatékonyságról részletes leírást adnak Cooper és munkatársai (2011: 144, 2006: 140–143).

2.5.4. Mintaelemszám

Cooper és munkatársai (2006: 106) szerint a szükséges mintaelemszámra vonatkozó feltétel a következő: a DMU-k száma legyen nagyobb vagy egyenlő, mint max {$m \times s$, $3 \times (m + s)$}, ahol m az input, s az outputváltozók száma. Hozzáteszik, hogy jó, ha a minta többszöröse az $m+s$-nek. A fenti példában ez max {1×1, 3×(1+1)} tehát 6, a példában csak 5 ország szerepel, ezért az eredményeket érdemes fenntartásokkal kezelni. Ha egy megfigyelés – akár hibásan is – kiugró teljesítményt mutat, hatékony egységgé válhat a hozzá tartozó DMU, mivel a DEA nem átlagol.

2.6. RENDSZERBEAVATKOZÁSI PONTOK

Az előző fejezetben bemutattuk a rendszerdinamikai modellezés lényegét, és azt, hogy a rendszergondolkodással együtt fejlődik. Így már maga a modellkészítés folyamata is olyan, hogy megköveteli a rendszer megfelelő elemeinek figyelembevételét (pl. az első lépés az, hogy valamilyen problémára kell megoldást találni). A rendszerdinamika módszertana alapján Donella Meadows a *Leverage Points: Places to Intervene in a System* (1999) című tanulmányában bemutatta, hogy milyen esetben milyen szintű változtatásokat kell megtenni a megfelelő eredmény elérése érdekében. Az, hogy mi a megfelelő eredmény, az látszik a 2.6. ábrán is: javul-e a kritikus állapotváltozók helyzete, vagy romlik. Az 1.2. dobozban bemutattuk az attraktorokat mint azokat a mintázatokat, amelyekhez a rendszer tart, sokféle paraméteregyüttes mellett. Az attraktor a pályagörbék alapján kirajzolódó általános mintázat, ezért alkalmas arra, hogy felhasználjuk a beavatkozási pontok hatásosságának a jellemzésére. Donella Meadows a következő 12 beavatkozási pontot határozta meg, a rendszerre való hatás erősségének szempontjából, fordított sorrendben. Az egyes

pontok a 2.6. ábrából érthetőek. A pontok előtti B_ előtaggal (beavatkozási pont) jelöljük, hogy beavatkozási pontokra utalunk.

B_12. Konstansok, paraméterek, számok (pl. az adók mértékének változtatása)
Az attraktorok, az eredmények mintázata ettől nem fog változni, egy kicsit más alakban, de ugyanazt az ábrát kapjuk. Idetartozik a CO2 csökkentése is, a kisebb kibocsátás csak haladékot ad.

B_11. Pufferkapacitások növelése vagy csökkentése
A folyamat sebességét pufferkapacitások segítségével némileg tudjuk késleltetni, pl. víztározók építésével a terület kiszáradása, illetve elöntése késleltethető. A puffer lehetséges mérete az inflow és az outflow méretéből is becsülhető. Ez bizonyos esetekben megoldást is jelenthet – mármint a rendszernek a vizsgálatba bevont változóit nézve. Az attraktor alakját – vagyis a rendszer viselkedésmintáját – azonban ez nem változtatja meg.

B_10. Az anyagáramlás struktúrája és csomópontok
A struktúra elemei közötti mintázatról van szó, mint például az infrastruktúra javítása vagy a termelési láncok észszerűsítése. Ezzel a folyamatok energiatakarékosabbá, gazdaságosabbá tehetők, de az attraktort ez sem befolyásolja. Annak komolyabb hatása lehet, ha más mintázatot építünk ki, mint pl. egy decentralizált városszerkezetet.

B_9. Késleltetések időtartama a rendszerváltozás üteméhez viszonyítva
A késleltetés azt jelenti, hogy egy adott ok-okozati kapcsolat nem azonnali, hanem egy bizonyos idő múlva fejti ki az ok a hatását. Az átlagéletkor növekedése késleltetheti a népesség (stock) csökkenését. Ez jellemzi a klímaváltozás hatásaihoz való jelenlegi hozzáállásunkat is: az utak mellett fasorok telepítése a lokális hőmérsékletet jelentősen csökkentheti. A nevében is benne van azonban: ez inkább csak késleltetés.

B_8–7. Negatív és pozitív visszacsatolási hurkok erősségének változtatása
A kiegyensúlyozó és felerősítő hurkok biztosítják a rendszer stabilitását. Ennél a pontnál elérkeztünk ahhoz a szinthez, ahol már a rendszer kimenete szempontjából döntő lépéseket is tehetünk. Az egyik nagy problémánk, hogy nincs megfelelő jelzőrendszerünk, mint az ökológiai rendszereknek. Egy fa növekedését a fény- és táplálékviszonyok szabályozzák azzal, hogy elindítanak egy negatív visszacsatolást. Egy erdő egy idő után beáll egy nagyjából stabil struktúrába. Nincs olyan jelzőrendszerünk, ami pl. a gazdaság túlzott mértékű növekedése vagy a tengeri halállomány bizonyos mértékű csökkenése esetén figyelmeztetne bennünket (bár ez utóbbira majd látunk megoldásokat). Ugyanígy, a talaj tápanyagtartamának bizonyos szint alá csökkenése elindíthatna egy pozitív, megerősítő hurkot. A megerősítő hurkok a rendszer motorjai lehetnek, és éppen ott lenne rájuk komoly szükség, ahol a fenti esetekben hiányoltuk

a jelzőrendszert, így pl. az erdők és a talaj regenerálódásánál. Megfelelő időben és arányban alkalmazott beavatkozások már módosíthatják a rendszer attraktorát.

B_6. Információáramlás módosítása
Az információ nagyobb hatással lehet a rendszerekre, mint a fizikai mennyiségi oldal. Ki mihez fér hozzá, kinek mihez van jogosultsága. Ilyen a szabadalmak közkinccsé tétele, a legjobb gyakorlatok elterjesztése, ami nagyban csökkentheti a lokális cselekvések reakcióidejét. Donella Meadows (2008) leírja azt az amerikai esetet, ahol közzéteszik a tíz legnagyobb szennyező (vállalat) listáját, és ez önmagában a szennyezés jelentős csökkenését vonta maga után. Volt olyan vállalat, amelyik kizárólag azért csökkentette 90%-kal a szennyezését, hogy lekerüljön a listáról. Az is információ, hogy a visszacsatolási hurkoknál milyen gyorsan érkezik a visszacsatolás.

B_5. A rendszer szabályai
A szabályok meghatározzák a rendszer kereteit, lehetőségeit, korlátait. Idetartoznak az ösztönzők, büntetések, korlátozások. A szabályoknak (törvények, ösztönzők, büntetések) nagy hatásuk lehet. A népesség esetében az, hogy csak egy gyereket lehet vállalni, kemény korlát. A halászati, vadászati tilalom hatása is nyilvánvaló. Engedélyezett-e a föld magántulajdona? Lehet-e magánszemélyeknek vállalkozást alapítani? Engedélyezik-e atomerőművek építését? Ha egy vállalatnak vissza kellene forgatnia pl. a kibocsátott szennyvizét, valószínűleg hamar változtatna a gyártási folyamatain. Ezek a szabályok is képesek átrajzolni az attraktort, sőt, akár elősegíthetik a paradigmaváltást, ahogy azt majd látjuk az 5.3. fejezetben.

B_4. A rendszer szerkezetének változtatása, önszerveződés
Egy önszerveződő rendszer képes arra, hogy maga alakítsa ki a fentebb tárgyalt összes tényezőt, például a struktúrát és a folyamatokat is képes átalakítani. A nagyobb rendszerek sikeressége a részrendszereinek sikerességétől függ. Mennyire segítik elő a nagyobb rendszerek a kisebb rendszerek olyan szintű fejlesztését, ahol már önszerveződő képességgel rendelkeznek? Erre példa lehet az önszerveződő közösségek létrejöttének elősegítése. Egyértelműen komoly változásokat lehet vele elérni, ez egy nagyon erős beavatkozási pont.

B_3. A rendszer céljainak megváltoztatása
Egy rendszer működését a – tényleges – célja határozza meg. Egy önszerveződő rendszer is a céljainak megfelelően szervezi önmagát. Vajon a cél az emberek boldogulása vagy a hatalom megtartása? Az egészséges környezet vagy a nagyobb haszon? A jövedelmek igazságosabb elosztása vagy vagyonkoncentráció? Ezek a célok már országok sorsát is befolyásolhatják.

B_2. A rendszer mögötti paradigma módosítása
Ezek mélyen gyökerező, általánosan elfogadott nézetek, mint például „a növekedés jó", „a természet az emberek számára átalakítandó erőforrás". Ezek a nézetek

befolyásolják a céljainkat, ami például lehet egy ország számára a GDP növelése. Jelenleg ez a domináns gondolkodási rendszer. Esetünkben az 5D, a Gaiának megfelelő társadalmi-gazdasági rendszer egy paradigmaváltozást hozhatna: Az egész élő és élettelen rendszer működését tudatosan figyelembe vevő társadalmi-gazdasági fejlődés elég nagy változás lenne ahhoz, hogy új paradigmának tekintsük. Ez megváltoztathatja a céljainkat, a rendszereink kialakítását, a rendszerszabályokat és így tovább.

B_1. Paradigmanélküliség
A társadalmi szintű paradigmanélküliség tárgyalásától több okból is eltekintünk. Talán elég az első ok, hogy fogalmunk sincs róla, hogyan nézhetne ki egy ilyen társadalom. Nem ismerjük az egyetlen igazságot, ami a paradigmákat szükségtelenné tenné.

Ezekre a beavatkozási pontokra elsősorban a 4. fejezetben fogunk hivatkozni, ahol értékeljük a 70-es évek óta tartó pályakorrekciókat.

2.7. ÖSSZEGZÉS

Ebben a fejezetben ismertettük azokat az elemzési eszközöket, amelyeket a következő fejezetekben fogunk használni. Mindegyik módszernek megvannak a maga előnyei. Az input-output elemzés alkalmas sok egyéb módszer megalapozására. Alkalmas a szervezeti mintázat és a struktúra elemzésére, mint ahogy az ENA is. Az ENA specialitása, hogy olyan mutatót bocsát a rendelkezésünkre, amely segítségével olvashatunk a természetből, ez esetben a rendszer struktúrájára vonatkozóan. A rendszerdinamikai modellezés alkalmas a folyamatok elemzésére is, mivel – ahogy a nevében is benne van – dinamikus elemzés.

Az ember és a társadalom viselkedését vesszük szemügyre először, mivel ezek határozzák meg a természethez és a gazdasághoz való hozzáállásunkat.

3. Az ember és a civilizációk körforgása

Ismert, hogy a történelem során számtalan civilizáció létezett, és ha már nincsenek, az azt jelzi, hogy valahogy eltűntek, és a helyüket más civilizációk vették át. Felmerül a kérdés, hogy ez nem egy természetes folyamat-e: civilizációk felemelkednek, majd eltűnnek. Úgy tűnik, a civilizációk sorsát irányító emberek bizonyos tulajdonságai – például a tudatlanság, a hatalomvágy vagy a kapzsiság – olyan irányba terelik a fejlődést, amely végül összeomláshoz vezet. A civilizációk fejlődése során sokszor olyan célokat tűznek ki, amelyek ezekből a természetesnek vett, de egy civilizáció szempontjából nem hasznos emberi tulajdonságokból származnak, és nem a közösség javát szolgálják. Ezek aztán kódolják azt a fejlődési formát, ami elvezet az összeomláshoz. Ezzel azonban egyúttal egy új, tudásban is gazdagabb alapot adnak a következő civilizációnak. Ismét egy fokkal feljebb kerülünk, és ismét bekövetkezik egy összeomlás, hasonló okok miatt. Ez az, ami miatt körforgásról beszélünk: nagyban mindig elkövetjük ugyanazokat a hibákat, ezért látszólag ugyanazon sémát követjük minden esetben.

Azt is észre kell vennünk, hogy régebben, akár a vallás, akár a természettől való függés miatt a természetnek valamilyen szintű szentséget tulajdonítottak, szellemi eredetűnek tekintvén a természet elemeit. Ez többnyire elősegítette a természet védelmét és gondos kezelését. Például a Nílus és a Gangesz szentként való tisztelete nagyban hozzájárult azok tisztán tartásához és a biodiverzitás megfelelő szintű biztosításához. A vallás és a természet kapcsolatáról olvashatunk többet Farkas (2023a) tanulmányában. Azt is megmutatjuk, hogy akik – látszólag – sikeresen kikerülték a csapdát, milyen elveket követtek. Ez a harmadik fejezet vezérfonala, így építettük fel ezt a fejezetet, ahol végig a sikeres civilizációba való átmenet lehetőségeit keressük. Először megvizsgáljuk, hogy egyáltalán mi várható el az embertől mint gondolkodó, társas lénytől? Azután a civilizációs körforgás mintázatát próbáljuk leírni, majd ennek a mintázatnak a jelen civilizációban megtalálható nyomait keressük. Az utolsó alfejezetben már utalunk azokra a pontokra, amelyek a sikeres átmenetet megalapozhatják.

3.1. AZ EMBERRŐL, AZ EMBERI VISELKEDÉSRŐL

Vajon milyen viselkedés várható el az embertől mint társas lénytől? Tudjuk, hogy a szociális-kulturális kapcsolatok alapvető fontosságúak abban, ahogyan az öröklött és megismerési képességeink kibontakoznak az adott környezetben (Mesoudi és mtsai 2015). Így a genetikai örökség és a kulturális tanulás közötti interakció egyaránt fontos az emberi fejlődésben. A genetikai örökség néhány jellemző tulajdonságát Lorenz alapján nézzük meg (3.1. doboz).

3.1. DOBOZ
AZ EMBERI TULAJDONSÁGOKRÓL

D

Konrad Lorenz (2002: 153–192) alapján

Az embernek vannak olyan tulajdonságai, amelyek nagyban elősegítik a kontrollálhatatlan civilizációs folyamatokat. Több közülük olyan, amelyek régebben segítették a fejlődését, a mai körülmények között viszont már nem előnyösek. Néhány ilyen tulajdonság: az ember örül a növekedésnek, annak, ha nő a gabona, vagy gyarapszik az a település, ahol él. Amíg azonban a biológiai rendszereknél fizikai korlátok lépnek fel, mint pl. a fáknál a folyadékszállítás nehézsége, vagy a szél nyomása, addig az emberi vállalkozásoknál ilyen jellegű korlát nincs. A tulajdonunk növekedése felett érzett öröm azonban csak az egyik jellemző. Más, nagy erejű ösztönprogramok is működnek az emberben, mint a hatalomvágy és a státusz iránti törekvés. Szintén genetikusan meghatározott a versenyszellem: az ember igyekszik túltenni a másikon abban, amihez jól ért. A kiválasztódás törvényszerűségei sem támogatják a stratégiailag fenntartható megoldásokat, mivel a faj fennmaradása szempontjából a legnagyobb számú utóddal kecsegtető megoldást kell választani, és nem azt, ami a faj fennmaradását szolgálja hosszú távon (Lorenz 2002: 47). Ez – látszólag – nem tesz jót a túlnépesedett világunknak. A reklám használata, amelyben eredetileg nincs semmi rossz vagy a biológiával ellentétes, hiszen az állatok is állandóan „reklámozzák" magukat, szintén negatív hatással van a jelenlegi társadalmi-gazdasági fejlődésre. Lorenz egyik példája itt az udvarló állatok önreklámja, amely mindig megbízható, és a fajtársakat sohasem vezeti félre.

Ugyanakkor az ember társas lény is, és a közösségben már alkalmazkodik a többiekhez, a környezetéhez. Itt ismét érdemes a gyökerekhez visszatérni, amiről Mérő László ír, amit a 3.2. dobozban foglalunk össze.

3.2. DOBOZ
KOOPERÁCIÓ VS. VERSENGÉS

Mérő (1996: 46–71) alapján

A klasszikus fogolydilemmából indul ki, miszerint ketten együtt követnek el egy bűntényt, és elzárják őket egymástól. Ha elárulják a másikat, jobban járnak, mert kisebb büntetést kapnak, így mindkét fél számára egyénileg racionális döntés az árulás (vallomás). Ha azonban mindketten vallanak, akkor végül mindketten rosszabb helyzetbe kerülnek, mintha együttműködtek volna (mindketten hallgattak volna). Ha – függetlenül a másiktól – mindketten tagadnak, azaz kooperálnak, akkor – egy apróbb bűnükért – minimális büntetést kapnak. A kooperáció-versengés tanulmányozásához az ökológiai rendszerek is hozzá tudnak tenni, vegyük példaként a tüskés pikók viselkedését! A tüskés pikók előörsöt küldenek azért, hogy megállapítsák egy megjelenő nagy hal szándékát, amelyik vagy pikót enne, vagy nem. Ha az előörsből valakit megeszik, a többiek tudják figyelmeztetni a társakat, hogy meneküljenek, és minimalizálni tudják az esetleges rossz szándék által (pikóevés) okozott kárt az egész csapatra („közösségre") nézve. Milinski német etológus a felderítők viselkedését tanulmányozva egy fontos megállapításra jutott: először kooperálnak, tehát ha a társ úszik a nagy hal felé, ők is úsznak. De ha a társ visszafordul, akkor a másik is visszafordul (Mérő 1996: 66), tehát követik a társ viselkedését. Amikor Robert Axelrod (1984) ennek a viselkedésnek a hasznosságát szerette volna tanulmányozni, kiírt egy versenyt a viselkedés hatásának modellezésére alkalmas programok számára. Ebben Rapoport (szociálpszichológus) programja nyert egy nagyon egyszerű stratégiával (a tüskés pikókat leutánozva): elsőként mindig barátságos volt, azaz kooperált, és másodszor mindig követte a versenytárs viselkedését (Mérő 1996: 59–64). Ez ismét megerősíti azt a feltevést, hogy a természet nagyon egyszerű szabályok alapján működik, illetve azt is, hogy a kooperáció is egyfajta ösztönös viselkedés. Megjegyzendő azonban, hogy egy olyan program, amelyik kétszer olyan barátságos, kooperatív volt, nem került be az első tízbe sem. Erre a helyzetre pontosan illik Cromwell mondása: Bízzál Istenben, és tartsd szárazon a puskaport. Azaz első a bizalom, de légy óvatos.

A kooperáció hasznosságát többen is megerősítik, így pl. Nowak (2006) *Science*-ben megjelent cikke, ahol a következőt állapítja meg: „*Az együttműködés lehetővé teszi a specializációt, és így elősegíti a biológiai sokféleséget. Az együttműködés jelenti az evolúciós folyamat nyitott végűségében rejlő titkot. Az evolúció talán legfigyelemreméltóbb vonása, hogy képes együttműködést létrehozni egy alapvetően versengő világban. Így a mutáció és a természetes szelekció mellett az evolúció harmadik alapvető elveként megemlíthetjük a »természetes együttműködést« is.*" (Nowak 2006: 1563).

Közösségi szinten ez a kooperációra való hajlam elvezet a kölcsönösséghez, viszonossághoz (reciprocitás), ahol ezáltal nem éri meg a deviáns magatartás, mert azt a közösség bünteti (Axelrod 1984: 83). Ha a közösség elveszíti az irányítást a saját élete fölött, és a nagyobb rendszerek diktálnak helyette, akkor az embereknek egyre csökken az a lehetőségük, hogy a dolgokat átlátva, felelősségteljesen dolgozzanak, és mindinkább mechanikus elemekké válnak a specializálódás, munkamegosztás fokozódása következtében. A magas fokú specializáltság pedig mindig veszélyt jelent az adott életformára (Lorenz 2002: 40). A fejlődés más úton is elképzelhető. A szolgáltatások gyors terjedése lehetőséget ad az önálló problémamegoldásra. Ezek a lehetőségek azonban itt is egyre szűkülnek. Egy autószerelő egyre specializáltabb munkát végez, eltávolodva az egész gépjármű működésétől; a postai alkalmazottaknak a régebben igazi szakértelmet kívánó munkája sokszor már gondolkodás nélküli automatizált mozdulatsorra korlátozódik a gépesítés következtében.

Az ember szinte végtelenül alakítható (rombolható is), és a mechanisztikus világszemlélet egyoldalúan racionális döntései súlyos tévedésekhez vezethetnek. Ennek ellensúlyozására, az érzelmi, szociális tanulás ma sokkal fontosabb, mint a racionális (a szóbeliségen alapuló) tanulás (Vekerdy 2004: 20–22). A racionalitás előtérbe kerülése kihat a következő generációkra is: Jung szerint civilizációnk egyik alapproblémája, hogy neveletlen felnőttek próbálják a jövő generációját nevelni (Vekerdy 2004: 34).

A fenti elemzések is alátámasztják, hogy a természetben és az embereknél is ösztönös a kooperáció, de az embereknél ezt az ösztönt az önérdekre való törekvés felülírhatja. Ennek megelőzése érdekében az ember kezébe nem szabadna olyan eszközt adni, ahol korlátok nélkül kiélheti a civilizációra kedvezőtlen tulajdonságait, pl. a hatalom utáni törekvését. A megelőzés hatásos eszköze lehet az, ha a közösség saját maga tudja irányítani az életfeltételeit.

A következőkben megvizsgáljuk, hogy a civilizáció számára nem kedvező emberi tulajdonságok hogyan befolyásolhatják egész civilizációk sorsát.

3.2. A CIVILIZÁCIÓK KÖRFORGÁSÁRÓL

A jelenlegi helyzetünk megértéséhez segítséget nyújt, ha megismerjük az előző civilizációk lényegi elemeit. Az 1.3. és a 2.1. fejezet alapján mondhatjuk, hogy az élő rendszerek viselkedésének elemzésénél indokolt az analógia használata, így a civilizációk történetét tárgyaló gondolkodók közül kettőt választunk ki, akiknek az elméletein keresztül próbáljuk feltárni a kulcstényezőket. Az egyik Oswald Spengler, akinek a munkásságát igazán a kultúraelmélete fényében kell értékelni, amelyben az élő rendszerek analógiájára épít (Kovács 1996). Spengler szerint a város a földből „növényként nő ki", minden kultúrának sajátos lelkülete van, amelyek később növekednek, virágoznak és elszáradnak, kipusztulnak. A másik gondolkodó Lewis Mumford, aki ökológiai irányban látja a megoldást, és már igen korán rámutat arra, hogy körülöttünk bőség van, és nem szűkösség.

A mai nyugati civilizáció alapvetően európai eredetű, ezért amikor az „előző civilizációkról" beszélünk, elsősorban az európai előzményekre gondolunk. A *Britannica Hungarica* (1994: 181–182) szerint a krétai és mükénéi korszakokat követően jelenik meg az a klasszikus görög kultúra, amelyről már részletes ismereteink vannak, és amely a mai nyugati civilizáció egyik alapját képezi. Ezt a görög kulturális örökséget Nagy Sándor hódításai után a hellenisztikus civilizáció terjesztette tovább, amelyből szinte szervesen fejlődött ki a Római Birodalom. A Nyugatrómai Birodalom bukása után, a kereszténység elterjedésével, alakult ki fokozatosan az a középkori Európa, amelyből a mai nyugati civilizáció kinőtt. A középkor történelmi jelentőségű vívmányai – például az itáliai városállamok önkormányzatai, a Svájci Konföderáció politikai formái, Németalföld és Anglia parlamentáris fejlődése – megalapozták a demokrácia, a parlamentarizmus, az ipari fejlődés és a gazdasági modernizáció útját. Ezt a folyamatot egészítette ki az a fordítói tevékenység, amelynek során az arab világ tudósai átmentették és továbbadták a görög–hellenisztikus tudományos örökséget, különösen Arisztotelész tanait (lásd 1.5. fejezet). Ezt a fejlődési vonalat fejtettük ki részletesebben az 1.1. fejezetben a karteziánus korszak máig tartó hatásával.

Számtalan tudós analógiát lát az előző civilizációk és a mostani között, és nagyon sok kezdeményezés is van a folyamat visszafordítására. Például az Ökológiai Közgazdaságtan Nemzetközi Társaságát 1989-ben megalapító tudósok fő motivációja az volt, hogy látták: a jelen civilizáció gazdasága ebben a formában nem fenntartható (Common és Stagl 2005: 8). A civilizációk elemzéséből a mai civilizációra vonatkozó megállapítások elég egyértelműen erre a következtetésre jutnak. Brozović (2023) egy metatanulmányban – *Társadalmi összeomlás: irodalmi áttekintés* – végigveszi az általa fontosnak tartott tanulmányokat, gondolkodókat, elméleteket, tehát gyakorlatilag mindenkit, aki ezzel a témakörrel foglalkozik, és így adta a címet. Majdnem minden gondolkodónál felmerül azonban a kiút tárgyalása is, ahol olyan intézkedéseket javasolnak, amelyek szemmel láthatóan nem következnek be.

Spengler (1923) részletesen tárgyalja, hogy az előző civilizációk is hasonlóképpen alakultak, fejlődtek ki a vidék erőiből – a parasztság és a természet kapcsolatának erejéből –, és ugyanazon viselkedésmintákat mutatják. A parasztság előbb létrehozza, táplálja a falut, a mezővárost (ami tulajdonképpen egy nagy falu). A vidéken a parasztság ösztönből cselekszik, mindene a föld, és ez a *kultúra* alapja. Az élet, a lélek képviselője, a földnek és a családnak rendel alá mindent. Amit mi erkölcsi érzéknek nevezünk, a falu életfenntartó szokásaiban gyökerezik. Az erkölcsök óvása, jog, kormányzat, igazságszolgáltatás – a falusi vének tanácsában még kimutatható (Mumford 1985: 22, 26). A város kifejlődése még szerves folyamat, ott még megtalálható a lélekkel átitatott kultúra. A kultúra formanyelve, fejlődéstörténete eredeti helyéhez tapad, míg a *civilizációs formák* mindenütt otthon vannak (Spengler 1923: 151).

Mumford (1985: 23) szerint is megelőzi a falu a város kialakulását, mivel az tőle örökli működésének alapvető elemeit. A faluból származik – közvetlenül vagy közvetve – több alapvető megoldás, mint a hombár (gabonatároló), a bank, a fegyvertár,

a könyvtár, a raktár. A falu sokkal gyorsabban és hatékonyabban terjedt el, mint a város, de a város az emberiség fejlődésében kiemelkedő szerepet tölt be. A falusi, elszórtan meglévő sejtekkel szemben a város általában egy fallal körülhatárolt központként jött létre, ahol a tudás és a kultúra koncentrált formában jelent meg. A hatalom és a vallás egyesítése révén ezek a városok jelentős erőkoncentrációt és mozgósítást tettek lehetővé (Mumford: 1985: 40–43). Az ősi város még megszentelt helyként indult, és állandó találkozási helyszínt jelentett. Arisztotelész szerint az autarkeia (görögül αὐτάρκεια vagy, ahogy mi ismerjük: autarkia) a társadalom végső célja, ennek pedig szerves része egy „természetszerű" városállam (Frivaldszky 2007: 111).

Ezután a város megkezdte az átalakulást, a racionális gondolkodás vette kezdetét. A hatalmas embertömegek szervezett működtetése kvázi gépként funkcionált. Egyesítette, vegyítette a különböző szakértelmeket, biztosította a közösségi színteret és a fejlődéshez szükséges belső erőforrásokat. A kreativitás, a művészetek, az ipar és a mezőgazdaság így ugrásszerű fejlődésen mehetett keresztül. Ezzel a folyamattal együtt járt ugyan az univerzális világlátás szétszeletelése (munkamegosztás), de még a városon belül összeállhatott egységes egésszé. Hérodotosz lejegyezte, hogy Egyiptomban az i. e. 5. évszázadban már az orvosok is szakosodtak, a szemre, fejre, fogakra stb. (Mumford 1985: 105). A városon belüli igazságszolgáltatás és jogrendszer objektív rendet volt képes vinni az emberi közösségek életébe. Ehhez a fejlődéshez a városok vonzáskörzetében lévő falvakat rendszeresen kihasználták a város érdekében (Mumford 1985: 34), és a város rendre „elfelejtette" viszonozni ezt abból, amihez az így biztosított fejlődése során jutott (Mumford 1985: 101).

A kultúrát még őrző város után létrejön az a nagyváros, amely már tisztán elvont, absztrakt (Spengler a „tisztán szellemi" kifejezést használja), amely már lassan elveszíti a természeti gyökereit. Létrejön az, amit már civilizációnak hívhatunk, a világváros, amelynek már semmi köze sincs a létezéshez. Ez az a pillanat, amikor a pénz a saját fejlődésének veti alá az árucserét, és a dolgokat már önmagára vonatkoztatja, ugyanúgy tisztán absztrakt konstrukcióvá válik, mint a nagyváros. A pénz a vele kapcsolatba kerülő embereket ugyanúgy függővé teszi, mint a föld a parasztot. Minden civilizáció esetén a nagyvárosok, világvárosok a pénzzel együtt elkülönült absztrakt elemmé válnak. Ez a tiszta forma a pénz esetében lehetővé teszi a szabad pénzszaporítást (pénzből lehet pénzt teremteni), és Spengler szerint ezen alapul a minden kezdeti civilizáció feletti hatalma (Spengler úgy fogalmaz, hogy ezzel veszi kezdetét a pénz diktatúrája). Már a XIII. század végén Alain de Lille megállapította, hogy a pénz a minden, nem a császár (Mumford 1985: 383).

A nagyvárosok könyörtelenül irányításuk alatt tartják a vidék erőforrásait, elvonják onnan az embertömegeket, de ezt a gyökértelen működési formát sokáig nem tudják fenntartani. A városok többletterhelését csak a kizsákmányolandó területek megnövelése révén tudták fedezni, így jöttek létre pl. az olyan nagyvárosok, mint Ninive, Babilon vagy Róma. A fellegvárak urai egyre mértéktelenebbül követeltek maguknak gazdagságot és hatalmat (Mumford 1985: 111).

Mumford szerint bekövetkezik egy olyan pont, ahol a faluközösség pozitív szimbiózisát felváltja a háborún, kizsákmányoláson alapuló negatív szimbiózis. Spengler szerint is a folyamat mindig ott romlik el, amikor a nagyváros, a világváros, a civilizáció elszakad a gyökerektől, a lélektől, természettől. Előbb-utóbb megjelennek a tájidegen képződmények, a városépítész városai, amelyek minden civilizációban sakktáblaszerű lélektelenségre törekszenek. Ilyen háznégyzetek voltak Babilonban, Rodoszban, Alexandriában és Bagdadban is. A jelen civilizációban Washington alaprajza már 1791-ben ilyen volt (Spengler 1923: 141). Ne higgyük, hogy az ilyen nagyságú és szerkezetű városok elérése a városiasodás célja, de ez a jelenség a történelem során ismétlődően valamennyi civilizáció klasszikus ciklusának utolsó szakaszát jelzi: a teljes felbomlás és bukás előtti állapotot (Mumford 1985: 486). A régi építésű városokban pontosan fel lehet ismerni azt a korszakot, ahol az organikus növekedés véget ér, és a mértéktelen burjánzás elkezdődik (Spengler 1923:140). Róma bukásának oka elsősorban az volt, hogy hiányzott belőle egy olyan ellenőrzési rendszer, amely a növekedését korlátozta volna (Mumford 1985: 229). A civilizáció végül átadja a fejlődést a kibontakozó, még lélekkel teli új formáknak, amelyek ismét ezt az utat járják be (Spengler 1923: 130–151).

Spengler szerint a jelen civilizáció hanyatlása már megállíthatatlan, a mögöttes mozgatóerők szükségszerűen okozzák ennek a civilizációnak is a bukását. A legtöbb gondolkodó azonban nem tekinti a folyamatot ilyen determinisztikusnak. Az így elindult városfejlődési folyamat kedvezőtlen kifejlete nem lenne törvényszerű, mivel egy dinamikus folyamatról van szó, amely még a nagyarányú gépesítést is képes pozitív fejlődéssé változtatni.

Mumford szerint egy ilyen folyamat, amely ezt képes lenne megtenni, az, hogy a városokba olyan művészetet és koncepciót vigyenek be, amely révén az emberrel kapcsolatos központi problémákra fókuszálnak, és a létet körülvevő kozmikus és ökológiai folyamatok felé fordulnak (Mumford 1985: 531). Mumford szerint a hatalomgazdaságról (power-economy) egy természetbarát, a természetet nem kizsákmányoló, hanem azzal együttműködő kapcsolatban álló ún. biotechnikai (biotechnic economy) vagy bőséggazdaságra (abundance economy) kell átállni (Kovács 2021). Mumfordhoz hasonlóan a Brozović (2023) tanulmányában összegzett gondolkodók véleménye is az, hogy a dinamikus folyamatok – akár – pozitív irányba is vihetik a fejlődést, és ennek a lehetőségét leggyakrabban a technológiai fejlődésben látják.

A jelenlegi civilizáció válsága globális: az egész világra kiterjed a nyugati típusú civilizáció egyeduralkodóvá válásával. Ez nem jelenti törvényszerűen azt, hogy az emberiség kipusztul, még akkor sem, ha erre minden eszköze megvan, és ennek valószínűsége egyre nő. Sokkal valószínűbb az a forgatókönyv, amely szerint idővel az emberiség rá lesz kényszerítve a posztfosszilis korszak megfelelő formáinak kialakítására, és ekkor nem lesz mindegy, hogy milyen működőképes megoldásokat dolgozott már ki. Ezek a posztfosszilis korszaknak megfelelő formák lehetnek jobbak is, mint a jelenlegi korszak formái, mivel az emberiség jelenleg rengeteg információtól, fejlődési lehetőségtől elesik.

Ebből az alfejezetből levonhatjuk azt a következtetést, hogy a természettől való elszakadás egyfajta fordulópontot jelent, és a kiutat sokan a kapcsolódás megújításában látják. Egy ilyen – időben elkezdett – megújított kapcsolat egy új, emberhez méltóbb társadalomhoz, civilizációhoz vezethet. Idetartozik Mumford fontos meglátása, amely a bőséget nem az anyagi javak mértéktelen birtoklásában, hanem az emberi kapcsolatok és az emberi személyiség gazdagságában méri, tehát egy kulturális fordulatot vár (Kovács 2021).

3.3. A HARMONIKUS RENDSZEREK FELBOMLÁSA

A természettel való harmonikus együttlét több dologtól is függhet. Ez lehet egy olyan, sok helyen megfigyelhető és tartós állapot, ahol a közösségnek nincs más választása, mint adaptálódni a természethez. Polányi Károly (1976: 55–56) a törzsi társadalmakat elemezve kifejti, hogy miért harmonikusak a természetközeli társadalmak. Az adott élőhelyre születve (az adott kultúrába) a természet figyelembevétele életfontosságú számukra, közvetlen visszacsatolásokat kapnak, ezekre közösségként tudnak reagálni, és közösségként fent tudnak maradni. A közösség képes arra, hogy összehangolt munkájával biztosítsa az egyének fennmaradását. Aki a közösség törvényeit (kölcsönösség, nagylelkűség) megsérti, kívül kerül a közösségen, kivetetté válik. A közösség törvényei pedig hosszú távú megoldást kínálnak, bőséget eredményeznek, mivel a kötelezettségek kölcsönösek. Így a gazdasági önérdeknek egyszerűen nincs helye. Természetesen ezeken a helyeken is emberek élnek, vágyakkal, szenvedélyekkel, de figyelnek rá, hogy ezek a tulajdonságok ne a gazdaságban érvényesüljenek, mert ez a végsőkig fokozhatja a vetélkedést, míg a közösségi munka a mennyiségi és minőségi munka szintjét növeli.

A fejezet célja a természettől való elszakadás megragadása. Ez a töréspont megfigyelhető falvak, városok, országok és egész civilizációk fejlődésében is. Először azt vizsgáljuk meg, amikor külső erők következtében bomlik meg az egyensúly (Ladakh [India], Magyarország), aztán azt, amikor a belső erők vezetnek a harmónia megszűnéséhez (Húsvét-sziget [3.5. doboz], Izlandi vikingek [3.7. doboz]). Lesznek olyan esetek, amikor tanulnak a társadalmak a hibáikból (Japán, Izland) és – legalább egy ideig – fenntartható társadalmat építenek.

3.3.1. A külső erők hatása

A külső erők hatásának az érzékeltetésére egy nagyon jól dokumentált példát hozunk elsőnek, Ladakh példáját (lásd a 3.3. dobozt). Itt Helena Norberg-Hodge személyesen tapasztalta meg a folyamatot.

Ladakh példája jól szemlélteti, hogyan borulhat fel egy ökológiailag és társadalmilag kiegyensúlyozott rendszer külső hatásra. A példa sok mindenre rámutat. Talán a legfontosabb az, hogy az emberrel magával nincs semmi baj, még a sok

3.3. DOBOZ
LADAKH

D

Helena Norberg-Hodge munkái alapján (lásd: https://our-global-u.org/oguorg/en/helena-norberg-hodge/ Think more paper *című dokumentum; vagy az* Ancient Futures: Learning from Ladakh *című könyve, amelyből díjnyertes dokumentumfilm is készült azonos címmel).*

Az indiai kormány az addig elzárt Ladakh tartományt megnyitotta a globális világ felé, és a ladakhiak számára végre elérhetővé váltak a globalizált világ vívmányai: az olcsó importélelmiszerek és fogyasztási cikkek, a turizmus és a globális média. Az oktatást is átformálták, központosítottan, az Indiában elterjedt oktatási rend szerint. Végre láthatták a helyiek, hogyan élnek Nyugaton, mivel a reklámok közvetítették a legújabb stílusokat, divatokat, termékeket, és ezzel együtt a Nyugaton lévő végtelen gazdagságot, aminek semmi köze nem volt az ő, egyértelműen alsóbbrendűnek számító önellátásukhoz és a földműveléshez. Ezek az új dolgok nagyon mély benyomást tettek rájuk, és a figyelmüket áthelyezte a fejlett nyugati stílusra. Különösen a fiatalok voltak erre érzékenyek. Így hát megkezdődhetett az átalakulás, a fejlett világhoz való felzárkózás.

Norberg-Hodge sok időt töltött Ladakhban a „kapunyitás" előtt, és jól ismerte, milyen volt akkor a régió. A fővárosa, Leh, úgy 5 000 lakosú volt. Alig volt csapadék, zord és szélsőséges volt az időjárás, ennek ellenére a ladakhiak mind anyagilag, mind érzelmileg fejlődtek. Norberg-Hodge idővel meggyőződött róla, hogy ők a legszabadabb, legbékésebb és legörömtelibb emberek, akikkel valaha is találkozott. Nem volt szegénység és éhség. A buddhisták és a muzulmánok egymást segítve éltek egymás mellett. Erősen kötődtek a helyhez, így minden figyelmük arra, illetve egymásra, a közösségre irányult: a kölcsönös összetartozásra fókuszáltak. A saját döntéseiktől függtek, így azonnal érezték azok súlyát és célját is. Emberléptékű környezetben éltek.

Ezt az erős és stabil közösséget bomlasztotta fel lassan a fejlődés. A figyelmük a mérhetetlen gazdagságra irányult, a támogatott olcsó import közben tönkretette az ő gazdaságukat, megélhetésüket. Az irányítás már nem az ő kezükben volt, egy ismeretlen, hatalmas rendszer részeivé váltak. Beáramlott a nyugati mezőgazdasági rendszer, a vegyszerekkel együtt (lásd még: zöldforradalom). Az oktatás a kultúrájukat is felőrölte; a gyerekek nem tanulhattak az anyanyelvükön. Ahogy megfogalmazták: már el tudták olvasni angolul, hogy hogyan kell teát főzni, de nem készítettek teát. Korábban csak felforralták a vizet, beletették a teát, esetleg tejet. A buddhisták és a muzulmánok között harcok törtek ki a kialakult versengés miatt. Fokozatosan elvesztették az önbecsülésüket is; az eredeti életformáikhoz már nem tudtak visszatérni, az új pedig nem fogadta be őket. És mindezek a folyamatok mindössze nyolc év alatt játszódtak le.

kedvezőtlen tulajdonsága ellenére sem (3.1. doboz). A körülmények azok, amelyek meghatározóak. A szabályok (romboló) hatása is megfigyelhető: az indiai kormány megtiltotta a helyi nyelv használatát az iskolában, így elősegítette a kulturális szakadást a kulturális egyesítés nevében (B_5 a 2.6. fejezetben bemutatott, Donella Meadows-féle beavatkozási pontok közül). Együtt változott a mintázat és a struktúra is. Ha a mintázat érintetlen marad, akkor nem biztos, hogy ilyen erővel tudott volna hatni a már globalizációs elemekkel áthatott struktúra. Norberg-Hodge ugyanezt a tendenciát látta Bhutánban, de Spanyolországban is.

A másik példa Magyarország, ahol csak a társadalom és a természeti környezet kapcsolatának bemutatása a célunk – Vass Csaba összefoglalja annak a folyamatnak a lényegi elemeit, ahogy a nyugati mintára, azaz a korszellemnek megfelelő átállás megvalósult Magyarországon (3.4. doboz).

3.4. DOBOZ
A HUNGARUS-TUDAT FELBOMLÁSA

D

A Magyar Föld sorsa című tanulmánykötet (Tanka 2014) előszava alapján, amelyet Vass Csaba írt

Az ország történetével szorosan összefonódott a magyar föld sorsa, amit alapvetően a Szent Korona szakrális jelentéséből lehet levezetni. Ez a szentség vonatkozott Hungária földjére, a rajta élő közösségekre, az intézményrendszerre irodalmi-művészeti kifejezéseivel együtt. Ennek megfelelően nem lehetett a földet elidegeníteni, megsemmisíteni, és akire rábízták (aki birtokolta azt), annak mindezekről együtt kellett gondoskodnia. A nagyobb birtok nagyobb felelősséggel is járt. A rangot is ez alapján osztották: ki hogyan tudta ezt a gondoskodást megvalósítani, és nem az anyagi vagy magánérdekek alapján. Így válik érthetővé az, hogy a XIX. század szürkemarha-tenyésztői nem vitték busás haszon reményében Szolnokra az állatokat. Ez az ún. hungarus-tudat, ami a Magyar Királyságot jellemezte és összetartotta.

Ennek a rendnek a megbontásához a nyugati módszereket kellett meghonosítani – erőszakkal, azaz a már bevált elkerítéssel, a közföldek megszüntetésével. Ez a folyamat alapvetően Mária Terézia nevéhez fűződik. A földeket olyanok kezébe adták, akik hajlandóak voltak puszta haszonszerzésre használni azt. Így lassan a szakralitásától megfosztott föld egyszerű természeti tárggyá romlott. Ennek a folyamatnak fontos eleme volt az ősiség felszámolása. Az első magyar polgári-jakobinus kormány a szakrális földet adható-vehető profán tárggyá törvényesítette.

A korszellemnek megfelelő társadalmi-gazdasági fejlődésre való átállás előtt a Kárpát-medencét ez a hungarus-tudat nemzeti viszálytól mentesen tartotta, mivel az együtt élő népeinek ez volt az önazonosulási eszménye (Miskolczy 2012).

Ez a rövid áttekintés ugyanarra a dologra mutat rá, amit Polányi megállapított: ha a gazdasági önérdeknek nincs helye, akkor a közösség akarata érvényesülhet. Ez megváltozott: Mumford (1985: 388) írja a feudalizmus felbomlásának elemzésénél, hogy a föld áruvá válásakor megszűnt fölötte mindennemű közösségi ellenőrzés.

3.3.2. A belső erők hatása

Nem minden természeti közelség és közvetlenebb visszacsatolás vezet sikeres közösségekhez. Andrásfalvy (2019) figyelmeztet rá, hogy ahol az emberek közötti összhang megbomlik, ott hamarosan a természeti környezet romlása is bekövetkezik. Erre Diamond (2007) is felhoz számos példát. Olyan eseteket is látunk, ahol a természet szinte azonnali visszacsatolása nem volt elég a közösség hosszú távú sikeres megélhetéséhez. Ezek közül is talán a legismertebb a Húsvét-sziget példája (3.5. doboz).

3.5. DOBOZ
A HÚSVÉT-SZIGET TÖRTÉNETE

Diamond (2007: 89–127) alapján

A Húsvét-sziget egykor gazdag ökoszisztémával rendelkezett, ahol az első telepesek bőséges erőforrások között éltek. A fát a fatörzsből kivájt csónakok készítéséhez, épületfának és tűzifának használták. Terményeiket a pálmafák közötti területeken nevelték, a pálmák védték a talajt a pusztulástól, óvták a kiszáradástól, és fenntartották a termékenységét. A sziget virágkorában 15 000 ember élhetett itt. Mai szemmel nézve a Húsvét-sziget társadalma jóval fejlettebb volt, mint más, a természettel összhangban élő szigetlakó társadalmak. Magasabb szintű volt a munkamegosztás, az emberek jóval többet dolgoztak, mint egy ma fejletlennek nevezett szigeten. Míg ott csak magának és a családjának halászott valaki, addig a húsvét-szigeti halásznak fogni kellett a kőfejtőknek, kőfaragóknak, kötélverőknek, vontatóknak, a szoborállítóknak és a vezetőknek is. Így a társadalmi össztermék, a GDP is sokszorosa volt annak, mint a természetnek megfelelően élő társadalmaké.

A növekvő népesség hatására művelésbe vonták a sziget egyre nagyobb részét, miközben a fát is egyre nagyobb mértékben használták fel a főzéshez, a hajóépítéshez és a jólét miatt felvirágzott vallási kultusz kielégítéséhez (amely a legendás és közismert kőszobrok és talapzatuk, a moaik és ahuk mozgatásához kapcsolódott). A szobrokat a kőbányától a tengerpartig sokszor csaknem tíz kilométer távolságra kellett szállítaniuk. Pálmafák törzsein görgetve, kötelekkel húzták őket. Az őslakók elmondása szerint a vontatáshoz 70 felnőtt összehangolt munkájára volt szükség.

A szigeten élő klánok között versengés alakult ki, amely a szoborállítás kultuszának felerősödésével járt. Teljesen eltűnt a fás növényzet; fa hiányában megszűnt a hajóépítés lehetősége, ami ellehetetlenítette a nyílt tengeri halászatot, csökkentve az elérhető fehérjeforrásokat. Kiveszett az összes őshonos szárazföldi madár, eltűnt a tengeri szárnyasok jó része is. Az erdőirtás miatt a talaj is kimerült, csökkentve a mezőgazdaság hatékonyságát. Ezután földművelésből éltek. A fehérjepótlásról gyakorlatilag a patkány és a tyúkhús fogyasztása gondoskodott.

A szűkülő erőforrások miatt belső konfliktusok, lázadások törtek ki, elsöpörték a vezető rétegeket, a törzsfőket és a papságot. Megdöbbentő, hogy nagyjából egy időben hagyták abba a szobrokkal kapcsolatos munkákat, azaz folytatták a munkát az utolsó pálmafáig. Vezetőik tekintélyükre, kényelmükre és vagyonukra gondolva valószínűleg nem merték időben elismerni, hogy már régóta tévúton vezetik a társadalmukat. A korábban bevált recept, miszerint a népet elkápráztató építkezések természetfeletti haszna a sziget jólétének oka, nagyon nehezen kopott ki a köztudatból, mert évszázadokig sikeres mintát jelentett. Az egyszerű emberek a munkájukat, társadalmi pozíciójukat félthették. Ha nem kell többé kőfaragó, vontató, felállító, miből élnek? Egyszerű lett volna a válasz: amennyiben még maradt fa, jóval kevesebbet dolgozva halászott, gazdálkodott volna mindenki, és alacsonyabb, de biztos színvonalon megélhettek volna. Nemcsak utódaikat, hanem a természetet is tönkretették a szoborállító, csak önmagukkal törődő, magukat felmagasztaló, ugyan nagyon okos és művelt, ám felelőtlen emberek, vezetők.

A szigeten elindult – az eredetileg ártatlan – versengés, ami a körülöttük lévő természet kiirtásához vezetett. Elég erős okai lehettek annak, hogy erre nem reagáltak. Az egyik valószínűleg az volt, hogy a főnökök és a papok azzal magyarázták a sziget jólétét, hogy az istenekkel kapcsolatban állnak, ehhez pedig kellenek ezek a nagy szobrok is (Diamond 2007: 117). Így elnyomhatták a nyilvánvaló visszajelzéseket is.

Diamond (2007: 246–272) összefoglalja a grönlandi vikingek kihalását, amelynek az egyik fő oka szintén az volt, hogy felélték a körülöttük lévő természetet, kivágták a fákat, és nem tudták megőrizni a talaj és a gyepszint egészségét túllegeltetés miatt (Diamond 2007: 263). Itt azonban a természet visszacsatolását már könnyebb volt figyelmen kívül hagyni, mivel ők már kereskedtek, több lábon álltak, amiben még bízhattak a túlélésüket tekintve.

3.3.3. Tanulható stratégiák

Diamond ismertet sikeresnek mondható történeteket is (Diamond 2007: 273–302). A sikeres kis szigetek az alulról szerveződés esetén meg tudták tartani a fenntartható gazdaságukat, mint a Tikopia-sziget, de a nagyobb települések (országok) esetében a felülről szervezettség elengedhetetlen volt, és az is elég ciklikusnak bizonyult. Japán esetét a 3.6. dobozban olvashatjuk, egy kicsit bővebben kifejtve, mert jól érzékelteti a külső és belső erők és a fejlődés okozta feszültségek kényszerének hatását.

3.6. DOBOZ
JAPÁN PÉLDÁJA

A Tokugava-kor előtt a házakat fából építették, azzal fűtöttek, és a népesség növekedésével rengeteg erdőt kiirtottak, tönkretették a talajt, így a harcok és az éhínségek gyakoriak voltak. Az uralkodók látták a problémát, és egészen aprólékos tervet dolgoztak ki a fa vágására, szállítására és felhasználására is. Hosszú távú bérleti szerződést kötöttek az erdők gondozására. Részletes nyilvántartást vezettek minden erdőről, tudták mennyi és milyen fa van az erdőkben. Ezekkel az intézkedésekkel elérték, hogy 1750 és 1800 között már növelni tudták a fakitermelés ütemét. Főleg vallási okokból zárt rendszerben működött Japán, ami segítette a szabályozható gazdaság működtetését (Diamond 2007: 289–302). Az adatok azt mutatják, hogy Japán alkalmazkodott az ökológiai korlátaihoz, mert a népesség és a művelt (öntözött) földterület is viszonylag állandó maradt – lassú növekedéssel (Totman 2006: 343–344). Talán hiba, ha a stabilitás korszakát stagnálásnak hívjuk, mert a stagnálásnak van egy negatív csengése, amennyiben minden a növekedésről szól. A másik probléma a negatív kicsengéssel az, hogy attól társadalmi területen lehet „növekedés", azaz fejlődés, és egyenesen pozitívum, ha ennek megvannak a megfelelő anyagi feltételei.

A dolognak azonban több oldala is van. Az erdősítést megelőzően már olyan szintet ért el az erdőhiány, hogy azt büntették, aki vigyázott az erdeire, és – mondvacsinált ürüggyel – kisajátították még azt a régiót is, ahol még dús erdőségek voltak (Totman 2006: 346). Mivel a fa az élethez feltétlenül szükséges nyersanyag volt (azaz a fát csupán lassan növő haszonnövénynek tekintették), ezért muszáj volt szigorú intézkedéseket hozni (A Meadows-féle B_5, a szabályrendszer módosítása ehhez elegendő volt). Látható, hogy ebben a korszakban is folyamatosan küzdöttek az ökológiai korlátokkal, még úgy is, hogy a zártságuk miatt adott volt a belterjes gazdálkodásuk. A zártság miatt erősebbek voltak az ökológiai korlátok, de a figyelmük – szükségszerűen – erre fókuszált, ami elősegítette az alkalmazkodást. A XVII. század végére nagyjából művelés alá vonták azt a földterületet, amit még megengedhetőnek tartottak.

Ha csak az erdőterületet, a mezőgazdaságot és a népességet vizsgáljuk, akkor valóban stabilitást tapasztalunk, de a bányászat – tehát a fémek is – ökológiai korlátot jelentettek (Totman 2006: 344). A földterület és népesség által jelzett állandóság mellett folyamatosan növelték az erőforrás-hatékonyságot, azaz visszanyúltak az ősi „praktikákhoz", jó gyakorlatokhoz, amivel a termésátlagokat jelentősen lehetett növelni. A talaj termőképességének biztosítása azonban különösen nehéznek bizonyult; a zöldtrágyáért már szinte küzdöttek, így a trágya megvásárlása jelentette a földművesek számára a legnagyobb kiadást. A népességszám azonban több helyen nőtt, újabb lakható területekre volt szükség, tovább csökkent a zöldtrágya mennyisége, ami szerkezeti váltást is eredményezett: a piacon kapható talajjavítókat vásárolták, és át kellett térniük árunövények termesztésére (Totman 2006: 348–350).

A Tokugava-korszak addig működött jól, amíg az ökológiai korlátok megengedték az adott rendszerben a – mérsékelt, a belterjes gazdálkodással is elérhető – növekedést, így elfogadták a szigorú társadalmi rétegződést is. Az erőforrások kimerülését a szegények érezték meg legjobban: éhínségeket, felkeléseket okozott (Totman 2006: 348). Így egy meggyengült társadalmi rendszer érkezett el a XIX. század közepére, amikor a szintén ökológiai korlátokkal (bár teljesen más okok miatt) küzdő Nyugat (ez esetben az Egyesült Államok) újabb területeket keresett. Az amerikai hadiflotta fellépése (1853-tól, Totman 2006: 389–391) kikényszerítette Japán kikötőinek megnyitását a külföld előtt. Eddig Japán még meg tudta védeni magát, egyrészt azért, mert a külső erők nem voltak annyira erősek, és az európai hatalmak találtak könnyebb és nagyobb hasznot hozó területet (gyarmatosítás). 1850 körülre azonban a Nyugat hadiereje odáig fejlődött, ahol Japánnak már esélye sem volt megvédeni magát, és nagyon kellett a nyugati hatalmaknak az a terület (Totman 2006: 384).

Japán nem akart a gyarmatok sorsára jutni, és mivel látták a hatalmas haditechnikai hátrányukat, muszáj volt fegyverkezésre jelentős pénzeket fordítaniuk. A szamurájok kifinomult harcművészete vajmi keveset ért a lőfegyverekkel szemben. Ez ismét szerkezeti változást idézett elő: a fegyverkezés miatti pénzügyi nyomás a helyi kultúra és lassan a gazdaság szétesését is okozta. A fejlett pénzügyi világ pillanatok alatt kivonta a pénzérméket az országból, átrendezte a kereskedelmet, és ahogy az olcsó áruk Ladakhban, úgy a selyem megrendítette több régió (pl. Kiotó) gazdasági helyzetét. Itt már nem találtak hagyományos ellenszert, mint a mezőgazdaságban a régi hagyományok alkalmazását, minden felfordult (mint Ladakhban), és új utat kellett keresni a túlélés érdekében. A Meiji-korszak a XX. század elejére elérte, hogy Japánban is megkezdődött a korszerű iparosodás, azaz az ökológiai rendszerek által felállított korlátokat érvényesítő szabályrendszerek eltűntek. A fát ismét kitermelhették és értékesíthették, valamint a külföld felé is megindulhatott az

az export, amelyből pénzt szerezhettek, és a növekedés pályájára állhattak át. Az ökológiai korlátok a valóságban nem sokat változtak, de ismét elfelejthették őket, és feláldozhatták a növekedés oltárán az erdőket és az egyéb meglévő értékeiket. Az 1890 előtti évtizedben mintegy 100 000 hektárnyi területet alakítottak át vízkultúrás művelésre, a száraz kultúrás művelés pedig kb. 80 000 hektárnyi földterülettel növekedett. A szénbányászat rohamosan fejlődött, aminek nagy részét idegen gőzhajók használták fel (Totman 2006: 418–420). Tömeges fakitermelés zajlott, gyakoriak lettek a földcsuszamlások, áradások, így az 1910-es években újra kezdték a szigorú erdőtelepítési programokat. Amikor már javulás következett be, a második világháború ismét megnövelte a fa iránti igényt, pl. az újjáépítésnél az épület- és tűzifaigényt, így 1950-re a japán erdők újra szánalmas helyzetbe kerültek. Ezután megint elkezdődtek az erdősítési programok, pl. 1954-ben 400 000 hektár erdőt telepítettek újra (Totman 2006: 681–682). A megnövekedett gazdasági igény, a fejlett életszínvonal sokkal függőbbé tette az országot, mint amennyire a nyitás előtt volt, és az ökológiai problémák is súlyosbodtak, súlyosbodnak (Totman 2006: 684–686).

Japán tanult az erdőirtások által bekövetkezett helyzetből, és a Tokugava-korszakban helyreállította az erdők arányát, egyfajta biztonságot teremtve. A külső hatalmak által kikényszerített átállás az ipari társadalomra ismét előidézte a Tokugava-kor előtti állapotot: jelentős erdőpusztítást hajtottak végre. Erre reagálva az 1910-es években ismét helyreállították az erdőket, ami a második világháború után újra katasztrofális állapotba került. Ezt újból elkezdték helyre hozni az 1950-es évektől, ami napjainkig tart. Viszont a nagyobb környezeti terhelés kikezdte az egyéb ökológiai rendszereiket is (lásd pl. a tengeri erőforrásokat). Így a Tokugava-korszak sikertörténete egy pillanatfelvétel csupán a hosszabb távú fejlődést nézve.

Az erdőségek és ökológiai rendszerek helyzete a jelenlegi társadalmi-gazdasági rendben – amelynek Japán is egyre tipikusabb példája – nehezen kezelhető, még akkor is, ha a jó szándék és a folyamatos odafigyelés (különösen az erdőkre) megvan. Példa még erre Dominika esete, ahol egy igazán keménykezű diktátor, Balaguer elnök mindent elkövetett, hogy az országából nagy erdőterülettel fedett, ökológiailag egészséges ország legyen. Áttette az erdők felügyeletét a hadsereg kezébe, betiltotta a szénégetést, a védendő területekhez hozzácsatolt tengeri területeket is, ahol 10 évre leállította a halászatot (Daimond 2007: 335–337). Ezek a rendelkezések sem elegendőek azonban az egész országot tekintve. Amikor más volt hatalmon, akkor az erdők helyzete ismét romlott. Amikor ismét ő volt hatalmon, visszaállította a kedvező folyamatokat, azonban más ökológiai rendszerek nála is sérültek. Így pl. a mezőgazdaságban a mérgező szerek használatát elnézték, mivel hasznot hozott az országnak a mezőgazdaságban, csakhogy az érintett területeken teljesen lerombolta az ökológiai rendszerek diverzitását (Diamond 2007: 341). A nooszférában azonban

ott maradt Balaguer erdőkkel kapcsolatos erőfeszítése, tehát a gondolkodásmód, az erdőségek hasznának megtapasztalása nemzeti örökséggé vált. Ezt segítik is még a kiterjedt nemzetipark-hálózatok és a még mindig jelentős erdőségek. Bár a környezet védelme elkerült a hadseregtől, a civil környezetvédelmek még mindig nagyon erősek, és a hatalom ellenzése ellenére nagyon hatékony munkát végeznek (Diamond 2007: 343). A dominikai példa is arra utal, hogy a felülről jövő bármilyen erőskezű vezetés sem képes egyértelmű sikerrel tartósan megvédeni a környezetet. A másik tanulsága viszont az, hogy az alulról jövő kezdeményezéseket megerősíti, mert sokak gondolkodásmódjára hat és cselekvésre készteti őket.

Az utolsó rövid példa Izland helyzete, ahol ismét találunk olyat, amit érdemes továbbvinni. Diamond összefoglalja a számunkra lényeges elemeket (3.7. doboz).

3.7. DOBOZ
IZLAND PÉLDÁJA

D

Diamond (2007: 203–207) alapján

Izland betelepítése 870-től kb. 930-ig tartott, főként norvég telepesek által. Onnan hozták az állattenyésztési kultúrájukat, ami disznó-, juh- és tehén-, illetve vadhús- és halgazdaságra terjedt ki. Itt a tehenek és a juhok esetén a legeltetés a fő állattartási mód, de valahogy az izlandi talaj sokkal érzékenyebb, mint a norvég, és – bár egyáltalán nem voltak önös szándékaik vagy túlnépesedési gondjaik – az emberek túllegeltették a földet, és tönkretették a talajt. Talán a legelőkhöz kellett a föld, mindenesetre gyakorlatilag az összes fát is kivágták fűtési és épületfának. Észrevehették volna az erdők végességét (mint ahogy észre is vették, csak akkor már azok nem voltak regenerálhatók). Lehet, hogy itt is a végtelen norvég erdők jártak az eszükben. Így aztán hamar kialakult a zölden hullámzó táj helyén az a kősivatag, ami miatt ma Izland ideális a Holdra készülők gyakorlatozásához is.

A fontos elem az, hogy amint észrevették a környezeti katasztrófát és a létfeltételeiket veszélyeztető magatartásukat, tudtak változtatni. Bőséget ugyan nem tudtak ismét létrehozni, mint Japánban az erdőkkel, de innentől nagyon megbecsülték, amijük volt: takarékosan bántak a maradék fával, felhagytak a disznók és tehenek tartásával, és a hegyekben a juhokból is sokkal kevesebbet tartottak. Egy-egy környék lakosai összefogtak, gazdasági együttműködő csoportokat hoztak létre, és megszabták a legeltetési időket, helyeket, hogy meg tudják fékezni a további eróziót és káros hatásokat. Izland lakói máig kockázatkerülők, félnek az újításoktól, aminek komoly alapja van. Attól nem kell félni, hogy lemaradnak, mert a hagyományos gazdagságmérő eszközeinkkel nézve, a leggazdagabbak közé tartoznak.

Diamond azzal érvel az alulról, felülről való szervezettség kérdésénél, hogy ha túl nagy méretű egy ország, akkor az egyén nem látja át cselekedeteinek hatásait, ezért kell a felső szervező erő. A példákból azonban úgy tűnik, mindkét út szükséges: egy fenti jó szellemű vezetés és alulról a közösségek irányítási lehetősége egyaránt fontos.

3.4. A JELENLEGI CIVILIZÁCIÓ FORDULÓPONTJA

A 3.2. fejezetben leírt esetek azt támasztják alá, hogy az emberi önérdek érvényesülését a szűkös erőforrások esetében korlátozni kell (törzsi társadalmak) a tartós közösségi lét érdekében. Az 1.1. fejezetben található a felvilágosodás hatásának az elemzése a mai korra vonatkozóan. Ez alapján el lehet képzelni a XVIII–XIX. századi gondolkodást, és azt is, ahogy a gazdaságot alakították. Az a szerves állapot, amit korábban elemeztünk, már régen felbomlott, és a gazdaságnak is valamiféle irányt kellett szabni. Polányi (2001) elemzi a fiziokraták (lásd Francois Quesnay) álláspontját, ahol csak a természet termel értéket. Az általuk képviselt természetes rend azonban csak a bölcs kormányzás által irányított mezőgazdaság és ipar szabályozását jelentette (Polányi 2001: 181), mégis úgy értelmezik, hogy állításuk szerint a természet mintájára, egy láthatatlan kéz által vezérelve, a gazdasági szereplők is maguktól kialakítják majd a megfelelő, harmonikus rendet (Capra és Luisi 2014: 49). Adam Smith, mondhatjuk, hogy a közgazdaságtan megalapítója (Nemzetek gazdagsága, 1776) mindenesetre a könyve elején kizárta mind a biológiai, mind a földrajzi tényezőket azzal, hogy csak az emberi tényezők számítanak, tehát a gazdaságot csak társadalmi cselekvésként értelmezte. Visszahelyezte jogaiba az ipart, és a munkamegosztást helyezte a gazdaság középpontjába (Polányi 2001: 154), de a láthatatlan kéznek megfelelő gondolatiság az elméletének központi eleme (Tóth 2016: 92–93). A természetes szabadság rendszerében a csereberélési és gazdagodási ösztön mint az ember veleszületett tulajdonsága érvényre juthat (Tóth 2016: 96). Ricardo támogatta ezt az álláspontot, miszerint a szabadkereskedelem hozzájárul az emberek általános jólétéhez. Az, hogy azt hitték, az önszabályozó piac a természet kérlelhetetlen törvényeiből következik, indokolta azt, hogy eltávolítsák a piac béklyóit (Polányi 2001: 171).

1820 körül értünk el egy olyan állapotba, amely megteremtette a javak szabadon áramlásának lehetőségét, azaz létrehozta a szabadkereskedelem számára az optimális környezetet a munkaerőpiac kialakításával, és azzal, hogy a pénz előállítását alárendelték egy automatikus mechanizmusnak (Polányi 2001: 182). Itt a pénzt még az aranystandardra alapozták, és az embereknek könnyebb volt hinni benne, ha az az aranyat képviseli (Polányi 2001: 50). Így az arany, mint korlátosan rendelkezésre álló természeti tényező, még tudott egyfajta visszacsatolást biztosítani a gazdasági növekedés féken tartásához. Így alakult ki a nyereségre és haszonra épülő gazdasági-társadalmi élet. Valahol itt érhette el a természetes szabadság, a gazdagodási ösztön azt a fordulópontot (2.4. fejezet), ahol már ez a szemlélet elérte a kritikus küszöböt, és átvette a gazdasági élet felett a hatalmat.

A társadalom érezte a szabadkereskedelem nyomán elszabaduló gazdaság hatását, ez a szegénytörvénnyel kapcsolatos fejleményekben nyomon követhető (Polányi nagyon sokat foglalkozik azzal, hogy az állam vagy a közösségek milyen jogszabályokat hoznak, amelyekkel a szegények ellátásáról és támogatásáról rendelkeznek). Nyilván a szegénytörvény is abban a formájában valósult meg, ahogy az a gazdaságnak a legjobban megfelelt. Robert Owen, aki textilgyáros volt, nagyon jól érezte az ilyen típusú gazdaság kialakulásának a társadalomra gyakorolt hatását. 1817-ben leírta azt, hogy ha a manufaktúrák működésének nem szab semmi határt, azaz hagyják a nyereség- és profitorientált működésüket, akkor az egy új jellemet alakít ki az ország lakosaiban, és ez kedvezőtlen az egyén és a társadalom boldogságára nézve. Ezt az észrevételét igazolja Zimbardónak a híres börtönkísérlete is, ahol az őrnek és fogolynak véletlenszerűen beosztott emberek nagyon gyorsan a szerepük szerint kezdtek el viselkedni (Zimbardo 2007). Ez az új jellem azért alakul ki, mert a régebbi, természetbe és közösségbe való beágyazottságuk megszűnt, ki vannak szolgáltatva a munkavállalónak, eltűnt az önbecsülésük. Itt nyilvánvaló a párhuzam a ladakhi fejlődéssel. Ezért sürgette Owen, hogy szervezzék át a társadalmat az igazságosság ideáljának megfelelően a társadalom magjából, a falusi közösségekből (Polányi 2001: 172–173). Ebben pedig a természeti alapokhoz való visszanyúlást sürgette, nyilván nem ezekkel a kifejezésekkel. Itt ráismerhetünk Spengler kultúrafogalmára, miszerint a föld a kultúrák alapja, ahogyan az kifejlődik a parasztság és a természet kapcsolatából.

Utalhatunk még itt Mumfordnak arra az észrevételére, hogy a természethez való újbóli kapcsolódás jelenthet megoldást (3.2. fejezet). Ekkorra azonban a folyamat már feltartóztathatatlan volt, és ez az önműködő gazdasági-társadalmi rendszer a nagy gazdasági világválságba torkollott. Úgy oldották meg a problémát, hogy – Keynes nyomán – áttették a súlypontot a makrogazdaságra és a kormányzati intézkedésekre. Ez azonban inkább csak a rendszer finomhangolására volt elegendő, B_5-típusú beavatkozás, de a célok nem változtak.

Mindig voltak olyanok, akik a főáramú fejlődés árnyoldalaira is felhívták a figyelmet, amelyek szintén a nooszféra részei lettek. Az általános fejlődési tendenciákat tekintve nem nagyon befolyásolták a főáramot (bár az írásaik idézettségét tekintve nem sokkal maradnak el a főáramú szerzők idézettségeitől). Tóth (2016: 240–262) nagyon alaposan és részletesen áttekinti a haszongazdaság és az erkölcs- vagy morálgazdaság párhuzamosságát és az utóbbi súlytalanságát. Ez teljesen érthető is, hiszen az emberek a mindennapi élet során olyan fejlesztéseket szerettek volna, amelyek megkönnyítik azt, tehát a figyelmük a fizikai területre irányult. Ez magyarázza a GDP általános használatát is, amivel mérni lehetett ezt a fizikai fejlődést.

3.5. ÖSSZEGZÉS

Az eddigi civilizációkat nézve, és összehasonlítva azokat a sajátunkkal, megállapíthatjuk, hogy az utolsó fázis több jellemzőjét is hordozzuk. Amennyiben a hagyományos struktúra fenntartásához szükséges újabb erőforrásokat még pótolni tudjuk, akkor a civilizációs formát is tartani tudjuk még. Az erőforrások pótlása egyre nehezebb, amit mutat például a palagáz-kitermelés is, ami már elég rossz hatékonyságú (alacsony EROI, lásd majd a 4.4. fejezetet), rövid az életciklusa, és nagy környezeti károkkal jár (Hall és mtsai 2014). A megújuló energiák hagyományos hasznosítása (nap, szél, víz) olyan technológiával történik, amely erősen támaszkodik a szűkösen rendelkezésre álló ásványércekre. Ha ezekből a tényezőkből indulunk ki (a következő fejezetben erről lesz szó), akkor a civilizációnk még egy darabig működőképes lehet, mivel még vannak újabb erőforrások (más országokban, védett területeken), de okosabb lenne ezeket a maradék erőforrásokat az átállásra fordítani.

Ismét feltűnik a nooszféra és az abból származó, származtatható információáramlás szerepe. Csak egy példát vegyünk: a talajeróziót. Ismert volt az izlandiaknál, a Húsvét-szigeten, a japánoknál, gyakorlatilag mindenhol. Tudják, hogy az eróziót főként a vizet megtartó növényzet kiirtása okozza, ami tönkreteszi az élelmiszertermelést is. A japánoknál ráadásul ez elég gyakran meg is ismétlődött. Kérdés, hogy amikor a fákat kivágják, van-e erről tudomásuk? Egyáltalán használna-e, ha azzal kelnének fel, hogy ma megyek, kivágom a fákat, ezzel – előbb-utóbb – azt okozom, hogy tönkreteszem a talajt, és nem lesz mit ennünk? Vagy egy nagyobb jó érdekében cselekszenek? Vagy azt gondolják, hogy lesz még máshol ennivaló, ez a kicsi nem számít? Vagy a közvetlen létfenntartás diktálja a fakivágást, ha mondjuk valahol egy hektárt kivág, akkor lesz termőföldje? Vagy nem is foglalkozik vele, mert ez a munkája, megbízták, kivágja? Itt nyugodtan gondolhatunk saját magunkra és a környezetünkre is: vajon milyen intézkedéseket teszünk, hogy – például – megelőzzük a talajeróziót, az erdők kivágását? És ha már rájöttünk, hogy rosszat tettünk, hogyan próbáljuk orvosolni a bajt?

Vajon hogy lehet elérni, hogy – amint azt a könyv szellemisége sugallja – annyi erdőt vágjanak ki, amennyi nem sérti az ökológiai rendszerek rezilienciáját? A történelmi példák segítenek abban, hogy bővítsük azt az ismeretanyagot, amelyet lehívhatunk a nooszférából, és lássuk a jó példákat, mint a törzsi társadalmakét vagy Ladakhét. Egyszerű szabályrendszerekkel (B_5) látványos sikereket lehet elérni, és amint azokra a közösségekre bízzuk a döntést, amelyek a természettel való együttműködés hatásait érzik, ott fent lehet tartani, illetve helyre lehet hozni a dolgokat (amíg egy külső erő rájuk nem kényszerít egy másfajta magatartást).

4. Túl a határokon: Az emberi tevékenység rendszerszintű hatása a bioszférára

Láttuk a korábbi civilizációk esetében, hogy a társadalmi, gazdasági és ökológiai környezet együttes hatása az, ami a civilizációk bukását okozza, így a mostani civilizáció vizsgálatakor is ebből az összefonódott kapcsolatrendszerből indulunk ki, amelyet később részletezünk. A tényleges hatások felmérésénél is csak néhány jellemző mutatóra koncentrálunk, például az ökológiai lábnyomra.

Az első fejezetben bemutattuk, hogy nagyon nagy haladást értünk el abban az értelemben, hogy sokkal többet tudunk már az ember és környezetének elválaszthatatlan együttlétezéséről és az élő környezetünk jelentőségéről. Ezek a felismerések azonban a főáramú gondolkodásunkban nem jutnak érvényre, és az előző civilizációk nyomdokain haladunk. A jelenkor társadalmai a fosszilis erőforrásokból nyert olcsó energiával hatalmas technológiai rendszert építenek ki. Ezek a fosszilis erőforrások földtörténeti léptékkel mérve csupán rövid ideig állnak rendelkezésre. Ezek helyettesíthetőségéről nem gondoskodtunk, és magáról a helyettesíthetőség tényéről sem bizonyosodtunk meg (hasonlóan a húsvét-szigetiek esetéhez). Ezzel figyelmen kívül hagyjuk a legalapvetőbb, a természet által követett tervezési elveket. Ennek következményét a 4.1. fejezetben foglalunk össze röviden. Azután részletezzük, hogy ezek a hatások hogyan jelentkeznek a társadalom, a gazdaság és az energiaellátás területén.

4.1. A KOMPLEX GAZDASÁGI-TÁRSADALMI-ÖKOLÓGIAI RENDSZER STRUKTURÁLIS PROBLÉMÁI

A teljes rendszerek tanulmányozása rávilágított a rendszergondolkodás fontosságára (1.3. fejezet), és ez magával hozta a megfelelő matematikai módszerek eszköztárának bővülését. Ezekből most a rendszerdinamikai modellezést (2.4. fejezet) emeljük ki, amely alkalmas eszköz a komplex rendszerek – mint Gaia – modellezésére. Az 1972-es Római Klub-jelentés közölte először az ebből származó eredményeket (Meadows és mtsai 1972), ami felhívta a figyelmet a civilizációnk növekedési korlátaira. Hetesi és Kiss (2018), illetve Erdős (2023) részletesen összefoglalja a modell lényegét, itt csak a legfontosabb folyamatokat tekintjük át (4.1. doboz).

Kétségkívül vannak a stabilizált változatnak utópisztikus elemei, mint például az, hogy mindenki gazdag legyen. Ez azonban nem zavaró a modell szempontjából, mert csak annyi a szerepe, hogy nem állítja le idő előtt a modell futását. A kevésbé

4.1. DOBOZ
A NÖVEKEDÉS HATÁRAI – A WORLD 3 VILÁGMODELL

D

Hetesi és Kiss (2018) alapján

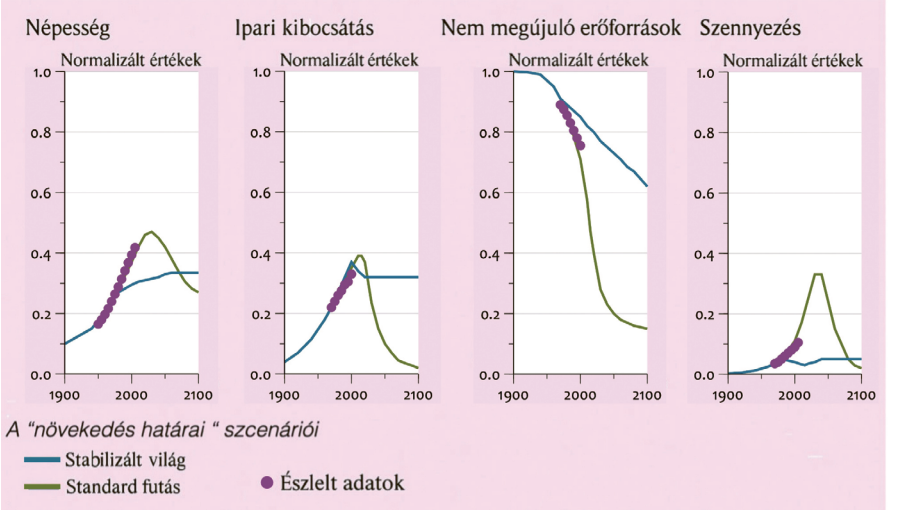
A modell a világ gazdaságát mint egy egységes rendszert ábrázolja, beleértve a gazdaság és környezete kölcsönhatásait is. A modell központi elemei a népességváltozás és az ipari termelőtőke változása. Mindkettő exponenciális növekedésre hajlamos annak ellenére, hogy mindkét folyamatba beépítették a csökkentő folyamatokat, azaz a halálozást és az amortizációt (a beruházások elhasználódását) is. A folyamatokat behatároló legfontosabb tényezők a következők: (1) a mezőgazdaság számára elérhető földterület; (2) a talaj termelékenysége; (3) az egységnyi mezőgazdasági terület által termelhető mezőgazdasági termények felső határa; (4) a kitermelhető, nem megújuló erőforrások összességének határa; (5) a környezet azon képességének határa, amellyel képes annak a hulladéknak az asszimilálására, amely a termelés és a fogyasztás során lép fel. Ez a határ csökken, míg a szennyezés szintje nő.

A rendszer viselkedését a kulcsváltozók múltbeli trendjei reprezentálták. Belevették azokat a hatásokat is, amelyek a változók közötti kölcsönhatásokból eredtek. Ezeket a kölcsönhatásokat modellezték. A modell időbeni lefolyása mindegyik változó esetében függött a többi változótól, azok egymásra való hatásától. A népesség és az ipari termelés mellett még három olyan fontos elem van, amit az eredmények bemutatásakor kiemeltek, melyek az ipari termeléssel és a népességgel is szoros kapcsolatban állnak: az erőforrások, az élelmiszertermelés és az állandósult környezetszennyezés. A modell célja – ahogy a valóságban is – a növekedés (Meadows és mtsai 2005: 177), amelynek csak az erőforráskorlátok szabnak határt. A népesség növekedése önmagától, egyéb korlát elérése nélkül akkor áll le, ha mindenki gazdag lesz. Látható, hogy olyan célokat követ a modell, amelyeket valósnak fogadhatunk el.

Egy világos üzenete volt a modellnek (lásd a „standard" futást a 4.1. ábrán): Amennyiben folytatódik az a növekedési ütem, amely a világ népességszámát, az iparosítást, a szennyezést, az élelmiszer-termelést és az erőforrások kimerülését jellemzi, elérjük a Föld növekedési határait a következő száz évben. A legvalószínűbb kimenetel egy hirtelen és ellenőrizhetetlen csökkenés lesz előbb a népességben, azután az ipari termelési kapacitásokban. Meg lehet azonban változtatni ezeket a trendeket, és meg lehet teremteni egy ökológiai és gazdasági stabilitás feltételeit a távoli jövőre vonatkozóan, még a növekedési céllal együtt is. Meg kell tervezni a globális egyensúly állapotát, így a Föld minden lakójának anyagi igényeit ki lehet elégíteni, és minden egyes embernek egyforma lehetősége lehet arra, hogy kiteljesítse saját személyes szükségleteit. Az egyik forgatókönyv szerint így lehet stabilizálni a világ állapotát, ahol korlátozzák a népesség növekedését és az ipari (anyagi) termelést. E szerint olyan műszaki megoldásokat vezetnek be, amelyekkel csökkentik a szennyezést és

a talajeróziót; óvják az erőforrásokat, például a mezőgazdasági területeket, miközben növelik az élelmiszer-termelést a szükséges szintre. A többi forgatókönyvhöz képest ennek az az új eleme, hogy előteremtik a szükséges új technológiák bevezetéséhez az anyagi fedezetet. Ezek a változtatások stabil fejlődési pályát mutatnak be, amit a 4.1. ábrán láthatunk (a „stabilizált" verzió). A szerzők ezenkívül megjegyezték, hogy minél hamarabb el kell kezdeni dolgozni ezeken a változtatásokon, ha sikert akarunk elérni.

A világmodellt az első kiadása után 20, illetve 30 év után felülvizsgálták (Meadows és mtsai 2005), korszerűsítették, a megfelelő paramétereket módosították, és újra lefuttatták a szcenáriókat. Nem következett be olyan szintű változás a modellek eredményeiben, ami megkérdőjelezte volna az 1972-es eredeti modell érvényességét. Az utolsó kiadásban már sokkal pesszimistábbak voltak a szerzők, és határozottabban fogalmaztak. Megállapították, hogy az elmúlt 30 évben a vitatkozáson és elmélkedésen kívül nem sok minden történt. Nem csak ők végeztek utánkövetést, hanem két kutatócsoport is, hasonló eredménnyel. Ebből az egyiket, egy holland környezetvédelmi értékelő intézetnek (NEAA) a jelentését ismertetjük, amely kiegészítette az előrejelzéseket a megfigyelt adatokkal (4.1. ábra).



4.1. ábra: A NEAA felmérése a standard futásnak és a stabilizált változatnak az észlelt globális adatokkal való összevetésére
Forrás: Van Vuuren és Faber 2009.

Az ábra tartalmazza azt a változtatás nélküli helyzetet (standard futás), amely szerint összeomlás következik be (zöld vonal). Bejelölték kék színnel azt a stabilizált változatot is, amelyhez akkor (70-es évek) változtatásokat kellett volna

bevezetni. A rózsaszín körök jelentik a tényleges felmérés adatait. A népességnél, valamint a nem megújuló erőforrásoknál látható, hogy a tényadatok szorosan követik a standard futás forgatókönyvét. A szennyezés talán valamivel alatta marad a standard futás eredményeinek, de sokkal közelebb van hozzá, mint a normalizált esethez. Az ipari termelés esetében a két szcenárió azonos lefutást mutat a rendelkezésre álló tényadatok időszakáig. Az utánkövetés megerősíti, hogy semmilyen lényegi változtatás nem történt. A modell előző verziója, a World 2 modell alapján egy Magyarországra adaptált verzió is készült (Nováky és Cserháti 1996).

erős cél, hogy így a Föld minden lakójának anyagi igényeit ki lehet elégíteni, és minden egyes embernek egyforma lehetősége lehet arra, hogy kiteljesítse saját személyes szükségleteit, ismét csak nincs a jelenlegi célrendszerben (akkor nem menne kevesebb gazdagság az alsó 50%-hoz, mint a felső 1%-hoz [lásd a 4.5.4. fejezetet]). Éppen ezért ez még egy könnyítés is lehetett volna a megvalósítás terén; az élelmiszer-termelési igények csökkentésével egyszerűbb lett volna a rendszer stabilizálása. A technológiaváltás jelenthette volna az igazi változást, amire bőven volt lehetőség, de senkinek nem állt (üzleti) érdekében. Egy közismert probléma Ázsiában a gyors népességnövekedés következtében kialakuló városi zsúfoltság. Mindez még inkább szükségessé teszi a tiszta technológiák alkalmazását, hogy a térség fejlődése ne vezessen globális szintű katasztrofális romláshoz. Ezt Hart (1997) is alátámasztja: a tiszta technológiákra rendkívül nagy szükség van Ázsia növekvő gazdaságaiban, mert ott a városi környezetszennyezés már tarthatatlan mértéket öltött. Éppen a termelés ilyen gyors növekedése miatt – a tőkeállomány hatévente megduplázódik – azonban egy eddig példátlan lehetőség kínálkozik a korábbi termékek és eljárások új, tisztább módszerekkel történő helyettesítésére. A tény az, hogy nyilvánvalóan nem a legfejlettebb technológiát exportálták a fejlődő országokba (lásd például Japán Mongóliába irányuló használtautó-exportja [Wang és mtsai 2019]).

Elmondható, hogy az olyan mértékű összefogás, amely ennek a stabilizált forgatókönyvnek a megvalósításához kellett volna, egyszerűen nem volt benne a rendszerben – és úgy tűnik, a szándék sem. Hasonló a helyzet, mint a klímaváltozásnál: azonnal megjelennek a „talán mégsem" vagy a „nem vették figyelembe, hogy…" vélemények, amelyek azonnal kétséget ébresztenek, és így a döntéshozók felmentve érezhetik magukat. A klímaváltozás esetében nem pusztán arról van szó, hogy az előrejelzések mindig is hordoznak bizonytalanságot, hanem sokkal inkább arról, hogy a gazdasági és politikai döntéshozók tényleges döntései szembemennek az IPCC által képviselt, mintegy 30 000 tudós álláspontjával – mintha a klímaválság nem is létezne. Ez ahhoz hasonlítható, mint amikor valaki tudja, hogy amit tesz, ártalmas, mégis keres valami kifogást – és folytatja tovább, mintha mi sem történt volna. Természetesen a gazdaság esetében kevésbé nyilvánvaló, hogy rossz irányba haladunk, ám

– amint ebben a fejezetben látni fogjuk – sok egyértelmű tényt kell figyelmen kívül hagyni ahhoz, hogy valaki azt gondolhassa: minden rendben van úgy, ahogy van.

A következőkben részletesen bemutatjuk az ilyen típusú fejlődés társadalmi, gazdasági és környezeti hatásait.

4.2. AZ ÖKOLÓGIAI KÖRNYEZETRE VALÓ HATÁS

Melyek a körülöttünk lévő környezet, vagyis az ökológiai rendszerek legfontosabb jellemzői? Milyen elveket kellene tiszteletben tartanunk? Hogyan kapcsolódhatunk ezekhez a rendszerekhez úgy, hogy közben hozzájáruljunk Gaia régóta fenntartott dinamikus egyensúlyához? A stabilitás eléréséhez a hálózatoknak külön-külön és együtt is jól kell működniük. Mivel a természeti hálózat egyrészt a nyersanyagok révén a gazdaság alapját adja – ebben az értelemben ez a főrendszer –, másrészt a létfeltételeken keresztül – mint a tiszta levegő és víz – jelentős hatással van a társadalom tagjainak jólétére, ezért mindenképpen kitüntetett figyelmet érdemel. Nem biztosítható a természet mint főrendszer és annak alrendszerei (gazdasági, társadalmi rendszer) közötti összhang, ha az egyik alrendszer „diktál" a főrendszernek (Hajnal 2008).

4.2.1. Az ökológiai rendszerek fontosabb jellemzői

Az ökoszisztéma – ez alatt kizárólag az ökológiai rendszereket értjük – a kölcsönhatásban lévő biotikus (növény- és állatpopulációk összessége), valamint abiotikus, azaz a nem élő környezet rendszere (Perman és mtsai 2011: 25). Egy ökoszisztéma különböző léptékekben is meghatározható. Lehet egy tó vagy egy mező, de akár a teljes bioszféra is. Holling az 1973-as cikkében így fogalmazza meg az ökológiai rendszerek két fő tulajdonságát: *„Az egyik tulajdonság az úgynevezett stabilitás, amely egy rendszer azon képességét jelenti, hogy egy átmeneti zavar után visszatér az egyensúlyi állapotába; minél gyorsabban tér vissza, és minél kevésbé ingadozik, annál stabilabbnak tekinthető. Létezik azonban egy másik tulajdonság is, amelyet rezilienciának neveznek. Ez a rendszerek tartósságának mértéke, illetve annak képessége, hogy elviseljék a változásokat és zavarokat, miközben továbbra is fenntartják a populációk vagy állapotváltozók közötti viszonyokat.*" (Holling 1973: 14). Ahogy láttuk *Az egész rendszerek tudománya* című fejezetben (1.3. fejezet), az élő rendszerek állandóan változnak, így nem tekinthetők egyensúlyi rendszereknek (lásd még Nagy 2018). A Holling-féle definícióban az egyensúly rendszerszintű: egy evolúciósan stabil állapotot jelent, ami az evolúciósan stabil stratégiák között kialakult általános egyensúly (Fewster 2021: 131). Láthatjuk, hogy a reziliencia egy tágabb fogalom: nem feltételezi az egyes populációk stabilitását, csupán azt, hogy az ökoszisztéma egésze képes megőrizni funkcionális és szervezeti struktúráját a változások és zavarok ellenére is. A rezilienciának nagyon fontos eleme a biodiverzitás (Fewster 2021:

131). A biodiverzitás az élet sokfélesége a Földön – minden formában és minden szinten, a génektől a mikrobákon át az emberekig és minden más fajig, beleértve azokat is, amelyeket még nem fedeztünk fel. Az emberek a biodiverzitásra támaszkodnak az élelem, az üzemanyag, a menedék, a gyógyszerek, a szépség és az öröm forrásaként. Más fajok számára is létfontosságú: tápanyagokat biztosít, elősegíti a magok terjedését, a beporzást és a sikeres szaporodást. Egyetlen élőlény sem maradhatna fenn biodiverzitás nélkül (Fewster 2021: 92) – ez minden ökológiai rendszerre érvényes.

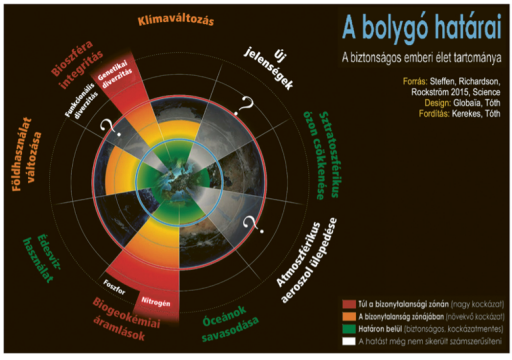
4.2.2. A planetáris határok túllépése

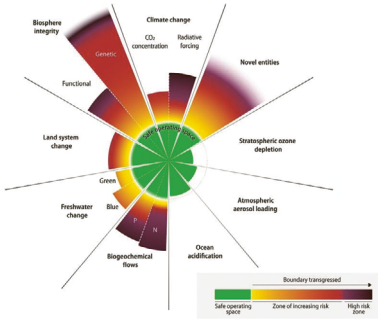
A 4.1. fejezetben már volt szó az ökológiai környezet tartós károsodásáról; itt inkább csak a mértékére szeretnénk rávilágítani (4.2. doboz). Már rendszeresnek tekinthető, hogy kiadnak egy-egy jelentést arról, hogy mennyire tartjuk tiszteletben a bolygó korlátait (Rockström és mtsai 2009; Steffen és mtsai 2015; Richardson és mtsai 2023). A 2015-ös jelentésről Tóth írt tanulmányt (2022).

4.2. DOBOZ
PLANETÁRIS HATÁS

D

Az átfogó kutatások alapján levonhatjuk azt a következtetést, hogy bolygónkon az emberi tevékenység több területen is jelentősen túllépte azt a szintet, amely még az emberi tevékenységet kezelhető korlátok között tarthatná. Az emberi hatás kiterjed a bolygó minden részére, azaz nemcsak az élő természet pusztulásában nyilvánul meg, hanem az éghajlatváltozásban, a légkör szennyeződésében stb., sőt, a természet rendszereinek szinte minden elemében. A szabályozó



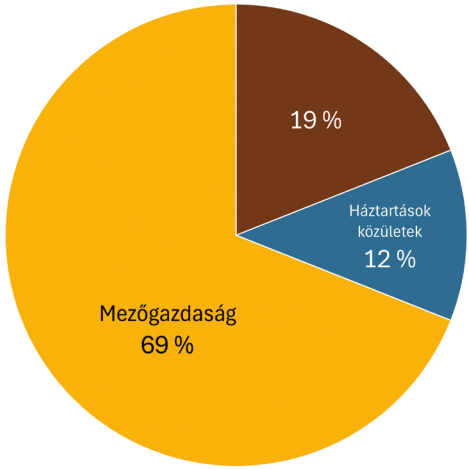


4.2. ábra: A bolygó határainak túllépése – 2015 és 2023
Forrás: 2015-ös adatok: Tóth 2022; 2023-as adatok: Richardson és munkatársai 2023

mechanizmusok, anyagciklusok stb. zavaraiban is tetten érhető. Az említett kutatások eredményeit a 4.2. ábra foglalja össze.

Az egyes elemek részletes vizsgálata alapján a következő megállapítások tehetők. 2023-ra már mind a 9 területet azonosították és mérni tudták. A kilenc területből hat esetében léptük át a bolygó korlátait. Az ábra alapján a legkomolyabb problémát három területen látjuk: (1) a bioszféra integritása (pl. fajkihalások, a diverzitás csökkenése), (2) a biokémiai ciklusok (foszfor, nitrogén) és az (3) új jelenségek területe, mint például a szintetikus kémiai elemek, a radioaktív anyagok vagy a GMO-élelmiszerek (Richardson és mtsai 2023).

(1) Bioszféra integritása: itt főként az a fajkihalási hullám jelentős, amely az emberi tevékenység, az antropocén hatás következtében zajlik. Ez az élőhely elpusztításán, a túlhasználaton (lehalászás, vadászat stb.) és a természetes növénytakaró átalakításán keresztül közvetlenül, egyéb hatásokon (szennyezés, invazív fajok betelepítése stb.) keresztül pedig közvetve zajlik. A kutatások azt mutatják, hogy a jelenlegi fajkihalás sebessége a természetes folyamatoknál két-három nagyságrenddel gyorsabb.
(2) Biokémiai ciklusok: a természetes nitrogén- és foszforkörforgás felborulása, a vizek nitrátosodása. Ennek legfontosabb okai a zöldforradalomnak nevezett iparosított mezőgazdaság és az emberi eredetű szennyvíz élővizekbe jutása.
(3) Új jelenségek: A mesterséges anyagok rendszerszerű kezelésére nincsenek az élő rendszerek felkészítve (lásd az óceánok műanyagszennyezését).
(4) Az éghajlat változása: Ismét a veszélyes zónában van, amiben közrejátszik a CO_2 állandó növelése, vagy a légköri CO_2-koncentráció változása.
(5) Édesvízhasználat: a kémiai szennyeződés fokozódása szintén jelentős probléma. Jelenleg a Földön évente körülbelül négymilliárd m^3 vizet használ el az emberiség. Ennek jelentős része öntözővíz vagy ipari felhasználás, amely lényegében azonnal szennyvízzé válik. A Földön évente körülbelül 10 milliárd m^3 édesvíz érhető el közvetlenül a természetes vízkörforgás keretei között, azaz az elérhető édesvíz majdnem felét az emberiség használja. Ennek a megoszlása látható a 4.3. ábrán, ahol a legvilágosabb rész mutatja a lakossági, a sötétebb az ipari és a legsötétebb a mezőgazdasági felhasználást, ami országonként változó.
(6) Földhasználat-változás: túl sok földterületet, erdőterületet és vízterületet alakítunk át a saját céljainkra, amit még ebben a fejezetben tárgyalunk (Net Primary Production, NPP).

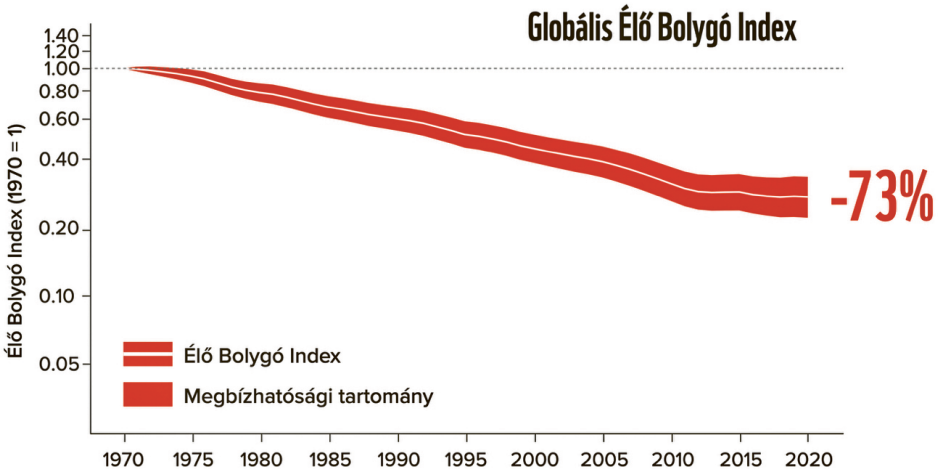


4.3. ábra A felhasznált édesvíz hasznosulás szerinti megoszlása
Forrás: https://bio.libretexts.org/Bookshelves/Ecology/Environmental_Science_%28Ha_and_Schleiger%29/04%3A_Humans_and_the_Environment/4.02%3A_Water_Resources/4.2.02%3A_Water_Usage?utm_source=chatgpt.com (Letöltve: 2025. március 2.)

Összességében megállapítható, hogy a bolygó ökoszisztémája, a tengerek állapota, a talaj, az éghajlat változása mind olyan faktor, amely a bolygó létfenntartási korlátainak jelentős túllépését mutatják. Az is megállapítható, hogy az antropogén hatás sok esetben visszavonhatatlannak tűnő károkat okozott, de legalábbis nem garantálható már tudományos bizonyossággal a helyzet visszafordíthatósága.

Egy másfajta megközelítéssel: Edward Wilson, akit a biodiverzitási elmélet atyjának tekintenek, felsorolja azokat a fő emberi tevékenységeket, amelyek a legnagyobb károkat okozzák az ökoszisztémákban (Fewster 2021: 93). Ezek a következők: az élőhelyek pusztítása, az invazív fajok, a szennyezés, a népességnövekedés, a túlhalászás és a túlvadászás. A fajkihalás itt is a legfontosabb tényezők között van, amit a 4.2. ábrán látható piros rész nem is érzékeltet megfelelően, ezért ezt a problémát bemutatjuk az LPI (Living Planet Index) mutatószáma segítségével. A 2024-es jelentés (WWF 2024) megállapítja, hogy 1970-től 2020-ig, azaz ötven év alatt a megfigyelt élővilág-populációk 73%-kal csökkentek – tehát az eredeti érték 27%-ára estek vissza, nem 73%-ra (lásd a 4.4. ábrát).

Ahogy a 4.2. dobozban már utaltunk rá, az édesvíznek majdnem a felét az emberiség használja fel, de hasonlóan indokolatlanul nagy arányban használjuk fel a bioszféra energiakészletét, ami a táplálékláncok alapját képezi, és amelynek előállítására kizárólag a növények képesek. A növényzet elsődleges termelékenysége (primary production, PP) azt a teljes szénmennyiséget tükrözi, amelyet a növények évente



4.4. ábra: A globális élő bolygó indexe (2024)
Forrás: https://wwf.hu/wp-content/uploads/2024/10/EloBolygoJelentes2024_osszefoglalo_HUN.pdf (Letöltve: 2025. március 2.)

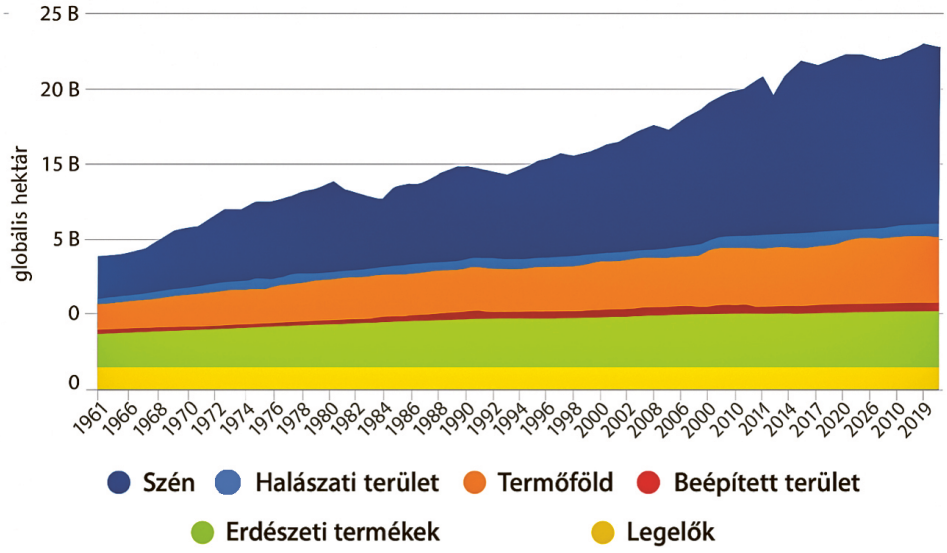
megkötnek a fotoszintézis során. A bruttóból (GPP) levonjuk azt a mennyiséget, amit a növényzet a maga számára fenntart, és a maradék, nettó érték (NPP) marad az összes egyéb élőlény számára. Rees (1996) elemzése szerint a szárazföld NPP-jének mintegy 40%-át és a tengerek partjainak (halászat, olaj, gázlelőhelyek) mintegy 25–35%-át az ember birtokolja. Sokat mond a részletesebb elemzés is. Vitousek és munkatársai (1986) kimutatják, hogy az az érték viszonylag alacsony, mindössze 4%, amit ebből az ember és a háziállatok elfogyasztanak. Azonban, ha azt nézzük, hogy jelentős földterületeket használnak fel arra, hogy a saját élelmüket előállítsák (szántóföldek, legelők), kiirtják az erdőket, és vasutakat, utakat építenek, akkor az emberek által lefoglalt NPP eléri a 40%-ot.

Az NPP a megújuló, állandóan újratermelődő energiát jelenti elsősorban, de az idők folyamán eltárolt szénmennyiséget az emberiség fosszilis energia formájában néhány évtized alatt feléli, amint azt majd a 4.5. fejezetben látjuk. A jelenlegi és a múltbéli NPP felhasználása jó megközelítése az emberiség teljes ökoszisztéma-felhasználásának, azaz másképpen az ökológiai lábnyomának.

Benedek és munkatársai (2012) illetve Csutora (2011) részletesen összefoglalják magyar nyelven az ökológiai lábnyom fontos jellemzőit. A fogalom megalkotói Wackernagel és Rees (1996), az aktuális mérésekről, módszerekről a honlapjukon olvashatunk: (https://www.footprintnetwork.org/our-work/ecological-footprint/ (Letöltve: 2025. március 5.). Itt csak röviden ismertetjük a módszer lényegét.

Az ökológiai lábnyom azt mutatja, mennyi földterület kell ahhoz, hogy az igényeink kielégítéshez biztosítsuk az erőforrásokat, és a keletkező hulladékot is feldolgozzuk. A jelenlegi mérték azt mutatja, hogy több mint egy Földre lenne szükség ahhoz, hogy ez az életmód fenntartható legyen. Ehhez igazodva a túllövés napja azt a napot mutatja, amikor az adott évben már felhasználtuk az egy Földnyi megélhetésünket.

Ez 2024-ben augusztus 1. volt – egy ideje már stagnált –, ám 2025-ben a folyamat ismét felgyorsult: a túllövés napja július 24-re esett. Bár a számítás módszere nem problémamentes (Van den Bergh és Verbruggen 1999), de jó megközelítést ad a környezeti teher számbavételére, annak csoportosítására. A felhasznált földterületek kiszámítására vannak egyéb módszerek is (lásd pl. Hubacek és Giljum 2003). A lábnyom földtípusok szerinti összetevőjét mutatja a 4.5. ábra.



4.5. ábra: Az ökológiai lábnyom földtípusok szerinti bemutatása
Forrás: https://www.footprintnetwork.org/resources/data/ (Letöltve: 2025. március 5.)

Az ábrán látható, hogy a lábnyom messze legnagyobb részét a múlt NPP-je teszi ki, ami főként az energia előállításához szükséges. Az energiafelhasználásnál a keletkező CO2 elnyeléséhez szükséges földterületet veszik figyelembe (bár talán pontosabb lenne a számítás, ha NPP-alapon számolnának). A legelő-szántó-halászat-erdő mind a fogyasztásunkat célozza meg, a beépített területek pedig a lakhatást szolgálják.

Ebből az áttekintésből kitűnik, hogy elsősorban a rendszer által okozott fajkihalásokat kellene megállítanunk, valamint a nitrogén- és foszforciklust kellene normalizálnunk. Sok lehetőség rejlik az NPP-részesedésünk jelentős csökkentésében anélkül, hogy veszélyeztetnénk az élelmünk mennyiségét. Ez a tudományos élet számára gyakorlatilag egy erőforrás-hatékonysági probléma. Ezek mögött azonban mindig ott van az ötödik D: a természet segítségül hívása, ami az NPP (és a GPP) jelentős növelését eredményezheti. Gyakran megfeledkezünk arról a nyilvánvaló tényről, hogy ezeket a problémákat a természet figyelmen kívül hagyása okozza, és a megoldást az összhang megteremtésében találhatjuk meg. Tovább erőltethetjük az ember által kitalált megoldásokat, mint amilyen például a klímaváltozásnak a „geomérnökségi" eszközökkel való megoldása (lásd pl. Lenton és Vaughan 2009),

amikor mondjuk aeroszolokat juttatunk a légtérbe, hogy csökkentsük a klímaváltozás hatását. Ironikusan fogalmazva: ez már-már a fekete humor kategóriájába tartozik. Nincs szükség semmiféle „5D-s szemüvegre" ahhoz, hogy belássuk: egy ilyen, a gyakorlatban aligha tesztelhető beavatkozás súlyosan veszélyeztetheti a sérülékeny ökoszisztémákat, miközben az is erősen kétséges, hogy a kitűzött egyetlen célt valóban elérné.

4.3. TÁRSADALOM: A LÁTHATATLAN REND FELBOMLÁSA

A közösségek nem csupán társadalmi konstrukciók, hanem evolúciósan beágyazott adaptív struktúrák. Már a kisgyermekek is felismerik az együttműködő szándékokat tükröző kommunikációs jeleket életük második évében, ami arra utal, hogy az együttműködés evolúciós jelentőségű, és már a korai szocializáció során kialakul (Herrmann és Tomasello, 2006). A közösségi környezetek tovább erősítik ezt az együttműködési dinamikát, mivel olyan teret biztosítanak, ahol közös tevékenységek révén fejlődnek az együttműködéshez szükséges készségek. Ez a kooperatív alap különösen fontos a társas hálózatok kialakulásában, amelyek javítják a kollektív problémamegoldás képességét – ez pedig elengedhetetlen a közösségi szintű kihívások kezeléséhez (Warneken és mtsai 2006). A közösségi együttélés során megnyilvánuló társas képességek adják az alapját a társadalmi intézmények mint adaptív megoldások kialakulásának. A társas együttműködés során alakulnak ki viszonylag állandó struktúrák egy adott társadalmi és környezeti kontextusban. Az erőforrások elosztása és a kiaknázásuk költségei a legfőbb meghatározó tényezők, ez az adaptivitás egyik központi eleme (Foley, 2001). A társadalom és a természet szorosan összefonódó, kölcsönösen adaptálódó rendszerekként jelennek meg az olyan újabb kutatási irányzatokban, mint a szocioökológia (Foley, 2001), a humán környezettudomány (Farkas, 2023b) és a szocioökológiai rendszerek (SES). Ez utóbbi irányzatot Folke (2006) a reziliencia fogalmán keresztül fejti ki.

A fentiek értelmében az egyén fejlődési lehetőségeit alapvetően meghatározza a természethez és a közösségekhez való evolúciós kötődése. Mindkettőt tekinthetjük „evolúciós alapszükségletnek". Az erőforrás-megosztás, aminek a gazdasági tevékenység is része, már a közösségek tudatos tevékenysége, ami számos formát ölthet. Hogy csak a könyv szűkebb témakörére utaljunk: ez történhet a természet kizsákmányolására épülő vagy épp a természettel együttműködő fejlődés keretében is (lásd például a 3.3. fejezetet).

4.3.1. A társadalom és a természet együttlétezéséről

Eddig a természetről mint a fizikai létalapunkról beszéltünk, de most egy nem látható dologgal foglalkozunk: az alakfelismeréssel. Lorenz (2002: 131–135, 243–260) az ember alakfelismerési képességét tartja az egyik legfontosabb megismerési

formának. Ez vezet a harmónia érzékelésének képességéhez, amely messze bonyolultabb jelenség annál, minthogy értelmi alapú megközelítésünkkel át tudnánk tekinteni. A sok egészséges természeti tájat látott ember képes érzékelni, melyek mutatják az ökológiai egyensúly jeleit, melyek szépek, tehát hosszabb távon életképesek. A természettel való közvetlen kapcsolatban lehet az alakfelismerést a legjobban elsajátítani. Ezenkívül a természet a legjobb iskola ahhoz, hogy egy ifjú ember megtanulja: a világnak van értelme. Ha közeli és bizalmas kapcsolatba kerül élőlényekkel, akkor ezzel a természet nagy harmóniájával kerül kapcsolatba. Az alakfelismerésen kívül még számos olyan dolog van, ami a természetből következik, amelyeket a következő fejezetben tárgyalunk.

A közösséget formáló erők szintén nem fizikai természetűek. A természetből közvetlenül élők esetében (mint pl. Ladakh és a törzsi társadalmak példája) a közösség közvetlenül érzi a természet létfenntartó szerepét. Képes arra, hogy megfelelően viszonyuljon hozzá, szabályozza a kapcsolatot és tartósan fennmaradhat hosszú távon. MacQueen és munkatársai (2001) a közösséget úgy határozzák meg, mint olyan emberek együttese, akiket összekötnek a társas kapcsolatok, hasonló nézőpontokat képviselnek, és közösen cselekednek egy adott földrajzi térségben vagy közegben. A közösségként létezés magával hozza a csoporton belüli toleranciát is a működőképesség biztosítása érdekében. A toleranciához ugyanis több dolog is kell (Reese és Zalewski 2014): fontos az interakciók száma és gyakorisága, amit a közös cél biztosít, illetve a közös élettér és az aktív kommunikáció, amelyek a közös létfenntartás során szintén biztosítottak. Fontos a diverzitás, de – inkább tágabb kitekintésben jelentős ez a megállapítás – ez a társadalomban tolerancia nélkül inkább konfliktusforrássá válik (Csermely 2005). László (2002) a közösségeket annyira fontosnak tartja, hogy az általa pozitívnak felvázolt jövőképet átfogóan az összefogással jellemzi.

4.3.2. Fejlődési korlátok, a közösségek felbomlása

Az egyén fejlődési lehetőségeit tekintve nem állunk túl jól. A nagyvárosok, világvárosok kialakulásával a környezettől igen sokan szinte teljesen elszakadtak. Ez az evolúciós fejlődés szempontjából, ahol az ember fejlődésének szerves része volt a természettel való szoros kapcsolat, olyan hiba, ami nem tudni, hol, mikor és milyen mértékben üt vissza. Ennek a tudományos vizsgálata is megkezdődött már (lásd pl. Louv 2008, Kellert 2005), amely során kezdik feltárni azoknak a betegségeknek az okát és eredetét, amelyeket a természettel való kapcsolat hiánya okoz. Bianchi és munkatársai (2022) a GreenComp elnevezésű európai fenntarthatósági kompetenciakeretben írnak a „természethiány-zavar" fogalmáról, azaz a természettel való kapcsolat hiányából eredő problémákról. Idetartozik többek között az érzékszervek csökkent használata, koncentrációs nehézségek, valamint fizikai és érzelmi betegségek fokozott előfordulása. A tanulmány különösen fontos megállapítása, hogy azokban az esetekben, ahol a betegség visszavezethető a természettel

való kapcsolat hiányára, ott annak leküzdéséhez nem elég, ha csak kapcsolatban vagyunk a természettel: úgy is kell éreznünk, hogy szoros kapcsolatban vagyunk vele, ami megerősíti az 5D érzelmi szempontú létjogosultságát. Bajzáth és munkatársai (2021) a gyermekek és a természet kapcsolatát vizsgálják. Megállapítják, hogy a természettől való elszakadás mentális és élettani problémákat okozhat, különösen a városi környezetben élő gyermekek körében. A szerzők hangsúlyozzák a gyermekek fejlődése szempontjából a természet közvetlen megtapasztalásának fontosságát.

A közösségek mindig ki vannak téve külső erőknek, befolyásoknak, amelyek hatást gyakorolnak rájuk. Az emberek általában a könnyebb ellenállás irányába mozdulnak. Kakazu (1994) a könyvében a Csendes-óceáni kis szigetek példáján bemutatja, hogy a segélyek felgyorsítják azt a folyamatot, amikor a lakosok a könnyebb ellenállás irányába menve feladják az önellátásukat, és főként az importra hagyatkozva lassan leépítik a saját ellátórendszereiket. A külső forrás megszűnésével viszont szegénységbe süllyednek.

Fontos a közösségek közötti kapcsolatrendszer kiépítése. A 4.1. fejezetben láttuk, hogy az NPP-ből nagy az az arány, amelyet az infrastruktúra fejlesztésére fordítunk. Ez abból a célból is lehetne így, hogy a fejlesztés a kapcsolatépítést vagy a mindenkit ellátó ipari tevékenységet szolgálja mind az utakkal, mind az intézményrendszerrel. Az biztos, hogy az út, a vasút építése lehetőséget teremt arra, hogy az emberek kapcsolatokat létesítsenek, és megteremtsék az együttműködés lehetőségét. Az azonban egyáltalán nem biztos, hogy ezek fő célja valóban az emberi lét jobbá tétele. A 2.6. fejezetben láttuk, hogy a fő cél meghatározza a struktúra kialakítását, és a fő cél nem az emberek jólléte vagy boldogulása. A 3.4. fejezetben leírtuk, hogy a XIX. században szabad kezet engedtünk az önérdeket követő társadalmi-gazdasági fejlődésnek, így az infrastruktúra is alapvetően ennek rendelődik alá. Ennek egy bizonyítékát is leírja Korten (1996: 43). 1989-ben Richard Douthwaite brit közgazdász utánajárt, hogy Nagy-Britanniában milyen előnyökkel járt a társadalom számára a GDP megduplázódása (33 év alatt). Csak veszteségeket talált: a bűnözés nyolcszorosára emelkedett, sokkal több házasság végződött válással stb. Tehát a jelenlegi célrendszer következményeként megfigyelhető a társadalmi kötelékek gyengülése. Ez a hatás erősebbnek bizonyul, mint az a pozitív externális hatás, amely a kialakult struktúra tényleges társadalmi hasznával mérhető, mint például azzal, hogy a közösségeknek is nagyobb esélyük van az együttműködésre. Ezt a romboló hatást a további rendszerelemek – pl. mechanisztikus világszemlélet – csak tovább erősítik.

Amint azt a 3.1. fejezetben leírtuk, a mechanikus rendszerelemmé, fogyasztóvá és termelővé degradált ember alól kihúzták a felelősséggel végzett munka lehetőségét, és ezzel a fejlődésének egyik komoly hajtóerejét. Az ember alatt itt a tömegeket, az emberek többségét értjük. Természetesen mindig lesznek olyanok, akik kivételt képeznek. A folyamatban időlegesen nyerteseknek tűnők ugyanúgy a rendszer vesztesei közé tartoznak. Így nem tekinthetők nyerteseknek azok sem, akik az „irányítók", a nomenklatúrát alkotók, akiknek az arányát rendszertől szinte függetlenül 2–4%-ra becsüli Lorenz (2002: 220).

Lorenz (2002: 200–226) a civilizáció jelenlegi helyzetét elemezve kétségbeejtőnek tartja azt a helyzetet, amelybe az emberiség önmagát hozta. Spenglerrel ellentétben inkább Karl Popper nézetét osztja, aki szerint a jövő megjövendölése logikai lehetetlenség. A jelenlegi helyzet egyik jellemzője, hogy a természetes szelekció hatása csökken: az ember egyre több környezeti veszélyt – például fertőző betegségeket vagy klímaváltozást – próbál irányítani vagy kikapcsolni. A kultúrák egyesítésére törekszik, ami által újabb hajtóerőt veszít el. A gazdasági életben lévő folyamatok ezt nem képesek ellensúlyozni, hiszen az ottani kiválasztódás szempontjai kizárólag a gyors hatalomgyarapodásra vonatkoznak. Az ember azt tartja valóságosnak, amit megtapasztal, amiben él, amivel kölcsönhatásban áll. Így azok, akik egy technokrata társadalomba születnek bele, érvényesnek és valóságosnak tartják azt. A vállalatok a hatékonyságot és a maximális profitot igen nagy erénynek tartják, így válnak az emberek a termelő apparátus rabjaivá, ahol az „autonóm" ember nemkívánatossá válik mind az uralkodó elit, mind a közvélemény számára.

A technikai eszközökben megnyilvánuló, tömegek számára elérhetővé vált életszínvonal inkább rombolja a tényleges emberi értékeket, mintsem javít rajtuk. A folyamatot már sokan és sokféleképpen leírták, lásd pl. Riesman klasszikusát, *A magányos tömeg* című művet (1973) vagy Lorenz *Ember voltunk hanyatlása* című könyvét (2002). A centralizálás és a gépesítés együttesen gondoskodtak az ember strukturális szerepvesztéséről, alkotó, kreatív képességeinek és akarásának folyamatos gyengüléséről és a környezettel való együttélés képességének elvesztéséről. A szenvedélybetegségek, függőségek hátterében mindig megtaláljuk az elszemélytelenedést, a tárgyi világ túlsúlyát az emberi kapcsolatok rovására (Vekerdy 2004: 52).

Röviden összefoglalva: az atomizálódó emberek, a széteső közösségek az emberi fejlődés ellen hatnak. Ugyanakkor sokan érzik, hogy a részvételi demokrácián keresztül visszanyerhetnék a tényleges felelősségüknek legalább egy részét. Madarász és Nizák (2022) leírják a részvételi demokrácia jellemzőit, illetve az ezen a téren meglévő innovációkat. Egy példa erre, hogy számos európai nagyvárosban egyre többször bízzák a tényleges döntéseket az emberekre. A világháló által (az egyik pozitív hatása) egyre jobban megteremtődik ennek a lehetősége. Napjainkban is zajlik az okok feltárása és a megoldások keresése a társadalomtudomány eszköztárával, ilyen terület például a 2000-es években felívelő humán környezettudomány (Farkas 2023b). Az 5. fejezetben további példákat is mutatunk a közösségi részvételre.

4.4. A FOSSZILIS ERŐFORRÁSOK ÁRNYÉKÁBAN

Ami az energia kérdését különösen hangsúlyossá teszi, az az, hogy a gazdasági folyamatok – termelés, fogyasztás, hulladékelhelyezés – mindegyikéhez energia kell. A 4.2. táblázatban, az ökológiai rendszereknél majd látjuk, hogy ezek az energiák helyi erőforrásokból származnak. Az az energia, amely a mindenevőknél ahhoz kell, hogy felkutassák és megegyék a táplálékukat, a rendszeren belül keletkezik. Külső

inputot csak a növények vesznek fel, a többiek abból élnek. Az embernél ezek a kapcsolatok sokkal bonyolultabbá váltak, tehát egy háztartás életében már sok területhez kell külső energiabevitel: a munkavégzéshez, az anyagmozgatáshoz, az átalakításhoz és a felhasználáshoz is. Az energiafelhasználás 90%-a fosszilis üzemanyagok égetéséből származik, ami a CO_2-kibocsátás 80%-áért felelős (Perman és mtsai 2011: 34–35). További különbség, hogy az ökológiai rendszerek energiaigényének kielégítése nem borítja fel a bolygó egyensúlyát, mivel be van építve a rendszerbe, míg a mi technológiánk nem illeszkedik a természetes rendszerekhez.

4.4.1. Mit használjunk – és mit ne? Energiaforrások ökológiai mérlegen

Elég keveset tudunk egy optimális, a bolygó egészéhez illeszkedő megoldásról. Azt tudjuk, hogy az élőlények előteremtik a saját maguknak szükséges energiát. Ez az ún. szomatikus energia: mennyi energiára van egy állatnak szüksége– élelem formájában –, amit felhasznál növekedésre, munkavégzésre és a szükséges hő megtermelésére. Ennek az emberi megfelelője a HEE (humán energia ekvivalens). 1 HEE 10Mj naponta. Amikor már tüzet is használtunk, ez az érték felment 2 HEE-re. Később, a mezőgazdasági korszak végére – 1220-tól kb. 1750–1800-ig – ez 3-4 HEE volt (tűz, állati erő, szél, víz) (Perman és mtsai 2011: 34, 35). Nem tudni, hogy felfedeztünk volna-e még egyéb energiaforrást, mert a fosszilis korszak elsodorta a többi innovációt. Itt lép be az a tényező, amit meg kellett volna tanulunk a természettől: a kockázatkezelés módszere. A 2.2. ábrán láthatjuk, hogy az aligátor nem bízza magát csak a leghatékonyabb megoldásra, hanem „több vasat tart a tűzben", mert ha mondjuk a nagy halak valami miatt eltűnnek (az ilyen események előidézésével az emberek állandóan tesztelik az ökológiai rendszereket), akkor ő éhen hal. Mi ezzel szemben nem gondoskodtunk az energiaforrások sokféleségéről, sőt, a korábban rendszeresen használt energiaforrásainkat is lecseréltük, mint pl. a gravitáció erejét, holott lenne terület, ahol továbbra is használhatnánk (volt pl. gravitációs fűtésünk).

Most nézzük azt, hogy mi nem lenne jó, azaz mit ne használjunk energetikai célokra a könyvben eddig tárgyalt megfontolások alapján. Olyan megújuló erőforrásokat ne használjunk, amelyek felborítják az ökoszisztémák egyensúlyát. Itt a két kritikus tényező a víz és a fa. A víz esetében a nagy vízerőműveknek az ökológiai rendszerekre gyakorolt káros hatása nyilvánvaló, és ez gyakran nem áll arányban a nyert energia és a máshova terelt víz ökológiai hatásának együttes hasznával. Érzékenyebbek számára fel lehet vetni, hogy ha a vízhálózatot a Föld érrendszerének tekintjük, akkor az érhálózatba épített torlaszok elég kártékonyak tudnak lenni. Ugyanígy, a nagyobb (és kisebb) folyók tisztavíz-szállítási képessége és hatása évmilliárdok alatt alakult ki, és ez jelentősen gyengül vagy megsemmisül a víz szennyezése miatt. Ahelyett, hogy tiltanánk a szennyezett víznek a folyókba való beengedését, inkább megtiltjuk az embereknek, hogy fürödjenek a folyóban, mert a folyón feljebb szennyező üzem működik. (Ezen a tényen nem sokat javít bizonyos határértékek betartatása.) Ugyanúgy el lehetne gondolkodni a szélerőművek

tengerbe való telepítéséről. Vajon hogyan befolyásolják a tengeri élővilág nagyon érzékeny kommunikációs rendszerét ezek az állandó zajt keltő monstrumok?

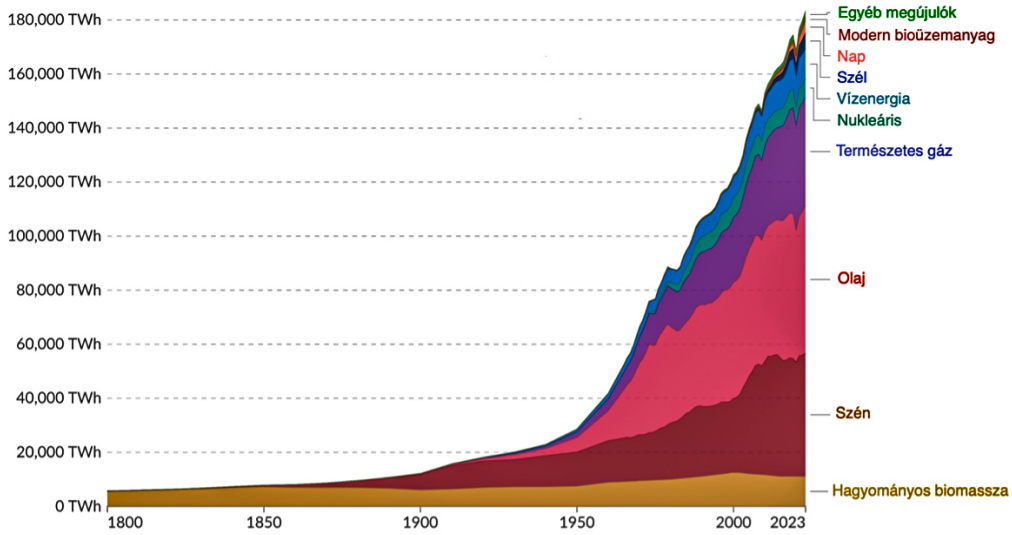
Az erdők kivágása és eltüzelése energetikai szempontból alacsony hőhatásfokú. Egyúttal az ökológiai rendszerekben is kárt okoz, és erősen csökkenti azok funkcionalitását. Ezenfelül a jövő élelmiszer- és energiabiztonságát is veszélyeztetjük vele, mivel az erdők azok, amelyek még többé-kevésbé állják a sarat a klímaváltozással szemben. Jelenleg a fatüzelés zöldenergiának számít, ami elfogadható, ha az erőművek törekszenek a hulladékfa hasznosítására. A klímasemleges volta azonban már erősen megkérdőjelezhető. Mérnöki szemüveggel nézve mondhatjuk, hogy csak azt a CO_2-t bocsátja ki a fa égetése, amit egyszer már megkötött, ennél azonban jóval összetettebb a folyamat. Keith és munkatársai (2024) azt vizsgálják, hogy ha a jelenleg háborítatlan – természetes módon regenerálódó – erdőterületeinket hagynánk sértetlenül, akkor azok több szenet kötnének meg évente (309 megatonna/év), mint amennyit az EU-ban található erdők 2021-ben elnyeltek (289 megatonna/év). Az erdők esetében figyelembe kell venni, hogy őrzik az élő és holt biomasszát, valamint a talajban felhalmozott szénkészleteket. Így, ha a mostani – a klímaváltozás szempontjából kritikus – helyzetben égetjük el őket, azzal rendkívüli mennyiségű szén szabadul ki. A másik fontos tényező, hogy az érett erdők – annak ellenére, hogy egy fa minél idősebb, annál kevesebb CO_2-re van szüksége – sokkal több szenet tudnak megkötni, mint azt feltételezték (Keith és mtsai 2024). Ugyanígy érdemes lenne alaposabban megvizsgálni a többi biomasszatípus energetikai célú hasznosítását is – például a szalmabálák égetését. Érdemes lenne végigkövetni, hogy vajon energetikai szempontból nem járnánk-e jobban, ha direkt módon a szalmával javítanánk a talaj állapotát, mint hogy elégetjük, energiát termelünk vele, azzal műtrágyát gyártunk (kőolajból), és úgy javítjuk a talaj állapotát.

4.4.2. Energiaválság a számok tükrében: mennyiség, hatásfok és ökológiai ár

Az erőltetett ütemű növekedéshez szükség van nagy sűrűségű (kis helyen nagy mennyiségben rendelkezésre álló) energiára, ami jelentős HEE-növekedést tehet lehetővé. Az ipari korban, kb. 1800-tól 1900-ig 14 HEE, 2000-ben pedig már 19 HEE jutott egy főre átlagosan. Az USA HEE-je 93. Mivel 1800-tól 2000-ig a világ népessége meghatszorozódott, így az összes energiafelhasználás kb. a 35-szörösére nőtt. A 19 HEE olyan, mintha minden ember 18 rabszolga munkájával rendelkezne (Perman és mtsai 2011: 34–35). Másképpen: amennyiben a jelenleg elvégzett munkát a mezőgazdasági kor technológiáival kellene elvégeznünk, úgy kb. 30 milliárd (munkavégző) emberre lenne szükség.

A 4.6. ábra jól szemlélteti az előzőekben bemutatott túlzott energiafelhasználást, összehasonlítva az előző korszakok adataival.

A kőolajtól való függés, illetve a károsanyag-kibocsátás csökkentésére komoly energiákat fordítunk. Próbálunk kisebb károsanyag-kibocsátású technológiákat



4.6. ábra: A globális elsődlegesenergia-fogyasztás
Forrás: Energy Institute – Statistical Review of World Energy (2024)
https://ourworldindata.org/grapher/global-energy-substitution (Letöltve: 2025. március 1.)

kifejleszteni, de ezek mindegyike rendelkezik ilyen hatással, ha máshol nem, az előteremtésükhöz szükséges eszközök előállítása során (pl. napelem, elektromos autó). A megújuló energiára való áttérés bizonyos esetekben teljesen észszerűtlennek, pazarlásnak tűnik energetikai szempontból (is). Ilyen eset például a nagyon alacsony hatásfokú, nagy kapacitású erőművek biomasszára történő átállítása, amikor is a villamos energiát fatüzeléssel állítják elő. Ilyenkor három egységnyi fából két egység kárba vész, mivel a melléktermékként előálló forró gőzből mint hasznos energiából csak kis mennyiség használható fel energetikai célra. A többi gőz veszteség, vagy – fűtési szezonban – felhasználható például a melegvíz-ellátásban, amivel ebben az időszakban jelentősen növelhető a hőhatásfok.

A CO_2 mennyiségének csökkentése a fosszilis üzemanyagokhoz kapcsolódó probléma. Többféle megközelítéssel is próbálkozunk. Tudjuk, hogy a természeti folyamatokhoz sok CO_2 kell, hiszen ez a természeti folyamatok szerves része. A technológiáink alkalmazása során (pl. az erőművek füstölő kéményein át) olyan nagyságrendben áramlik ki a CO_2, hogy az észszerűen visszaforgatható mennyiség csak töredéke ennek. A természet CO_2-elnyelő képessége nincs felkészítve arra, hogy a múltban elraktározódott szén gyors ütemű elégetése során keletkező többletet is elnyelje. Szintén jelentős kockázatot rejt magában a CO_2-tárolás, azaz a „rejtsük el valahova" megközelítés. Itt a cél, hogy a CO_2 ne kerüljön a levegőbe, hátha később találunk rá valami megoldást. Az alapvető probléma azonban a hibás, a nagyobb rendszer szempontjait figyelmen kívül hagyó technológiatervezési szemlélet. Ez a civilizáció viszont ezzel a technológiai felépítménnyel az a civilizáció, ami.

A további kísérletek kapkodás benyomását keltik, mert az energiaforrások kinyerésébe fektetett energia egyre kevésbé térül meg hasznosítható energia formájában. A mutatószám EROEI vagy EROI (Energy Return on Energy Invested vagy csak Invested). A hagyományosan használt energiához is egyre drágábban férünk hozzá, illetve az egyéb energiaforrások kinyerése is egyre rosszabb megtérülésű. Az olaj EROI-ját nézve 50-60 éve még 50 egység energiának megfelelő olajat tudtak a felszínre hozni 1 egységnyi energia befektetésével. A kétezres évek elejére ez az arány már csak 8:1 volt (Végh és mtsai 2008:137), és ez tovább csökken. Ezek az értékek egy bizonyos helyre vonatkoztak; léteznek kedvezőbb és kedvezőtlenebb kitermelési helyszínek, illetve különbözőképpen lehet számolni az EROI-értékeket, elsősorban a befektetési oldalról. A 4.1. táblázatot Zsiborács és munkatársai (2024) alapján állítottuk össze, akik háromféleképpen számolt befektetett (Invested) értéket vettek figyelembe. Az első az EROIst, ami a szükséges energiabefektetést a termék előállításakor méri, vagyis a kitermelést, az előállítást és a feldolgozást foglalja magában. Az EROIfinal a végfelhasználásig követi a befektetett energia mennyiségét. Az EROIext már magában foglalja az energia kitermeléséhez és eljuttatásához szükséges infrastruktúra kiépítését és fenntartását is.

4.1. táblázat: Az egyes energiafajták EROI-értékei

	EROIst	**EROIfinal**	**EROIext**
Szén	30–80	6–14	4
Kőolaj	15–20	4–18	4
Földgáz	18–75	4–5	4
Nagyobb teljesítményű vízerőmű	5,9–267	13	6,5
Szélerőmű (szárazföldi, „onshore")	4,7–125,8	5,8	2,9
Szélerőmű (tengerre telepített, „offshore")	5,4–66,7	4,7	2,3
Napelem (világ)	2,8–38	3,5	1,6
Koncentrált napenergia (CSP)	2,6–67,6	1,6	0,8
Napelem (Németország)	5,1	2,3	1,2

Forrás: Zsiborács és munkat**ár**sai (2024) alapján

Ha ehhez hozzávesszük, hogy Hall és munkatársai 2009-ben publikált tanulmánya szerint a fejlett országoknak 7–10 EROI-értékű energiaforrásra lenne szüksége, akkor nyilvánvalónak tűnik, hogy nincs megfelelő energia-utánpótlásunk. És az EROIext mutatóban az okozott környezeti károk még benne sincsenek, tehát a természet nyeli el azt a többletterhet is.

Az EROIext-nél is komplexebb mutatószám bevezetését javasolja Odum (1995, 1998), amely egy energiafajta kitermelésébe fektetett összes energiát figyelembe venné, tehát mindazt, amit az energiaforrás életciklusa során valaha belefektettek. Így az olajkitermeléshez szükséges eszközök vagy az infrastruktúra alkotóelemeinek előállításához szükséges energiát is. Ezt az energiát emergynek hívja. A módszere

bemutatásához egy 30 éves mangroveerdőt hoz fel példának: az erdő emergyértékét a 30 év alatt ható árapály, a beáramló édesvíz és a felhasznált esővíz energiájának összességeként számítja ki. Gondoljunk bele, mennyi lehet egy több ezer éves erdő, vagy egy több százmillió éves biom emergyértéke? Ennek a mintájára nem csak az energiaforrások emergyértékét lehet kiszámolni: az élelmiszernek, a ruhának, anyagoknak, víznek, tudásnak, még a kulturális javaknak, így a művészetnek is (Odum 1998). Megjegyzendő, hogy az emergy nagyon hasonló ahhoz, amit Gelencsér (2023: 117) javasol a Naturin bevezetésével.

Folytassuk tovább a gondolatmenetet! Az EROIext úgy lenne még továbbfejleszthető, ha az okozott környezeti károk helyreállításának a költségeit is hozzáadnánk a befektetésekhez (pl. a palagáz, ill. palaolaj esetében). Bizonyos esetekben ez egyszerűbben becsülhető, de mi a helyzet akkor, ha egy vízi erőmű által tönkretett ökoszisztéma helyreállításának energiaigényét szeretnénk hozzáadni a befektetett energiához? Az MI korában ez az emergyszámítás már elég gyors és megbízható lehet, és így hamar ki lehetne számolni az adott ökoszisztéma értékét (ennek szükségességéről lásd még az 5.3.3. fejezetet).

4.4.3. Energiacsökkenés és alkalmazkodási lehetőségek

A fosszilis energia készletjellegű változó, tehát végesnek tekinthető. Több nem lesz belőle, és a készletek apadása miatt a kitermelés egyre gazdaságtalanabbá válik, tehát a fosszilis energia kitermelésének valahol a csúcsán lehetünk. Ennek talán egyetlen előnye, hogy onnan a legszebb a kilátás, de mivel az egész technológiai felépítményünk ezen a szintű energián alapul, ezért a lejtőn szükségszerűen lesznek majd kisebb, de inkább nagyobb zavarok. További probléma, hogy az élet sok más területén is használjuk a kőolajat (például az egészségügyi eszközökben használt műanyagoknál), ezért a hiánya sok egyéb helyen is jelentkezni fog. Amit elégetünk, az végleg kikerül a további átalakításra alkalmas anyagok köréből.

Mindennek van jó és rossz oldala is, csak az arány és a nézőpont lehet kérdéses. Az állandó növekedéshez szokott civilizációnk igen rugalmatlan is, és az ilyesmit (a rendelkezésre álló energiamennyiség csökkenését) nehezen viseli. Az 1979-es olajválság idején 9%-kal csökkentették az olajellátást, és például Nagy-Britanniában háromnapos munkahetet vezettek be, Amerikában üresek voltak az autópályák (Hetesi 2008). A 4.3. dobozban Kuba esetét ismertetjük.

Amennyiben az olajtermelő országok nem szeretnének lemondani a növekedésükről, és a gazdag országok sem, akkor a szegényebb országok kilátásai nem túl biztatóak. Az egyéb energiahordozókra való olyan mértékű átállás, amely megszünteti a növekvő igények és a csökkenő fosszilis üzemanyagok rendelkezésre állása közötti rést, nagyon időigényes a jelenleg ismert technológiák többsége esetén. Ez pedig legalábbis ideiglenes energiazavarokat okozhat.

A társadalmi résznél láttuk, hogy az uralkodó paradigma miként befolyásolja az egyes emberek viselkedését, azokét is, akik a gazdasági folyamat döntéshozói.

4.3. DOBOZ
KÜLÖNLEGES IDŐSZAK A BÉKE IDEJÉN KUBÁBAN – AZ OLAJHIÁNY HATÁSA

D

1961-től az ország szovjet mintára (és az onnan származó kőolajból) fejlődött, amit a szinte korlátlanul rendelkezésre álló és olcsó olaj alakított. Egy erősen energiapazarló és kevésbé környezettudatos gazdaságot alakítottak ki. Amikor a Szovjetunió felbomlott, az olajellátás drasztikusan csökkent: az 1988-as 12-13 millió tonnáról 1991-re 6 millió tonnára. Az export és az import közel 80%-kal, a GDP 35%-kal esett vissza. Az olaj mennyiségének a csökkenése által kiváltott sok(k) hatása azonban nem lineáris volt, hanem exponenciális. Az ipari folyamatokból kivont kőolaj számos termék és technológia ellehetetlenüléséhez vezetett. A műtrágyák és növényvédő szerek kivonása az élelmiszer-mennyiség jelentős mértékű csökkenését, és a nagyüzemi termesztési technológiák bizonyos szintű térvesztését okozta. Erre példa, hogy Havannában 52 gyárból csak 4 maradt működőképes. A növényvédő szerekre, műtrágyákra, azaz a „zöldforradalom" technológiáira alapozott mezőgazdaság is megtorpant, csak az exporttermelő ágazatokba jutott továbbra is növényvédő szer és műtrágya (Maal-Bared 2006). A legnagyobb probléma az élelmezés kérdése volt, ami – kalóriában mérve – a harmadával csökkent (Wolfe 2004). A közlekedésre is jelentős hatása volt az üzemanyaghiánynak; az akkumulátorok és a tartalék alkatrészek hiányával együtt ez komoly kihívást jelentett. Havannában például 1990 és 1993 között a 2200 buszból 500 maradt, illetve 1992-re a fővároson kívüli buszjáratok száma 80%-kal esett vissza (Enoch és mtsai 2004).

A gazdaság általános uralmát tekintve ezek a döntések a világ sorsára is hatással vannak. A meghatározó struktúrák ennek megfelelően épültek ki, amelyek nagymértékű tehetetlensége miatt erősen leszűkült mozgástér marad a jövő számára. Így a fosszilis üzemanyagokra épült technika, ellátási lánc, innovációs kapacitás, szakértelem, az emberek kultúraformáló gondolkodásmódja stb. olyan jellegű változtatást engednek csak meg, mint egy óceánjáró irányváltása: tudjuk, hogy ez lassú, de azt is tudjuk, hogy lehetséges.

4.5. GAZDASÁG

4.5.1. A kékgazdaság modellje: ökológiai szemléletű gazdaság

Milyen lehetne az ideális gazdaság, azon túl, hogy megfelel Gaia elveinek? Milyen lehet egy jól illeszkedő „kék" gazdaság? Gunter Pauli erre vonatkozó elképzelése kétségtelenül megfelel ezeknek az elvárásoknak. A kékgazdaság (Blue Economy,

BE) fogalmát 2010-ben, a Római Klub számára készített jelentésében vezette be a szakmai köztudatba. Célja az volt, hogy egy olyan gazdasági modell jöjjön létre, amely összhangban van a Föld – a „kék bolygó" – működésével (Pauli 2010: 278). Az ökológiai rendszerek felől közelíti a gazdaságot (ökológiai közgazdaságtan), és nem a jelenlegi gazdasági rendszer felől (környezeti gazdaságtan). A két alapvető elképzelést Kocsis (2023) hasonlítja össze részletesen. Ebben a szemléletben a természetes ökoszisztémák képezik az alapot, amelyre maga a kékgazdaság mint „felépítmény" épül. A BE legfontosabb alapelveit Pauli összefoglalja a 2017-es könyvének első 41 oldalán (lásd a 4.4. dobozt). Az alábbiakban ezek közül emeljük ki a lényegesebb elemeket.

D

4.4. DOBOZ
A KÉKGAZDASÁG VEZÉRLŐELVEI

Pauli (2017: 1–41) alapján

1. *Meríts folyamatosan ihletet a természetből!*
   - 1.1. Fejlessz ki nemlineáris gondolkodást;
   - 1.2. Optimalizáld a rendszert mindenki javára;
   - 1.3. Építs nagyobb rezilienciát a sokféleség által;
   - 1.4. Indulj ki először a fizika törvényeiből;
   - 1.5. Lépj túl az organikuson és a biológiailag lebomlón – az új cél a megújuló!
2. *Változtasd meg a játékszabályokat!*
   - 2.1. Fedezd fel az összekapcsolódó problémákat mint a lehetőségek forrásait;
   - 2.2. Térj át a szabványosításról a sokféleségre és a bőségre;
   - 2.3. Terjeszd ki a közösség által felügyelt közjavak körét;
   - 2.4. Elégítsd ki először az alapvető szükségleteket;
   - 2.5. Helyettesítsd a valamit semmivel;
   - 2.7. Értékelj mindent és mindenkit;
   - 2.8. Ragaszkodj az egészséghez és a boldogsághoz!
3. *Koncentrálj arra, ami helyben elérhető!*
   - 3.1. Hozz létre helyi lehetőségekből álló portfóliókat;
   - 3.2. Legyenek olyan kezdeményezéseid, amelyek több pénzárammal és többszörös haszonnal járnak;
   - 3.3. Irányítsd vissza a pénz áramlását a közösségekbe;
   - 3.4. Keresd meg a költségek tőkésítésének lehetőségeit;
   - 3.5. Élessz újjá elhagyott eszközöket és infrastruktúrákat;
   - 3.6. Használd a matematikát az üzleti terv megalkotásához;
   - 3.7. Tartsd mindig szem előtt az etikai alapelveket!
4. *Tekints úgy a változásra, mint ami az egyetlen állandó!*

A kékgazdaság elvei egyértelműen tükrözik a természet tiszteletét, például a 2.4.-es alapelv szerint a kékgazdaság elsősorban olyan innovációk és vállalkozások irányába tereli a figyelmet, amelyek választ adnak mindazok alapvető szükségleteire, akikkel osztozunk az életen ezen a bolygón. Mivel a teljes koncepció az ökológiai rendszerek működésére épül (1.1.-es alapelvnél, a nemlináris gondolkodás tárgyalásánál: „A természet a mester"), a modell egyértelműen rendszerszemléletű. Számos alapelv is e típusú működésre utal: például az anyagok, a tápanyagok és az energia kaszkádszerű áramlása, ahol minden melléktermék egy újabb folyamat alapanyagává válik.

Ezek a rendszerek nem a méretgazdaságosságot (economies of scale), hanem a választékgazdaságosságot (economies of scope), a sokféleség gazdaságát keresik (3.1.-es elv). Ennek következményeként a versenyképesség más elveken nyugszik: egyetlen folyamat többféle hasznos dolgot hoz létre, miközben a rendelkezésre álló anyagokat és energiát a rendszeren belül újrahasznosítják – így csökken az egységköltség. További alapelvek – például az 1.2.-es – arra utalnak, hogy ezek a rendszerek megosztják a kockázatot, és a beépített erőforrásokat nem maximálisan, hanem optimálisan használják fel, a közösség egésze javára.

Mindezek alapján látható, hogy a kékgazdaság szervesen kapcsolódik az ökoszisztémákhoz, amelyek hosszú evolúciós folyamat során kialakult, természeti törvényeket követő, kifinomult „technológiáknak" (is) tekinthetők. Ezeket robusztus (stabil, időtálló) működés jellemzi: minden elemnek megvan a maga funkciója és célja, a sokféleségük pedig biztosítja az alkalmazkodóképességet. A kékgazdaságba azok az innovációk illeszkednek, amelyek újraalkothatók, anyag- és energiatakarékosak, és nem termelnek hulladékot vagy szennyező anyagokat. A helyi adottságokat – például az olcsó, elérhető nyersanyagokat vagy a helyi szabályozásokat – hatékonyan használják ki. Ezek a megoldások kis méretű, egymással összekapcsolódó körfolyamatokban működnek, amelyek együtt egy folyamatosan megújuló, végtelen rendszert alkotnak. Ez lehetőséget teremt a bőség megteremtésére, ahelyett a szűkösség helyett, amely a mostani felfogásunk és gyakorlatunk miatt alakult ki. Erre a következtetésre jutott Mumford is (3.2. fejezet).

Az, hogy a gazdaság az ökológiai rendszereken nyugvó felépítmény, és hogy mindenki alapvető szükségleteire figyelni kell, akikkel együtt élünk a bolygón, jelzi, hogy a „mester" szempontjai a meghatározóak. Más szóval: figyeljünk arra, hogy mit kaphatunk meg, hogy ne sértsük meg a rendszerek optimális működőképességének feltételeit (rezilienciáját). A természet – ha megvannak a működéséhez szükséges feltételek – gondoskodik róla, hogy minden élőlény alapvető szükségleti teljesüljenek, és ehhez alakítja ki a működési struktúráját is (pl. nincs „állástalan fa"). Ennek egyik meghatározó eleme a tápláléklánc, ami elsősorban gondoskodik a megfelelő energia- és anyagigények kielégítéséről. A tápláléklánc folyamatát vizsgálva közelebb jutunk ahhoz a bölcsességhez, ahogy az ökológiai rendszerek felépítik a struktúrájukat, és ahogy az anyagot és az energiát áramoltatják. A táplálékláncokat vizsgálva már láttuk (2.9. doboz), hogy a lebontó szervezetek töltik be a központi szerepet, amire az ember által kreált rendszereink nem nagyon figyelnek. További részletekért vegyük a Cone Spring vízgyűjtő terület példáját (4.5. doboz): ez az

ökológiai szakirodalomban gyakran idézett, jól dokumentált 116 m^2-es, Iowában (Lousia) található állandó fizikai és kémiai jellemzőkkel rendelkező sekély patakforrás-terület (Tilly 1968).

4.5. DOBOZ
AZ ÉLŐVILÁG HULLADÉKKEZELÉSI MÓDSZERÉRŐL

Kiss és Kiss (2021) alapján

Az energiaáramlás mértékegysége az egy négyzetméterre egy évre jutó kilokalória (kcal / (m^2 év). A terület táplálékláncának struktúráját a 4.2. táblázat mutatja be:

4.2. táblázat: *A Cone Spring tápláléklánc-struktúrája*

	Növények (X1)	Baktériumok (X2)	Hulladékevők (X3)	Mindenevők (X4)	Szerves hulladék (X5)	Export és veszteség (Y)	Összes felhasználás (x)
Növények (X1)	0	0	0	0	8 881	2 303	11 184
Baktériumok (X2)	0	0	75	0	1 600	3 530	5 205
Hulladékevők (X3)	0	0	0	370	200	1 814	2 384
Mindenevők (X4)	0	0	0	0	167	203	370
Szerves hulladék (X5)	0	5 205	2 309	0	0	3 969	11 483
Import (Z)	11 184	0	0	0	635	0	11 819
Összes termelés (x')	11 184	5 205	2 384	370	11 483	11 819	42 445

Forrás: Suh (2005), a 3. táblázata alapján

A növények az elsődleges termelők: fotoszintézis útján 11 184 kilokalóriát állítanak elő (egy év alatt egy négyzetméterre vonatkoztatva), ez a bruttó elsődleges termelés (GNP). A növény saját fenntartására 2003 kilokalóriát használ fel (veszteségként értelmezve, ennyiben eltér a gazdasági jellegű input-output tábláktól), így a nettó elsődleges termelés (NPP) értéke 9181. Ebből a rendszeren belüli résztvevők számára 8 881-et biztosít (X5), a külső rendszerek számára 300-at (Export). A táblázatban ez összevontan, 2303-ként szerepel (2003 + 300) (Y), de Suh (2005) részletesebben írja le a folyamatot. Nincsenek ezen a területen növényevők, így minden elhalt növényből hulladékként szerves anyag keletkezik. A szerves anyaghoz még hozzájárulnak a baktériumok, a hulladékevők és a mindenevők is (lásd az X5 oszlopát). Ezt azután felhasználják a baktériumok és a hulladékevők (mint pl. a földigiliszta), és onnan már csak a mindenevők veszik át a terepet, akik a hulladékevőkből táplálkoznak. Ennek a folyamatnak az átlagos centralitási mérőszámai (melyek vannak súlyponti helyzetben, lásd 2.9. doboz) a következők:

4.3. táblázat: A rendszerelemek központi helyzete ökológiai környezetben

	Növények (X1)	**Baktériumok (X2)**	**Hulladékevők (X3)**	**Mindenevők (X4)**	**Szerves hulladék (X5)**
AEC	0,18659	0,21279	0,16292	0,16406	0,27363

Forrás: saját szerkesztés

Az ugyan biztos, hogy a növények nélkül megáll a folyamat, de ha már magát a folyamatot nézzük, akkor ott a legközpontibb helyzetben a rendelkezésre álló, feldolgozható szerves hulladék (X5) áll. A második helyen a baktériumok vannak, a többiek csak azután jönnek. Mivel a súlyok összege 1, így könnyű százalékokat is számolni: a feldolgozható szerves hulladék és az azt a többiek számára elérhetővé tevő tevékenységek (X5 + X2 + X3) az egész rendszernek mintegy kétharmadát teszik ki. Ez összhangban van azzal a megfigyeléssel, hogy az elfogyasztott energia mintegy 10%-a tárolódik hús formájában a következő táplálkozási szinten (Fewster 2021: 113).

Az ökológiai rendszerek hulladékstratégiájánál, amit a 4.5. dobozban tárgyaltunk, láttuk, hogy ezek a rendszerek ahhoz, hogy az NPP-t használható állapotban tartsák, az egész rendszer kapacitásának kétharmadát „beáldozzák". Ez nyilván nem puszta időtöltés, hanem mert ennyi energia kell hozzá. A mi gazdasági rendszereinknél besegíthetnek az ökológiai rendszerek, de a gazdaságunknak is hasonló elvet kellene követnie, hogy illeszkedjen a főrendszer működéséhez. Talán nem túlzás, ha azt mondjuk: ha a technológiai rendszereink az ökológiai rendszerek hulladékkezelési stratégiáját követnék, az már önmagában fenntarthatóságot eredményezne.

Láttuk, hogy Cone Spring is a többi élő rendszerhez hasonlóan abból él, amit kap, és nem elveszi azt, amire szüksége van. Fontos lehet majd annak tanulmányozása, hogy hol fordul meg az emberi rendszereink irányultsága: hol kezdődik az, amikor már nem vesszük figyelembe az alsóbb szintek igényeit, és mi mondjuk meg, hogy mire van szükségünk? Esetleg ez lehet az a pont, ami – Mumford szóhasználatával – a város esetében bekövetkező negatív szimbiózis (3.2. fejezet), amikor már nem adnak vissza annyit a falunak, mint amennyit azok adnak a városnak, és elindul a kizsákmányoláson alapuló rendszer. Ez a folyamat nyilván egy sokkal részletesebb elemzést igényelne, de Leontief munkásságának idejére már természetessé vált, hogy a fogyasztáshoz és az exporthoz igazították az erőforrásigényeket (2.2. fejezet).

4.5.2. Jóllét és gazdasági teljesítmény: a kapcsolat újragondolása

A jólét (welfare) elsősorban az anyagi javak bőségére utal, míg a jóllét (well-being) azt fejezi ki, hogy valaki mennyire érzi jól magát – testi, lelki és társas értelemben. A közgazdasági gondolkodásban – különösen az egy főre jutó GDP szerepének hangsúlyozásakor – hagyományosan a jólét kerül előtérbe. Ugyanakkor a jóllét egyre nagyobb figyelmet kap, köszönhetően a társadalmi és pszichológiai előnyeinek (Fodor 2024).

A jelenlegi állapot vizsgálatához induljunk ki a közgazdaságtan egyik klasszikus definíciójából. Lipsey (1979) szerint a közgazdaságtan feladata a társadalom erőforrásainak elosztása különböző alternatív felhasználási lehetőségek között, valamint a társadalom kibocsátásának elosztása az egyének és csoportok között a termelés és az elosztás időbeli változásainak figyelembevételével. Ennek mérhető eredménye a GDP, a bruttó hazai termék, ami egy adott ország (vagy régió) minden belföldi gazdasági egységének termelési tevékenységeiből származó végső eredménye egy meghatározott időszak alatt (Fang 2024). Pontosabban mondva, annak pénzben kifejezett értéke, tehát azt, hogy mennyi narancsot, banánt, epret stb. termelünk, a pénzben kifejezett értékével számoljuk ki (Mankiw 2011: 352–353). Tudjuk, hogy minél magasabb a GDP, annál többet lehet kiosztani belőle, így racionális az a feltételezés, hogy a magasabb GDP lehetőséget teremt az emberek életszínvonalának emelésére. Mindkét definíció alapvetően elfogadható és tartható, bár arra, hogy a GDP ténylegesen mit mér, még az 5. fejezetben visszatérünk. A GDP ráadásul egy nagyon kifinomult, régóta használt mutatószám, így elfogadhatjuk, hogy megbízhatóan méri azt, amit mér.

Mivel szűkös erőforrások elosztásáról van szó, jó, ha minél kevesebb erőforrást használunk fel egy adott eredmény eléréséhez. Az ilyen jellegű elemzésekhez a közgazdaságtan az erőforrás-hatékonyság mutatóját alkalmazza. Számszerűsítve: a mutatószámnál az eredményt teszik a számlálóba (amit mér – például mennyi energiát termelünk), az erőforrást (amit rááldozunk, pl. a felhasznált kőolaj mennyiségét) teszik a nevezőbe, így megkapják a kőolaj mint erőforrás hatékonyságát (egy egységnyi kőolajjal mennyi energiát termelünk). A GDP-nek, ami az országok gazdasági fejlettségét méri, az a jelentősége, hogy emelheti az emberek életszínvonalát, a jóllétérzését. Így az előző logika szerint a számlálóba kell(ene) tenni az életszínvonalat (például a szubjektív jóllétet), és a nevezőbe a GDP-t, azaz az ennek érdekében létrehozott termékeket és szolgáltatásokat. Hasonló logikát alkalmaz a Happy Planet Index (Hot or Cool Institute 2024). A 2.5.1. fejezetben ismertettük a DEA hatékonyságelemző programot, ahol a GDP a számlálóban volt, és a felhasznált energia volt a nevezőben, azaz az egységnyi felhasznált energia által megtermelt GDP-t tekintettük a (gazdasági) hatékonyság mutatójának. Most azt nézzük meg a 4.6. dobozban, hogy milyen sorrend alakul ki, ha a GDP a nevezőben szerepel, tehát mennyiben segíti elő a gazdasági fejlettség a társadalom jóllétét. Inputváltozóként még hozzávettük az ökológiai lábnyomot is mint a gazdaság hatékony növekedését lehetővé tévő tényezőt.

M-D

4.6. DOBOZ
A GDP ÉS AZ ÖKOLÓGIAI LÁBNYOM ALAPJÁN ÉRTELMEZETT BOLDOGSÁGSZINT (DEA-ELEMZÉS)

A következő táblázatban a 2.5. táblázat országainak körét kibővítettük a Magyarországgal szomszédos országokkal, hogy a mintaelemszám elegendő legyen akár három változó egyidejű vizsgálatához is. A GDP és az energiafelhasználás mellett olyan mutatókat is gyűjtöttünk, amelyek a környezeti terhelést (CO_2-kibocsátás, ökológiai lábnyom), illetve az emberek életminőségét (HDI, boldogságindex, szubjektív jóllét, amely ebben az esetben komplexebb mutató, mint önmagában a boldogságindex) jellemzik.

4.4. táblázat: Néhány európai ország teljesítményértékei

Országok	GDP	HDI	Boldogság	SWB 2018	CO_2	Energia-felhasználás	Lábnyom
Ausztria	70,3	0,93	6,81	0,763	6,42	3,325	6,3
Szlovénia	53,81	0,931	6,792	0,707	5,35	2,878	5,4
Csehország	53,08	0,915	6,775	0,674	7,92	3,526	5,7
Lengyelország	46,45	0,906	6,673	0,734	7,46	2,657	4,5
Szerbia	28,67	0,833	6,606	*	6,25	2,441	4,1
Románia	45,66	0,845	6,563	0,671	3,57	1,656	3,4
Szlovákia	43,51	0,88	6,221	0,704	5,57	3,204	4,6
Magyarország	44,91	0,87	5,915	0,674	4,15	2,493	4
Horvátország	45,49	0,889	5,87	0,609	4,5	2,155	4,7

* Nem találtunk megbízható adatot, de figyeljünk arra, hogy a DEA teljes adatállománnyal működik megfelelően.

Források: (Letöltve: 2025. március 10.)

GDP/fő ppp 2023	https://data360.worldbank.org/en/indicator/WB_WDI_NY_GDP_PCAP_PP_CD
HDI-értékek 2025	https://worldpopulationreview.com/country-rankings/hdi-by-country
Life evaluation 2022–2024 Boldogságindex	WHR 2025
SWB (komplex) 2018	Panek és Zwierzchowski (2024)

Ökolábnyom 2019	https://data.footprintnetwork.org/#/
CO_2 / fő 2023	https://ourworldindata.org/grapher/co2-per-capita-marimekko?tab=table
Energiafelh. ToE/fő olajegyen-értékben 2023	https://data.worldbank.org/indicator/EG.USE.PCAP.KG.OE

A táblázat alkalmas arra, hogy összehasonlítsuk a különböző országok egyes jellemzőit, amiből kitűnik, hogy Szerbia alacsony GDP-értékei ellenére is kedvező eredményeket ért el, de felfigyelhetünk Románia alacsony ökológiai lábnyomára is. A táblázatot a boldogságindex szerint rendeztük sorba. A DEA segítségével azt vizsgáljuk meg, hogy az egyes országok erőfeszítései (GDP, ökológiai lábnyom) milyen mértékű elégedettséget okoznak (boldogságindex). Megengedünk többféle fejlesztési stratégiát is, ezért a VRS-megközelítést alkalmazzuk. Azt vizsgáljuk, milyen eredményeket hoznak az egyes országok erőfeszítései – így outputorientált megközelítést alkalmazunk. A 4.5. táblázat mutatja az eredményeket. A részletek ismertetésétől most eltekintünk, csak a hatékonyságra, a hiányokra (s_) és a többletekre (e_) figyelünk, valamint kiszámoljuk a skálahozadékot.

4.5. táblázat: A GDP és az ökológiai lábnyom (input) hatása a boldogságindexre (output). VRS és CRS outputorientált megközelítés.

	VRS			***CRS***		***SE***
	hat.	**s_Boldogság**	**e_Lábnyom**	**hat.**	**s_Boldogság**	
Ausztria	1	0	0	0,595	4,642	0,595
Szlovénia	1	0	0	0,715	2,704	0,715
Cseh-ország	0,998	0,012	0,338	0,689	3,064	0,690
Lengyel-ország	0,999	0,009	0	0,835	1,32	0,836
Szerbia	1	0	0	1	0	1,000
Románia	1	0	0	1	0	1,000
Szlovákia	0,93	0,466	0	0,78	1,753	0,839
Magyar-ország	0,893	0,711	0	0,812	1,37	0,909
Horvát-ország	0,876	0,832	0	0,716	2,329	0,817

Forrás: saját számítások

A VRS-hatékonyságértékek számításánál figyeljünk arra, hogy az értékek a változó skálahozadék megengedése és a reciprokérték használata miatt torzíthatnak, ám lehetőséget adnak a relatív összehasonlításra. További technikai megjegyzés, hogy nem mindig sikerül lenullázni az inputváltozókat az optimalizálás során, mint ahogy ebben az esetben Csehország esetében sem sikerült (ezért hagytuk bent a lábnyom többletére utaló oszlopot), de a CRS esetében mindkét erőforrásoszlop nulla értékű.

A CRS outputorientált változat csak két országot jelölt hatékonynak, Szerbiát és Romániát, a szemmel látható (4.4. táblázat) alacsony inputértékeik miatt (alacsony GDP, illetve ökológiai lábnyom). Ezzel azonban olyan meredek CRS-burkológörbét kaptunk (a 2.8. ábra szaggatott vonala mutat egy CRS-burkológörbét), hogy ez nagy hatékonyságkülönbségeket eredményezett. Így Ausztria legmagasabb boldogságindexe (6,81) ebben az összehasonlításban igen alacsonynak tűnik, mert a GDP-jéhez képest, figyelembe véve a 4.5. táblázat „boldogsághiány" oszlopát (6,81 + 4,642), 11,452-nek kellene lennie, ami nem tűnik teljesíthetőnek, mivel a maximális érték 10. Érdekességképpen, az inputokat is megvizsgálva a CRS inputorientált módszerrel (az eredményeket itt nem közöljük), a 70,3-es GDP és a 6,3-es ökológiai lábnyom helyett a 6,81-es boldogságindexet – hatékonyan – 41,805-ös GDP-vel és 3,746-os ökológiai lábnyommal is el lehetett volna érni. A kivetített pont a Szerbia és Románia között húzódó burkológörbe-szakaszon található.

A 4.5. táblázat utolsó oszlopában szereplő skálahatékonysági mutató (SE – scale efficiency) kizárólag a döntési egység méretének hatásából eredő hatékonyságveszteséget tükrözi. Ausztria és Szlovénia esetében az összesített technikai hatékonyságtól való eltérés csupán a méretből fakadó skálahatékonysági hiányosságból adódik, mivel VRS-hatékonysági értékük 1. Ez azt jelenti, hogy a GDP és az ökológiai lábnyom adott nagyságrendje mellett működésük technikailag hatékonynak tekinthető, ugyanakkor az elért eredményekhez képest túlzott erőforrás-ráfordítással dolgoznak. A többi öt ország esetében ezzel szemben nemcsak méretproblémák, hanem tényleges technikai problémák is rontják az összteljesítményt. Például Magyarország esetében a CRS-hatékonyság az alábbi módon számítható: CRS-hatékonyság = SE × VRS-hatékonyság, azaz: $0{,}909 \times 0{,}893 \approx 0{,}812$. Ez a szétbontás lehetővé teszi annak pontos meghatározását, hogy a teljes technikai hatékonysági veszteség milyen arányban tulajdonítható a nem optimális méretből adódó skálahatékonysági problémának, illetve a működés technikai hiányosságainak.

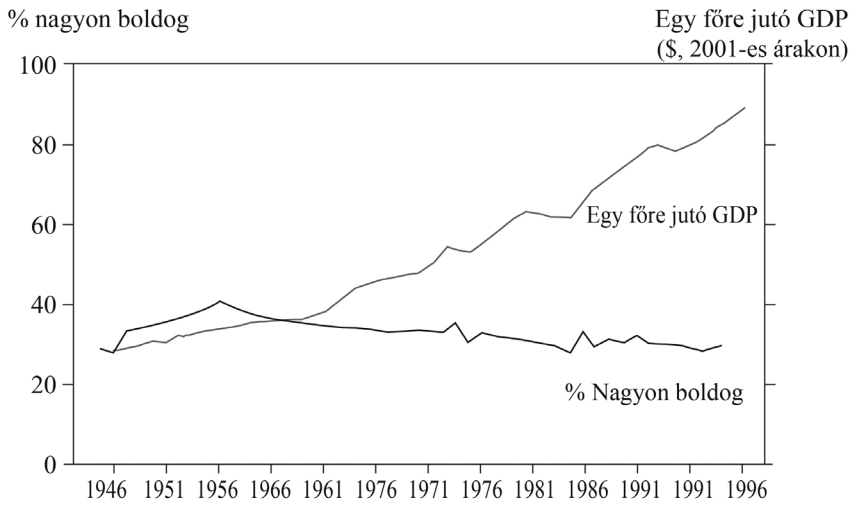
Megfontolásra érdemes tényezők még a következők. A boldogságot meghatározó tényezők közül a genetika mintegy 50%-ban meghatározó (Lyubomirsky és mtsai 2005), ami biztosan érzékelhető Közép-Európában is valamennyire. Érdemes lenne a boldogságindex trendjét betenni függő változónak (mondjuk egy regressziós modell „b" paraméterét).

Illesszük be ebbe a rendszerbe Kubát (5.4. doboz), ahol kényszerűségből – a kőolajellátás miatti jelentős gazdasági visszaesés miatt – a közösségek felé fordult a társadalom, hogy biztosítani tudja a túlélését. Kubában 2003-ban 3100 dollár (PPP) volt az egy főre jutó GDP, az ökológiai lábnyomuk 0,9 volt, és a becsült boldogságindexük 6.5. 65%-os inflációt feltételezve ez a 3100 dollár most már 5200 dollár körül lehet. Ez az érték mintegy ötöde Szerbiáénak, az ökológiai lábnyomuk pedig kevesebb mint a harmada Romániáénak (akik ezek miatt az alacsony értékek miatt kerültek hatékonysági pozícióba). A boldogságindexük nagyjából a román indexnek megfelelő. Képzeljük el, hogy ez milyen meredek CRS-görbét eredményezne! A matematikai jelentésen túl ez azt is jelenti, hogy lényegesen kevesebből is biztosítani lehet azt, hogy az emberek jól érezzék magukat.

Láthattuk, hogy ha a GDP-t ráfordításként használjuk, megkapjuk, hogy egy egységnyi GDP milyen életszínvonalat, jóllétet eredményez. Amennyiben a GDP-ből mondjuk levonjuk az okozott környezeti és társadalmi károk értékét (mint például a Green GDP vagy a GPI), az torzított eredményhez vezetne, ezért nem tekinthető megfelelő módszernek. Mi lenne, ha nem is foglalkoznánk a hatékonysággal, csak azt mondanánk, hogy maga a kőolajfelhasználás mértéke megmondja, hogy milyen fejlettek vagyunk? Folytatva az előző példát, minél több kőolajat használunk fel, nyilván annál több energiát is termelünk. Ez sem javasolt út, hiszen a kőolajat még számos más célra is használhatjuk, mint energia termelésére. Ezt a problémát már elemeztük a kompozit-indikátoroknál (2.5.1. fejezet). Hasonlóképpen, a GDP sem alkalmas arra, hogy a jóllétet mérjük vele, mivel a megtermelt termékeket és szolgáltatásokat is lehet számos más célra is használni, mint az életszínvonal emelésére.

Mivel az a hiedelem, hogy a GDP növekedése automatikusan növeli a jóllétet, elég jelentős, ezért ezt a problémát jobban megvilágítjuk. Tudjuk a felmérésekből, hogy ha országokat hasonlítunk össze, akkor általában a nagyobb GDP-vel rendelkező országokban boldogabbak az emberek. Vannak olyan tanulmányok, amelyek azonban rávilágítanak arra, hogy meddig jelent tényleges boldogságot a GDP mind az életminőség értékelése, mind az érzelmi jóllét tekintetében (pl. Jebb és mtsai 2018). Ennek érzékeltetésére elemezzük tovább a helyzetet a szubjektív érzés szempontjából. A szubjektív jóllét (SWB, lásd pl. Hajdu 2014) alapja ez a kérdés: minden körülményt figyelembe véve, mennyire elégedett az életével ezekben a napokban? A válaszadók egy 1-től 10-ig terjedő skálán értékelik az elégedettségüket. Perman és munkatársai (2011: 67–70) leírják az SWB és a GDP összefüggését, több szempontból is. Az SWB pozitívan korrelál az abszolút jövedelemmel, a másokhoz viszonyított jövedelemmel és a korábbi jövedelemhez viszonyított jövedelemmel – ezek a GDP mértékéhez kapcsolódó tényezők, amelyek alátámasztják, hogy az SWB és a GDP nem függetlenek egymástól. Azonban az SWB pozitívan korrelál a házasságban élés, a valamilyen csoporthoz tartozás (pl. vallási közösség), a politikai részvétel és a jó fizikai egészség meglétével is (Perman és mtsai 2011: 69), ami a szociális kapcsolatok meglétének fontosságát mutatja. Ez már átvezet annak a vizsgálatához, hogy vajon egy adott országon belül a GDP állandó növelése mennyire befolyásolja az SWB-t. Ennek vizsgálatára számunkra az a legjobb, ha egy fejlett

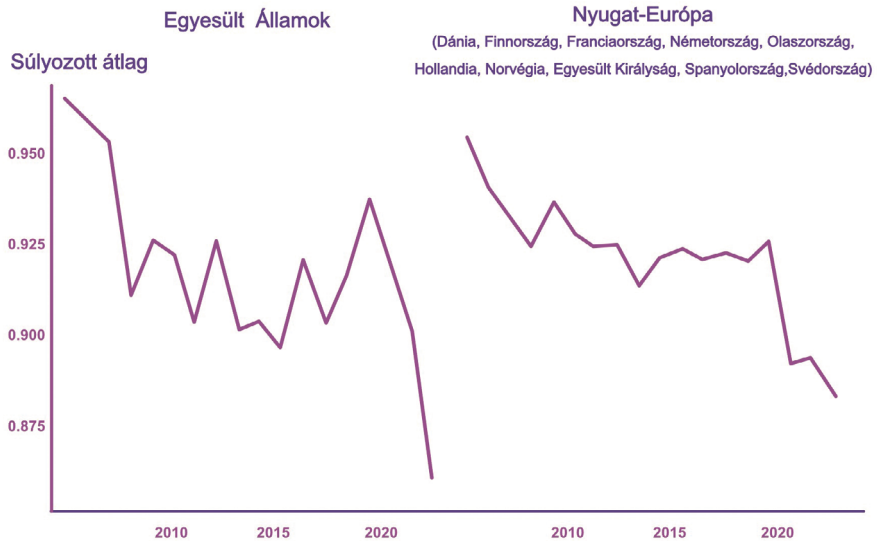
országot vizsgálunk, amely vélhetően már túljutott a GDP-növekedés által kiváltott kezdeti elégedettségi szakaszon. Azaz olyan ország vizsgálata hasznos, ahol kimutatható, hogy a GDP meddig növeli ténylegesen az emberek jóllétét. Az USA-ra vonatkozóan 1946 óta állnak rendelkezésre adatok (4.7. ábra).



4.7. ábra: Egy főre jutó GDP és a nagyon boldogok aránya 1946–1996 között (USA)
Forrás: Layard 2003

Layard az 1–10-ig terjedő skálát három kategóriára osztotta: nagyon boldog, elég boldog és nem túlságosan boldog. Azt állapította meg, hogy 1956-ig folyamatosan nőtt azoknak az aránya, akik nagyon jól érezték magukat, de onnantól kezdve ez az arány folyamatosan csökkent. Igaz, hogy jövedelem alapvetően a felső jövedelmi szinttel rendelkezőkhöz áramlik, de ez nem jelenti azt, hogy a középosztály és az alacsony jövedelemmel rendelkezők jövedelme csökken. A felső 10% jövedelmi részesedése 35% alatt maradt 1942 és 1987 között (Piketty és Saez 2003). 1971 és 2021 között a felső osztály háztartásainak jövedelme 69%-kal, a középosztályé 50%-kal, az alsó osztályé pedig 45%-kal nőtt (Kochhar és Sechopoulos 2022). Ezek alapján tartható az a feltételezés, miszerint növekvő jövedelem mellett egyidejűleg létezik a csökkenő jóllétérzés. Layard hasonló összefüggést talált Japánra vonatkozóan is: a szubjektív jóllét stagnált, a GDP pedig a hatszorosára nőtt. A jóllét érzésének további csökkenését találjuk a 2000-es években is, ahol az élettel való elégedettséget vizsgálták, de Nyugat-Európában sem figyelhető meg a jóllét érzésének növekedése (4.8. ábra).

A GDP pedig – mint tudjuk – folyamatosan nő. Amennyiben a GDP-től várnánk, hogy jól érezzük magunkat, úgy ezt a jelenséget a csökkenő határhaszonnal tudnánk leírni. Azt láthatjuk, hogy 1962 óta az SWB és a GDP alakulása ellenkező trendet követ (kissé ironikusan: megvalósult a *decoupling* [lásd majd az 5.2.1. fejezetet]): egyre kisebb elégedettségérzéssel sikerül egyre nagyobb GDP-t előállítani.



4.8. ábra: Az élettel való elégedettség alakulása az USA-ban és Nyugat-Európában
Forrás: WHR 2025: 218

A helyzetet tovább árnyalja, hogy a jövedelemmel összefüggő tényezők nem tűnnek tartósnak, tehát lehet, hogy egy hónap múlva már ezek az adott személynél nem lennének meghatározóak. Azt ugyanis, hogy hogyan érezzük magunkat a jövedelmünk emelkedése eredményeképpen, két fő tényező befolyásolja: az adaptáció és a (társas összehasonlításból fakadó) versengés. Ha nő a jövedelmünk, akkor mondjuk veszünk egy új pulóvert, amely növeli a jóérzésünket. Azután elmúlik az újdonság varázsa, hozzászokunk (adaptáció). A környezetünk tagjainak is nő a jövedelme, ezért ők is vesznek új pulóvert, így már a többiekhez viszonyítva sem tűnünk ki, ez a versengés hatása (Perman és mtsai 2011: 70–71).

Hirsch (1977) *A növekedés társadalmi korlátai* című könyvében ugyanezt a jelenséget elemzi: a gazdasági növekedés folyamata egyre kevésbé képes megadni azt az elégedettséget, amelyet az egyének elvárnak tőle. Az elégedettségérzés addig tart, amíg az anyagi jólét általános szintje kielégítette az alapvető biológiai szükségleteket, mint például az életben maradáshoz szükséges élelmiszer, lakhatás és ruházat. „*Az egyének által az árukból és szolgáltatásokból származó elégedettség egyre inkább nemcsak a saját fogyasztásuktól, hanem mások fogyasztásától is függ.*" (Hirsch 1977: 2). Miután az alapvető anyagi szükségletek kielégítésre kerülnek, a további gazdasági növekedés egyre nagyobb arányban ún. „pozicionális javakra" fordított jövedelemmel jár együtt. Ennek következtében a fejlett gazdaságokban a növekedés sokkal kevésbé kívánatos társadalmi cél, mint ahogyan azt automatikusan feltételezzük.

Hirsch elemzéséből egyszer megtudjuk, hogy az alapvető szükségletek kielégítése erejéig volt igazán fontos a GDP növekedése, illetve az SWB-elemzésekből is tudjuk, hogy az főként az emberi egészséggel és a társas kapcsolatokkal függ szorosan össze.

Így körvonalazódik, hogy a GDP növekedése mely területeken hasznos: ahol még hiányoznak az alapvető, fizikai erőforrásokkal kielégíthető emberi szükségletek. Ezeknek a megállapításoknak ott van nagy jelentőségük, hogy lehetőséget teremtenek a fizikai javakkal kapcsolatos szubjektív érzés számszerűsítésére, és rávilágítanak arra, hogy a szubjektív érzés többi eleme már nem a GDP felségterülete. A jóllét ilyen szempontú illékonyságát más irodalmak is alátámasztják, sőt számszerűsítik is a hatásokat (Lyubomirsky és mtsai 2005).

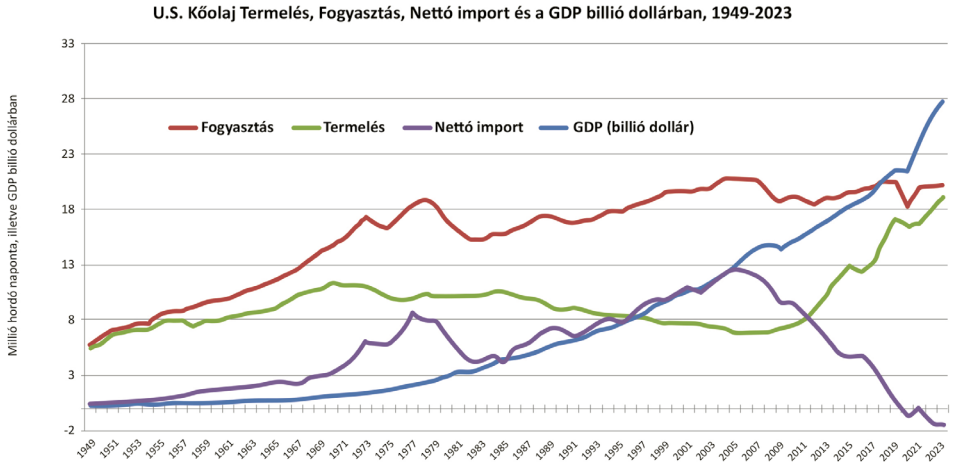
Max-Neef (1991) kutatásai még közelebb visznek annak a kérdésnek az eldöntéséhez, hogy mik azok, amik valós igényt jelentenek (ezeket hívja szükségleteknek), és mik azok, amik csak a vágyaink kielégítése miatt fontosak (satisfiers). A szükségletek általánosan jelen vannak minden kultúrában, csak a kielégítésük hogyanja változik. Véleménye szerint az emberi szükségletek rendszert alkotnak – egymással összefüggenek és kölcsönhatásban állnak. A következő alapszükségleteket határozza meg: létfenntartás (élelem), védelem, szeretet és érzelmi kapcsolódás, megértés, részvétel, rekreáció (szabadidő, elmélkedés, semmittevés), alkotás, identitás és szabadság. A jóllét méréséről lásd még Gébert (2012) tanulmányát.

Mennyi lehet az aránya a valóban gazdasági eredetű tényezőknek abban, hogy mennyire érezzük jól magunkat? Lyubomirsky és munkatársai (2005) szerint nem sok. Először is, a genetikai meghatározottság mintegy 50%-ot tesz ki, tehát az e fölötti tényezőket érdemes vizsgálni. Az anyagi jellegű tényezőket a velünk megtörténő „körülmények" csoportba sorolják, ahol még a következő tényezők találhatók: véletlenszerű, de viszonylag stabil tények, amelyek egy egyén életét jellemzik, mint a demográfiai tényezők, életkor, nem, etnikai hovatartozás, az egyén személyes története (például egy gyermekkorban elszenvedett trauma, egy autóbaleset vagy egy rangos díj elnyerése). Végül a körülmények közé tartoznak az élethelyzetet leíró változók is, mint például a családi állapot, a foglalkozási státusz, a munkahelyi biztonság, a jövedelem, az egészségi állapot és a vallási hovatartozás. A „körülmények" csoport összes részesedése a jólérzésből mindössze 8–15%. A jövedelmi és státuszhelyzet ennyire marginális volta a kutatókat is meglepte, és ezt a – fentebb tárgyalt – adaptációval és versengéssel magyarázzák. Ez az a kategória, ami „megtörténik" az emberrel. Az igazi, a jóllétet meghatározó tényezők az aktivitást feltételező dolgok (mintegy 40%), azok, amelyek mögött szándékolt cselekvés áll (intentional activity), amelyek erőfeszítést igényelnek, és tudatos tevékenységeken alapulnak. Ezek a viselkedési formák például a testmozgás, vagy kedvesnek lenni másokkal; a megismerési (kognitív) tevékenységek, például a helyzetek pozitív értékelése, valamint az akaratlagos tevékenységek, mint egy személyes cél elérése vagy értelmes ügyekért való fáradozás. A kutatók kiemelik a változatosság szerepét is. Ebből a szempontból válik igazán fontossá az a folyamat, amely során az embertől elvesszük azt a lehetőséget, hogy a dolgokat átlátva felelősségteljes munkát végezzen (3.1. fejezet).

4.5.3. A GDP és az energiafelhasználás rendszerszintű összefonódása

A jelenlegi civilizáció által létrehozott technológiai képződmény falja a rendszerbe bevonható munkaerő produktivitását és a természetet (még ha elsőre túlzónak is tűnhet a megállapítás). Ez a technológiai felépítmény a hihetetlen bőségben áradó kőolajra épül: (1) üzemanyagként (a kőolaj biztosítja a közlekedési célú energiaforrások több, mint 90%-át); (2) műanyagként (ruha, gépalkatrészek, gyógyszer), ami szervesen beépült a mindennapjainkba, kiszorítva a hagyományos megoldásokat; és (3) az élelmiszergyártásnál, mind ténylegesen, mind a műtrágyák előállítása révén. Az USA-ban a mezőgazdaságban felhasznált energia legnagyobb részét, mintegy 30%-át a műtrágyagyártás teszi ki (Végh és mtsai 2008: 157). A mezőgazdaságban a közvetlen energiainputok közé tartozik az elektromos áram, a dízel, a benzin, a földgáz, a propán és egyéb üzemanyagok. A közvetett energia azt jelenti, hogy az energiafogyasztás a gazdaságon kívül történik: jellemzően a műtrágya és a növényvédő szer előállítása során felhasznált energia tartozik ide. Hitaj és Suttles (2016: 5) számításai szerint 2014-ben az USA mezőgazdasága mintegy 1700 Btu-t (British Thermal Unit) fogyasztott, amiből a direkt felhasználás megközelítően 1050, az indirekt (műtrágya, növényvédő szerek) 650 Btu, ami 40% körüli érték.

Ez a fosszilis üzemanyagokra épülő technológia alapvető szerepet játszik a GDP termelésében. A hatás mértékének szemléltetésére vizsgáljuk meg a kőolajtermékek használata (összes termelés, fogyasztás, nettó import) és a GDP közötti összefüggéseket (4.9. ábra).



4.9. ábra: A kőolajtermelés és -felhasználás, valamint a GDP kapcsolata az USA-ban
Forrás: kőolajadatok: https://afdc.energy.gov/data, GDP-adatok: https://fred.stlouisfed.org/series/GDP (Letöltve: 2025. március 4.)

A kőolajfogyasztás és a GDP között az ábra erős összefüggésre utal, amit részletesebben is megvizsgálunk a 4.7. dobozban. Megjegyzendő, hogy a GDP adatsorára a $GDP = 0{,}297 \times e^{0{,}0646x}$ exponenciális függvény 95,71% (R^2) pontossággal illeszkedik, de az exponenciális növekedés az ábrán is jól kivehető. Itt jegyezzük meg, hogy az a hallgatólagos elvárás, miszerint a GDP minden évben egy bizonyos százalékkal, mondjuk 2%-kal nőjön, a linearitás látszatát kelti. A valóságban a már megnövekedett GDP alapján várjuk el azt a 2%-ot, ezért a növekedési hatás valójában exponenciális. A kapcsolatok erősségét statisztikai módszerekkel teszteltük (4.7. doboz).

4.7. DOBOZ
A KŐOLAJFELHASZNÁLÁS ÉS A GDP KAPCSOLATA

Regresszióanalízis

A 4.9. ábrán látható adatsorok kapcsolatát először regresszióanalízissel vizsgáltuk, ahol a függő változó volt a kőolajfogyasztás (*Olaj*), a független pedig a GDP. Feltételeztük, hogy a GDP növekedése kényszeríti ki a fokozott olajfogyasztást (és kitermelést). Az ábra alapján feltételezhető, hogy mindkét változó növekedését számos egyéb tényező is befolyásolja. Ezek a tényezők az időbeli trendek mögött rejtve maradhatnak, tehát a megbízható eredmények érdekében az idősorokból ki kell venni a trendet – azaz a vizsgált idősorokat stacionáriussá kell tenni. Ennek érdekében kiszámoltuk a GDP és a kőolajfelhasználás változását: eltávolítottuk a trendet mindkét adatsorból, tehát előállítottuk az évenkénti változás adatsorait (GDP_t-GDP_t-1 értékek). A GDP idősor még az elsőrendű különbségek után sem bizonyult stacionáriusnak, az exponenciális növekedési trend miatt, ezért másodrendű különbséget képeztünk: (GDP_t-GDP_t-1) – (GDP_t-1-GDP_t-2), azaz kiszámoltuk a GDP és az olajfelhasználás változásának gyorsulását, vagyis azok másodrendű különbségét. Így, a stacionárius idősorokra lefuttatva a regresszióanalízist, az R^2 értéke nőtt 53,1%-ra, és a GDP paraméterbecslése 0,0015305 volt. Ez azt jelenti, hogy a GDP-növekedés ütemének 1 billió dolláros gyorsulása következtében a kőolaj felhasználásának gyorsulása napi 1530 hordóval nagyobb lesz (a modell homoszkedasztikus volt, és nem mutatott autokorrelációt).

Granger-okság

Azt is vizsgálhatjuk, hogy az olajfelhasználás gyorsulása okozta-e a GDP-növekedés gyorsulását, vagy fordítva? A Granger-oksági teszt – amely ismét csak stacionárius idősorokra alkalmazható – azt vizsgálja, hogy egy adott változó alakulása jobban megjósolható-e egy másik változó múltbéli értékeinek bevonásával, mint kizárólag a saját múltbéli értékei alapján. Fontos azonban, hogy ez nem valódi oksági kapcsolatot, hanem csak statisztikai előrejelezhetőséget mutat. E szerint a GDP növekedésének a gyorsulását nem befolyásolja az

olajfelhasználás gyorsulása, de fordítva már más a helyzet: az olajfelhasználás gyorsulását szignifikánsan befolyásolja a GDP-növekedés gyorsulása (tehát a GDP-növekedés gyorsulása Granger-oka az olajfelhasználás gyorsulásának). Másképpen: a GDP növekedésének gyorsulásával jobban meg lehet magyarázni a nagyobb mértékű olajfelhasználás-gyorsulást. Ez a hatás az előző évi GDP esetében a legerősebb, majd egyre gyengül.

Kointegráció

A további számításokhoz ismét a 4.9. ábrán látható idősorokat nézzük, most már az eredeti formájukban. Hosszú távon úgy viselkednek, mintha össze lennének kötve (kointegráltak): ha az egyik elmozdul, a másik előbb-utóbb követi. A Johansen-eljárás a két adatsor különbségéből indul ki, és azt nézi, hogy ez a „különbségadatsor" stacionárius-e. Ha igen, akkor az idősorok kointegráltak.

Az egyensúlyi kapcsolat egyik formája: $GDP_{t-2} - 189{,}9Olaj_{t-2} + 3963 = 0$ (egy ilyen kombináció volt). Ez a lineáris kombináció lehetővé teszi mind a GDP, mind az olajfelhasználás kifejezését egymás függvényeként. A fontos ebben az esetben az, hogy a két időszakkal késleltetett értékek azok, ahol ez a kapcsolódás a legerősebb. A teszt nullhipotézise az, hogy nincs kointegráció ($r = 0$). A tesztérték: 29,31, ami magasabb az 5%-os szint 19,96-os értékénél, így elvetjük a nullhipotézist. Tehát mondhatjuk, hogy a GDP és az olajfelhasználás között szoros és hosszabb távú kapcsolat van.

VECM

A kointengrációs egyenlet alapján futtattunk egy hibakorrekciós modellt is (VECM, Vector Error Correction Model) azzal a céllal, hogy megvizsgáljuk: melyik változó biztosítja ezt az összhangot, és melyik nem engedi, hogy a másik „elszakadjon tőle", azaz a különbségnek a nulla értéktől való távolsága ne legyen túl nagy. Az elszakadás mértékét jelzi a kointegrációs tag, ezért is hívják hibakorrekciós tagnak (error correction term – ECT). A VECM-modell azt vizsgálja, hogy a GDP és az olajfelhasználás aktuális változását mennyiben magyarázza a hosszú távú egyensúlyi eltérés (*ect1*), illetve a változók saját előző időszaki változásai. A 4.6. táblázat mutatja a VECM eredményeit.

4.6. táblázat: VECM-eredmények: a GDP hatáselemzése

GDP változására	Együttható (becslés)	Standard hiba	t-érték	p-érték	Sig.
ect1	0,033427	0,0068	4,903	5,9e-06	***
GDP.dl1	0,376987	0,1293	2,916	0,00477	**
olaj.dl1	−80,337	62,625	−1,283	0,20387	

GDP változására	**Együttható (becslés)**	**Standard hiba**	**t-érték**	**p-érték**	**Sig.**
Olajfelhasználás változására					
ect1	0,000043	0,000012	3,329	0,0014	**
GDP.dl1	−0,000809	−0,000546	−3,297	0,0015	**
olaj.dl1	0,418	0,1189	3,512	0,000782	***

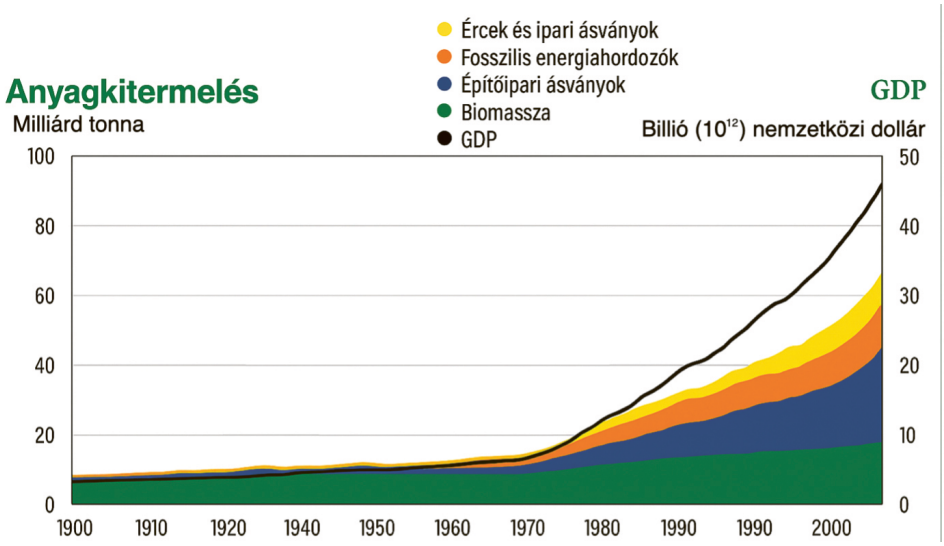
Forrás: Az *R* programcsomag felhasználásával, saját szerkesztés

A modell eredményeiből látható, hogy a kointegrációs hatás a GDP-t és az olajfelhasználást is szignifikánsan befolyásolja, azaz az egymástól való elszakadásra mindketten érzékenyen reagálnak. A változók saját, előző időszaki változásai is jelentős hatást gyakorolnak az aktuális változásra. A különbség ott van, hogy amíg a GDP változására nincs szignifikáns hatással az olajfelhasználás előző időszaki változása, addig a GDP előző időszaki változása befolyásolja az olajfelhasználás változását. A modellből az is látható, hogy a „*GDP*" változó sokkal erősebben reagál az egyensúlyi eltérésekre (*ect*1), míg az „*Olaj"* változó csak mérsékelten. Ez arra utal, hogy az egyensúly fenntartását elsősorban a GDP biztosítja – az eltérésekre gyorsabban és erősebben reagál. A GDP hatásvizsgálatára felírt egyenlet magas (kiigazított) R^2 értéke (0,74) további bizonyíték arra, hogy GDP a rendszer domináns visszacsatoló szereplője, azaz érzékenyen reagál a bővülő kőolajmennyiségre, és annak intenzívebb felhasználásával gyorsítja a gazdasági növekedést.

A statisztikai elemzések alátámasztják, hogy a GDP okozza a kőolajfelhasználás növelését, és mivel ez megvalósul, a felhasználás növekedése további GDP-növekedést vált ki. A módszertannal kapcsolatos további figyelmeztetés, hogy van valami mögöttes hatás, amely mindkettőt mozgatja, de ilyen – elméletileg feltételezhető – mögöttes tényezőt nem látunk. Azt is meg kell jegyeznünk, hogy az elemzés az egész idősorra való átlagos becslés, és látható, hogy 2007 után – valamilyen ok következtében – elszakad a GDP növekedése a kőolajfelhasználástól. Ennek a legvalószínűbb oka, hogy alternatív energiaforrások léptek be.

A GDP nemcsak a kőolajfogyasztásra volt ilyen hatással, hanem más erőforrásokra is, ahogyan azt a 4.10. ábrán láthatjuk.

A 2005 utáni időszakban folytatódott mind a GDP, mind a globális kitermelés növekedése. Levonhatjuk azt a következtetést, hogy a GDP növekedése maga után vonja a természeti erőforrások kitermelésének növekedését. De mi okozza a GDP növekedését? Csak az elvárások? A következő fejezetben a pénz szerepét vizsgáljuk meg.



4.10. ábra: A GDP és az anyagkitermelés kapcsolata 1900 és 2005 között
Forrás: UNEP (2011)

4.5.4. A pénzrendszer rendszerszintű hatásai

A pénz talán az emberiség egyik legnagyobb innovációja, rendkívül hatékony gazdaság- és társadalomépítő eszköz. Rengeteg munka és szakértelem, valamint hatalmas infrastruktúra szükséges ahhoz, hogy a mindennapok technikailag szinte zavartalanul folynak: kapunk a számlánkra fizetést, kártyával fizethetünk, a számlaátutalásaink automatikusan megtörténnek. A pénzt a bankrendszer működteti, ezáltal igen jelentős hatása van a társadalomra és a gazdaságra. Amennyiben az önérdek mozgatja a civilizáció kiépítését megtervező embereket (3.4. fejezet), úgy a célrendszer is ennek megfelelően működik, és a hozzá szükséges struktúra kialakítása is, aminek a szerves része a pénz megfelelő szerepkörének a kialakítása. Ennek a legmarkánsabb jellemzője, hogy a pénz újabb pénzt termel (mivel a kamatot legálissá tették), annak ellenére, hogy etikailag kifogásolható (lásd Arisztotelész és Aquinói Szent Tamás erről megfogalmazott gondolatait vagy az iszlám vallást).

Lietaer és munkatársai (2012: 93–117) öt pontban összegzik a pénzrendszer azon hatásait, amin javítani kellene, ha valóban fenntartható pénzrendszert szeretnénk: (1) A pénzteremtési folyamatnak jellemzője, hogy felerősíti a gazdasági ciklusok fellendülési és visszaesési szakaszait; (2) A rövid távú gondolkodás rendszerszintű bátorítása; (3) A kamatos kamat növekedésre kényszerítő ereje; (4) a gazdagság koncentrációja; (5) A társadalmi tőkét elértéktelenítő szerepe a versenyszellem fokozása, a negatív érzelmek erősítése (pl. irigység) és a társadalmi viselkedés megváltoztatása által.

Amennyiben jelentkeznek kisebb-nagyobb pénzügyi válságok, az csak annyit jelent, hogy a pénz a feladatát nem teljesíti megfelelően, és ezért helyre kell állítani a működőképességét. Az, hogy a válságok egyéb drámai hatással is vannak a mindennapokra, ebből a szempontból nem különösebben érdekes. Minél olajozottabban működik a rendszer, annál jobban ellátja a pénz a kitűzött feladatát, ami elsősorban a hasznos funkcióinak működtetése, azonban megmarad a környezetre és az emberekre gyakorolt negatív hatása.

A fentieken kívül számunkra még kiemelendő az a hatás, amely a társadalmak mozgásterét nagyban meghatározza: az országok adósságcsapdája (az adósság visszafizetéséhez újabb hitelt kell felvenni). Ez nem következik közvetlenül a pénzrendszerből, de ha bekövetkezik, hogy a kormányok is csak hitelpénzből gazdálkodhatnak, akkor az országok sokkal könnyebben adósságcsapdába eshetnek. Az adósságcsapda veszélye ugyan korlátot szabhat a kormányok felelőtlen költekezésének, de ennek is megvan a másik oldala: a valóban szükséges kiadásokat is jelentősen korlátozza. Mindenesetre a pénzügyi infrastruktúra jelentős többletbevételhez jut. Lietaer és munkatársai (2012: 126–127) szerint a jelenlegi törvényi szabályozások erősítik az adósságcsapdába kerülés valószínűségét. Franciaország 1973-ig kamatmentesen finanszírozhatta az állami kiadásait, de az 1973. január 3-i törvény 25. szakasza (Article 25) ezt a lehetőséget megszüntette, és ezentúl az államnak a privát szférától kellett kamatra felvennie a szükséges pénzt. Ennek a törvénynek az EU-s változata a maastrichti egyezmény 104-es, valamint a lisszaboni egyezmény 128-as szakasza. A kamatmentesség megszűnésének hatása például a francia államadóságra az volt, hogy az 1979-es 21%-os GDP-arányos adósság 2009-re 78%-ra nőtt, de ha nem kellett volna kamatot fizetniük, csak a törlesztésre ment volna a kifizetett összeg, akkor 8,6%-ra csökkent volna az adósságuk ez idő alatt. Felmerül a kérdés: ha a cél valóban az volt, hogy a kormányok felelőtlen költekezésének gátat szabjanak, nem lehetett volna ezt másképpen megoldani? Például közösségi ellenőrzéssel, ami a demokráciát, az emberek bizalmát is nagyban növelhette volna? Az a kérdés is felmerül, hogy mi történik a kamat révén létrejött gazdagsággal? Az Oxfam-jelentés (2024) szerint minden újonnan megtermelt gazdagságból több megy a felső 1%-hoz, mint az alsó 50%-hoz. Az 1982-es németországi helyzet elemzése szerint a kamatokon keresztül a „gazdagság" több mint 80%-ban a háztartások felső 10%-ához kerül (Lietaer és munkatársai 2012:107).

A profitmaximalizálás a pénzügyi rendszerben a minél nagyobb pénzügyi haszon elérését jelenti, nem csupán a működéshez szükséges pénzügyi haszon elérését. A pénz fokozatosan levált az aranyfedezetről (arról, ami még a természethez kötötte valamilyen módon). Ez a folyamat 1971-ben zárult le (lásd: www.federal reservehistory.org – letöltve: 2025. március 5.), és onnantól már csak bizalmi pénzről beszélhetünk. A gazdaságban keletkező pénz mennyiségét végső soron a jegybank monetáris politikája határozza meg (ilyen monetáris eszköz például az alapkamat vagy a kötelező tartalékráta), de jelentős mértékben múlik azon is, hogy a hitelezés mennyire éri meg a kereskedelmi bankok számára. Így a kereskedelmi bankok döntései továbbra is meghatározó jelentőségűek (McLeay és mtsai 2014).

A forgalomban lévő pénz egyre nagyobb mennyiségben hitelpénz (a legtöbb ország esetében 95–97% körüli [Lietaer és mtsai 2012: 119]), amely után kamatot kell fizetni. Mivel a kibocsátott hitelek fedezete nem 100%, hanem csupán 5–10%, ezért például 10%-os fedezet esetén a tízszeres – legálisan kibocsátható – hitelösszeg után fizetendő a kamat. Ez a kamat (legalább) három összetevőből áll: az adminisztrációs költségekből, az esetleges kockázati részből és a pénzhasználat után fizetendő részből. Ahogy a vállalkozások esetében, a pénz után is a legnagyobb megtérülést várják el. Amíg azonban a hitel összege mint forgalmi eszköz a gazdaságon belül rendelkezésre áll valahol (hiszen kibocsátották), így sikeres vállalkozás esetén vissza is fizethető, addig a kamat összege (eltekintve annak adminisztrációs részétől) nincs jelen a gazdaságban forgalmi eszközként. Annak visszafizetéséhez valahol újabb hitelt kell kibocsátani, hogy forgalomban legyen az a pénzmennyiség is. A kamatos kamat létezése a folyamatot még hangsúlyosabbá teszi. Valószínűsíthető, hogy a kamat további két részénél ki lehetne mutatni hitelmentesen visszaáramló pénzmennyiséget, de jelentős az a rész, amely csak haszonként jelenik meg a kölcsönadónál, és nincs meg a forgalomban a fedezete. Hosszú távú hitelek esetén ez a kamatrész jelentősen meghaladhatja a hitel nagyságát, ahogyan azt a francia államadósságnál láttuk. Az Aquinói Szent Tamás által mesterséges gazdagságnak nevezett pénzből pénzteremtés különösen nagy hibája, hogy nincs a folyamatnak felső korlátja. Ohnsorge-Szabó (2003: 260) így összegzi a jelenlegi pénzrendszer „rendszeridegenségét": a pénztömeg exponenciális növekedésének nincs akadálya, ez a bankszámlákon felhalmozódó kamatok révén biztosított, de a vonatkoztatott anyagi, fizikai hátterének igenis van korlátja, és az nem tud ilyen mértékben növekedni.

Luhmann szerint a pénz utáni törekvés a gazdasági expanzió alapja (Ohnsorge-Szabó 2003: 260). Látszólag nincs jelentős különbség a pénzrendszer és a pénz utáni törekvés erőssége között. Lorenz elemzéseiből azonban következik, hogy az ember kezébe nem szabadna olyan eszközt adni, ahol a hatalom és a pénz utáni törekvését ki tudja használni. Ez mostanra már egy globális kaszinóra kezd hasonlítani. Míg 1980-ban gyakorlatilag csak valós gazdasági tranzakciók zajlottak, ez a helyzet 2010-re már olyanná vált, hogy körülbelül 2%-nyi valós gazdasági ügyletre mintegy 98%-nyi devizaügyletekkel kapcsolatos tranzakció jutott (Lietaer és mtsai 2012: 45–47). Itt felmerül a kérdés, hogy vajon a Tobin-adó (Tobin 1978) globális bevezetése, amely minden devizaváltásra kismértékű (0,1–0,5%-os) adót javasolt, mennyire tudta volna módosítani ezt a folyamatot.

4.5.5. A gazdaság szerkezetéről

A GDP exponenciális növekedése nyilvánvalóvá teszi, hogy a visszajelző rendszereknek nincs visszacsatoló hatása, maradnak információs szinten. Ezenfelül az egész gazdasági rendszer szerkezete eltér az ökológiai rendszerekétől (4.5. doboz). Mészáros megfogalmazása szerint *„az emberi szervezetből és a tudatból csak a termelő*

(producens) és fogyasztó (konzumens) struktúrák és funkciók tevődtek át az emberi környezetre. A lebontó (reducens) és a visszaszerző (rekuperáns) struktúrák és funkciók azonban nem, és mivel a technológiák létrehozásakor ezeket a tényezőket nem is tervezték, ezért erősen kétséges ezen technológiák ilyen értelmű lezárása, azaz a lebontó és visszaszerző struktúrák kialakítása. Ez pedig a Gaia-elvnek a megsértését jelenti" (Mészáros 1994: 4). Wright Mill a kialakult rendszert strukturális immoralitásnak, strukturális felelőtlenségnek minősíti (idézi Foster 2002: 46).

A fenti idézet és a 4.5. dobozban ismertetett ökológiai példa összehangolása a következő: A termelő a növény, a fogyasztó a mindenevő, a lebontó a baktérium (és gomba is lehet, de a példában nem szerepel), a rekuperáns pedig a hulladékevő (pl. földigiliszta), ami megeszi a lebontott anyagot. A műanyaggyártásnál például a műanyagot megtermeljük (növény), felhasználjuk (mindenevő), de nincsenek lebontók (teljes visszagyűjtés és feldolgozásra előkészítés), valamint rekuperánsok (akik pl. a felaprított vagy esetleg granulált állapotban lévő műanyagot új termékekbe való felhasználásra alkalmassá tennék). Röviden: nem gondoskodunk arról, hogy a termelt hulladék ismét visszakerüljön a körforgásba. Ez így önmagában nem igaz, hiszen vannak újrahasznosítási törekvések (lásd körforgásos gazdaság), de ennek hatékonysága az egészhez képest csekély. Geyer és munkatársai (2017) kutatásai azt mutatják, hogy a 2015-ig valaha termelt műanyagnak csak a 9%-át hasznosították újra, 12%-át elégették és a 79 %-a (jobb esetben) a szemétlerakóban végezte.

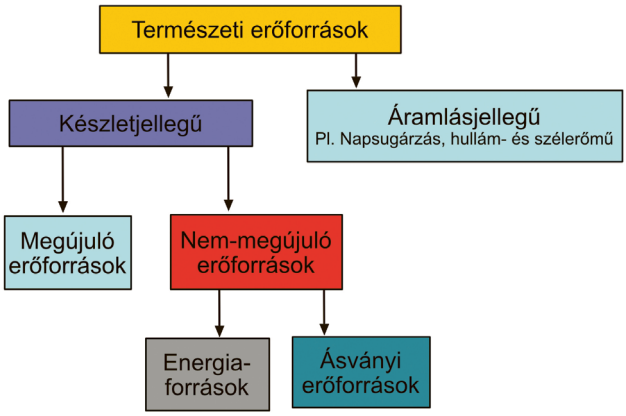
A gazdaságban az ÁKM (ágazati kapcsolatok mérlege) foglalja össze az országos anyag- és energiaáramlást (2.1. táblázat). A teljes magyar ÁKM 66 ágazatot tartalmaz, amiből a 37-39-es ágazatok foglalkoznak a hulladékkezeléssel: a szennyvízgyűjtési és -kezelési szolgáltatás, a hulladékgazdálkodási szolgáltatás és a szennyeződésmentesítési és egyéb hulladékkezelési szolgáltatás. Ennek összesített értéke csak a 38. a termelőfelhaszálás mátrixának 66 ágazata között. A centralitásértéke 1,4% (saját számítás a [2.14] képlet alapján), ami a 66%-hoz (ökológiai rendszerek) képest akkor is kicsi, ha valamennyi újrafelhasználás más ágazatoknál bújhat meg ténylegesen.

A folyamat során a legfontosabb létszükségletnek tekinthető élelmiszerellátást az ember „kivette" a természet kezéből abban az értelemben, hogy befolyásolja a természeti folyamatokat. Erején felüli teljesítésre készteti a természetet, amelyről tudja, hogy nem lehet tartós teljesítmény (nem csak abból él, amit kaphatna). Ráadásul a rövid távú haszonra törekvő vállalkozások miatt a pénz diktálta logika alapján alakulnak ki a szükségesnél jóval komplexebb struktúrák. Erre egy példa a szalma tápanyagként való hasznosítása a 4.4.1. fejezetben. Így a nagyon olcsó energiára alapozott technológiai fejlődésünk következtében egy egységnyi, az élelmiszerben található energiának a fogyasztóhoz való eljuttatásához annak sokszorosára van szükség egyéb energia formájában. Egy 1981-es, Amerikára vonatkozó tanulmány szerint ahhoz, hogy egy egységnyi élelmiszert elfogyasszanak, tizenháromszor annyi energia szükséges. Az állati termékek esetén ez az arány mintegy nyolcszoros (Fogarassy 2001). Bár sok dologgal nem számol a világgazdaság ebben a folyamatban, az egyik legfontosabb, amit nem vesz figyelembe, az az exponenciális növekedés

problémája, amire Forrester (1969), Meadows és munkatársai (2005) és Donella Meadows (2008) is felhívja a figyelmet (többek között), és amit a 4.10. ábra is érzékeltet. Nem gondolnak arra, hogy az elindított folyamatok hatásaikban sokszorozódnak. Ilyen hatás például a fajok kihalásának drámai gyorsulása (4.2. fejezet).

4.5.6. A gazdasági rendszer hatása – erőforrás-alapú megközelítés

A természet mint erőforrás a hagyományos elemzési eszközeinkkel sem néz ki biztatóan. A 4.11. ábra bemutatja a természetierőforrás-felhasználásunkat.



4.11. ábra: A természeti erőforrások felhasználásának csoportosítása
Forrás: saját szerkesztés

A korábbi civilizációk közvetlenül érezték a létfeltételüket jelentő erőforrások (erdő, termőterület) kimerülését. A mai civilizáció technológiai fejlettségénél fogva ezt a problémát képes áthidalni, felhasználva az egész bolygóra kiterjedő hatáskörét. Ha már nincs a szükséges készletjellegű (stock) erőforrás helyben, beszerzik azt máshonnan, legyen az egy szomszédos vagy távoli ország, vagy egy másik kontinens. A megújuló (flow-jellegű) erőforrások ugyan szinte változatlan formában továbbra is rendelkezésre állnak, de ezeket is át kell alakítani a technológiai rendszerbe való integrálásukhoz. Ez eszközöket – például napelemeket, szélvitorlákat – igényel, amelyekhez szintén a stockjellegű erőforrásokhoz kell fordulnunk (pl. vasérc, ritkafémek).

A gazdasági tevékenység hatását egy egyszerű és gyakran használt eszközzel, az IPAT-formulával (Ehrlich és Holdren 1971, Perman 2011: 31–35) szemléltetjük (lásd még a 4.10. ábrát), ahol ezt a hatást egyszerű fizikai mértékegységben, például tonnában mérhetjük. A környezeti hatás a megélhetésünk érdekében felhasznált erőforrás (környezet): I = T, ahol az I a környezeti hatás, a T (technológia, az anyag számunkra hasznos termékké történő átalakítása) pedig azt jelenti, hogy mennyi természeti erőforrást használunk fel, mind erőforrásként, mind hulladékfeldolgozóként, tonnában.

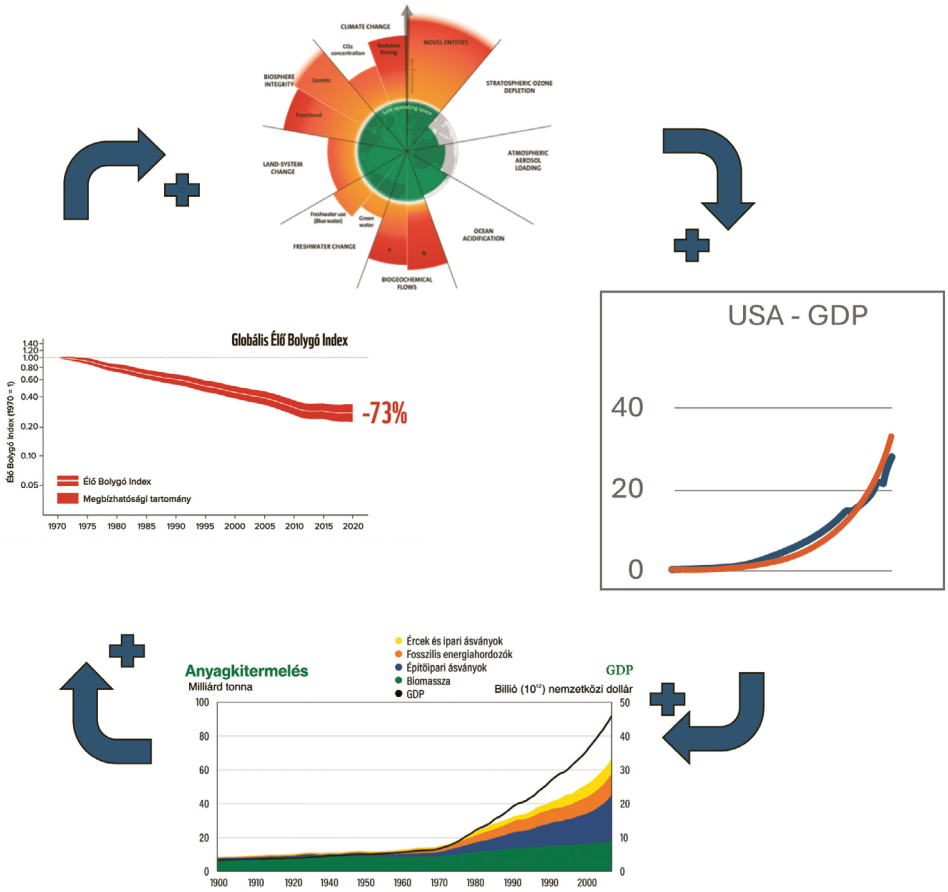
Ezt különböző összetevőkre lehet bontani, hogy az alkotóelemek jobban látszanak. Így lesz az IPAT formula: $I = P \times A \times T$. Az újabb elemek a népesség főben kifejezve (P) és a jólét (A). Racionális az a feltételezés, hogy a jólét és a felhasznált erőforrások is erősen függenek a GDP-től. Ennek bevezetése az egyenletbe jobban értelmezhető képletelemeket biztosít. Az új képlet: az $I = P \times (GDP \div P) \times (T \div GDP)$, tehát a jólétet az egy főre jutó GDP-vel, a technológiát pedig az egy egységnyi GDP-re jutó természeti ráfordítással helyettesítjük. A képlet egyszerűsítésével visszajutunk az $I = T$ egyenlőséghez (kiesik a jobb oldalról a P és a GDP is).

A felbontás (IPAT) a tendenciák érzékeltetésére szolgál. A P (népesség) folyamatosan nő (2025 elején már 8,2 milliárd fő), az egy főre jutó GDP szintén nő (Kínában és Indiában is). Változatlan technológiai színvonal mellett a T értéke nő – tonnában kifejezve. Így az erőforrás-hatékonyság, a növekvő technológiai színvonal kritikus szereplővé válik, mert itt kellene ellensúlyozni a P-ben és az A-ban bekövetkező növekedést. Erről az 5.2. fejezetben írunk részletesebben.

ÖSSZEGZÉS

Ebben az alfejezetben bemutattuk, hogy a gazdaságunk szerkezetének kialakításánál egyáltalán nem vesszük figyelembe az ökológiai rendszerek korlátait, lehetőségeit. Ennek eredménye egy erőforrásfaló, exponenciálisan növekvő gazdaság. Tudományos körökben fel szokott merülni annak a kérdése, hogy vajon a közgazdaságtan tudomány-e vagy szakma (lásd pl. Henderson 2010: 83). Tegyük fel, hogy szakma. Egy szakember veszi mondjuk az IPAT-formulát. Adott egy véges erőforráskészlettel rendelkező Föld (I), erre kell egy olyan gazdaságot építeni, ahol a népesség (P) egy megfelelő szintű jóléttel (GDP ÷ P) egy jelentős erőforrás-igényű technológiával (T ÷ GDP) végtelen ideig meg tud élni. Készíthető erről egy ábra is a 4.2., 4.4., 4.9. és 4.10. ábrából összevágva, amely bemutatja a fő összefüggéseket (4.12. ábra).

Az ábrán az (I) a túlterhelt Föld bolygó, ami – még mindig – megengedi, hogy növeljük a GDP-t, amely növeli az anyagfelhasználásunkat. Ezzel elvesszük a többi élőlény elől az életteret, és tovább súlyosbítjuk a bolygó helyzetét. Egy egyszerű elemzés kimutatja a jelenlegi gazdasági rendszerünk által előállított GDP kritikus szerepét, mert ha ebbe a rendszerbe beleteszünk egy végtelen növekedésű GDP-t, akkor hamar elérjük az (I) maximumát, ami felett az már nem teszi lehetővé a GDP további növelését. Levonható lenne az a következtetés is, hogy ilyen gazdasági rendszerrel hosszabb távon csak „Gaia-rabok" lehetünk: esélyek és lehetőségek nélkül. Egy szakember tehát nem tervez korlátok nélküli gazdaságot. Így mondhatjuk, hogy a közgazdaságtan, az általunk vizsgált szinten, nem szakma. Lehet, hogy rossz a kérdés?



4.12. ábra: A GDP növekedése által befolyásolt rendszer
Forrás: Saját szerkesztés

5. Megoldások 5D-ben

A könyv logikájának megfelelően most jön a megoldásokat tárgyaló fejezet. A bevezetőben azt ígértük, hogy ez a könyv azoknak szól, akik hisznek abban, hogy a civilizációnk nem menthetetlen, tehát ennek a fejezetnek reális megoldást kellene mutatnia. Mondhatnám, hogy fogjunk össze, mert ez a kulcsa mindennek, és akkor együtt kilábalhatunk a válságból. De hol, hogyan fogjunk össze? Bár az állítás valóságtartalmát aligha lehet kétségbe vonni (erre még később visszatérünk), de előbb azt kellene látni, hogy mit tegyünk együtt ahhoz, hogy közösen el is kezdhessük a munkát. Előttünk áll az IPAT-formula kérlelhetetlen valósága, ami alapján kiéljük magunk alól a Földet. Ezt a helyzetet kellene megoldanunk, ahol egy végtelenített GDP-ciklussal áll szemben egy látszólag védtelen Gaia, küszködve azzal, hogy eltartson bennünket. Ha körülnézünk a világban, hasonló körülményeket tapasztalhatunk, mint amelyek a római civilizáció utolsó szakaszát is jellemezték: próbáljuk a még elérhető területek meghódításával biztosítani az egyébként tarthatatlan struktúrájú civilizációnk igényeit, olyan környezetben, ahol egyre kevesebb az erőforrás, és egyre nagyobb az erőforrásigény. Hogy állíthatjuk meg az „irányításmániánkat", és főleg, hogy lesz ebből fenntartható élet 10 milliárd embernek, még ha engedjük is, hogy a természet végre tehesse a dolgát? Olyan megoldások kellenek, amelyek bizonyítják: a természet bevonása javítja a költség- és erőforrás-hatékonyságot. Mindez jelentősen növelheti a vállalatok és a gazdálkodók eredményességét. A következőkben ilyen példákon keresztül mutatjuk be a lehetőségeket. Ezekkel a megoldásokkal azt is alátámasztjuk, hogy az nem elégséges, ha egy országnak (vagy régiónak) van ugyan fenntarthatósági stratégiája is, de abból igény szerint csak „csipegetnek". Azt is bizonyítjuk, hogy nem jótékonykodásról van szó, amire majd áldozunk, ha lesz rá időnk és pénzünk, mert amúgy nagyon fontosnak tartjuk. A javasolt megoldások azonnali és jelentős hasznot hoznak, a nem alkalmazásuk pedig jelentős károkat okoz.

5.1. ÁTHANGOLÓDÁS

Nem várhatunk arra, hogy a globális pénzügyi, vállalati szereplők etikusan kezdenek viselkedni. Ahogy Banerjee (2012) írja a vállalatok társadalmi felelősségvállalása (CSR) kapcsán: a mai politikai gazdasági rendszerben a vállalati stratégiák mindig a részvényesi érték növelését és a tőke megtérülését fogják szolgálni – nem

a társadalmi igazságosságot vagy az erkölcsöt. Az sem biztos, hogy egy katasztrófa hirtelen megvilágosító erejű lehet, és megváltoztatja a viselkedésüket. Ha a mintázat (a paradigma, a célok) nem változik, akkor a struktúra úgy próbál alkalmazkodni, hogy a hasonló típusú katasztrófákat elkerülje. A 2007–2008-as pénzügyi válság megoldható volt a B_5, B_6, B_7 és B_8-as beavatkozási pontokkal, némi szerkezetváltoztatással, de a paradigma, a cél változatlan maradt. A struktúra nem változhatott annyira, hogy a változatlan fő célt ki ne szolgálja. Az „érzékenyítés" azonban már megtörtént (5.2. fejezet), így egyúttal az is igaz, hogy használni fogják a fenntartható módszereket, ha azok érdekükben állnak, tehát inkább azokhoz nyúlnak, mint egyéb, nem fenntartható módszerekhez. A nooszférában ott vannak azok a gondolatok, tudományos elemzések, könyvek, filmek, amelyek lehetővé teszik a fenntarthatóság, közösség, felelősségvállalás, a természet védelme vagy a boldogság fogalmainak értelmezését és használatát. Ez a fajta érzékenyítés abban is segít, hogy kövessük a nagyobb rendszer érdekeit, ha az legalábbis látszólag nem sérti a miénket, illetve indítani tudjunk olyan cselekvéseket, amelyek a nagyobb egész érdekében történnek – és nyilván a mi érdekeinknek is megfelelnek.

A 3.4. fejezetben, a civilizációnk fordulópontjának tárgyalásánál volt szó a láthatatlan kéz elméletéről: ahogy a természet önmaga képes biztosítani a helyes működését, úgy csak engedni kell a társadalmi vállalkozásokat is a saját érdekükben cselekedni, és ez végül is egy természethez hasonlóan jól működő rendszert fog eredményezni. A természet tudja, hogy mi a saját érdeke a négymilliárd év bölcsességével, és ehhez egy jól szervezett, beépített ellenőrző és visszacsatoló rendszerrel, a saját fenntartását biztosító önálló működéssel rendelkezik (autopoiesis), és így képes a saját (dinamikus) egyensúlyának fenntartására (homeosztázis). Ha a vállalatok rendelkeznének ezzel a bölcsességgel, és ez a működésük vezérfonalául szolgálna, akkor – a mai tudásunk és fogalmaink szerint – egy így formálódó rendszer kialakíthatna egy kékgazdaságot.

A fenti gondolatmenet több szempontból is gondolatébresztő. Akkor járunk jól, ha minél többet kapunk. A környezetünkkel szoros kapcsolatrendszerben élünk, így sok helyről kaphatunk. Ehhez szükséges, hogy a környezetünk képes legyen arra, hogy minél többet adjon. Ez az elképzelés jól megfigyelhető a természet működésében (például az 1.3. fejezetben), de erről szól Gunter Paulinak a tölgyfáról szóló meséje, ahol a tölgy millió makkot ad a környezetének, kér(d)és nélkül, így sokkal többet kap vissza tápanyagként olyan módon, mint ahogy azt a 4.4. dobozban leírtuk (Pauli 2018). Ez az általános elv átvezethető a társadalomra is, mint ahogy Steiner ezt meg is tette, társadalmi főszabályként megfogalmazva: *„Az együtt munkálkodó emberek annál jobban boldogulnak, minél kevésbé igénylik maguknak saját teljesítményeik hozadékát, vagyis minél többet adnak át munkatársaiknak ezekből a hozadékokból, és saját igényeiket minél inkább nem a saját teljesítményeikből, hanem a többiek teljesítményéből elégítik ki"* (idézi: Bos 2003: 59). Ez a megállapítás tükröz egyfajta testvériességet, ami ismét továbbvezet egy általános társadalomszervezési elképzeléshez, egy hármas tagozódású társadalomhoz (Steiner 1990). Bos (2003: 57) a hármas tagozódás alapgondolatát a francia nemzeti mottóval magyarázza el:

a gazdasági életben a testvériségnek, a jogi életben az egyenlőségnek és a szellemi életben a szabadságnak kell érvényesülnie. Ha más területen érvényesülnek, abból társadalmi problémák származnak. A könyv témájához szervesen illeszkedő példa a *szabadságnak* a gazdaságban történő érvényesülése, amiről látjuk, hogy milyen jelentős károkat okoz. Az sem jó, ha a jogban érvényesül, mert abból önkény és jogtalanság származik. A szellemi életben nem jó az *egyenlőség,* mert abból szellemi monokultúra, egysíkú gondolkodás származik. Ha gazdasági életben próbálunk egyenlőséget teremteni (a kommunizmus egyik alapelve), abból pazarlás és az igények figyelmen kívül hagyása következik. A *testvériség* sem jó a jogi életben, mert abból egyfajta „bratyizás" lesz, a szellemi életben pedig megalkuvás és színtelenség. A három társadalmi területnek eléggé függetlennek kell lennie egymástól ahhoz, hogy jól tudjanak együtt működni, és egymást erősítő folyamatokat indíthassanak el a társadalom életében, az ember, azaz a közösségek irányítása alatt. Erről bővebben az 5.6. fejezetben írunk. Bos (2003), tovább elemzi a folyamatot: a természet oldaláról a föld, a gazdaság oldaláról a tőke, a társadalom oldaláról az ember a legfontosabb tényezők között van, és a függetlenségük megőrzéséhez fontos, hogy ne válhassanak áruvá, mert ebben az esetben már a pénz és a hatalom irányíthat. Ha áruvá válnak, akkor már nem az emberek irányítanak, az egymást erősítő jelleg iránya megváltozhat, és a társadalom hanyatlásához vezethet.

A környezetből közvetlenül élő társadalmak, amelyek még érezték ezt a körforgást, jól tudták érvényesíteni ezt a bölcsességet. Ez nem jelenti azt, hogy az ember evolutív tulajdonságai, a hatalomvágy vagy a státusz iránti törekvés (amelyek Lorenz szerint most a kárára vannak [3.1. doboz]) ne lettek volna jelen, csak az ezek által okozott problémákat a rendszeren belül, a közösség belső szabályrendszere segítségével oldották meg. Az ökológiai rendszerekből hozott példájában Aronson (1980: 159–160) ismerteti Lorenz egy megfigyelését, ahol egy agresszív halfajta (bölcsőszájú hal) hímje az agresszióját az adott faj hímjei ellen éli ki, mivel védi a területét. Azonban, ha nem volt más bölcsőszájú hím, akkor más halfaj-populáció hímjein próbálta levezetni az agresszivitását, és ha mindenhonnan kivették a hímeket, akkor a nőstények ellen fordult. A kérdés azonban továbbra is fennáll: milyen eszköz áll rendelkezésre ahhoz, hogy ezek a károsnak minősített evolúciós tulajdonságok hasznossá válhassanak? A 3.1. fejezetben megindokoltuk, hogy nem szabadna az ember kezébe olyan eszközt adni, amivel ezeket a tulajdonságait érvényesítve másoknak kárt okoz. Valószínű, hogy ezeket a tulajdonságokat a közösségek érdekében hasznosan is lehetne kamatoztatni.

A láthatatlan kéz működhetne, de a Gaia „kezében" lévő bölcsességgel együtt, amiről azért egyre többet tudunk. Ez a bölcsesség ma még hiányos, de körvonalazódik, hogy milyen tudásra volna szükség, és hogyan alkalmazhatnánk. Mi a mostani helyzet? Az IPAT-formulát alkalmazva: van 10 milliárd ember (P, ebből a szempontból majdnem mindegy, hogy 8 vagy 10), akik a GDP bűvöletében élnek – ezért nem hajlandók lemondani a növekedésről. Az ehhez használt technológia (T) olyan irányultságú, hogy a végtelen lehetőségekből egy-két elemre koncentrál (ami pl. a ritkafémeket még szűkösebb erőforrássá teszi, vagy a hatalmas

gabonaválasztékot néhányra szűkíti le). Itt nemcsak az a baj, hogy ezeknek az elemeknek a szűkösségét idézi elő, hanem a (T) struktúrája miatt ezek érdekében lassan feléli a többi erőforrást is (I). A (T) kialakításának hatása, hogy a természet hatalmas energiatermelő kapacitását (NPP) annak megfelelően szűkíti le, amit éppen abból felfog (lásd még: zöldforradalom, illetve Bali példája az 5.10. dobozban), így jelentősen tovább szűkíve az (I) lehetőségeit. Egy ilyen (T) működtetése mellett a természeti erőforrások végesek, hiszen olyan fizikai megjelenésű dolgokról beszélünk, amelyek kitermelhetők, felélhetők és véglegesen eltűnhetnek. Eddig ebben a leírásban benne van, hogy miért reménytelen a helyzet, de az is, hogy miért nem az.

Nem nehéz belátni, hogy amennyiben az (I) oldalát nézzük, akkor annak van egy végtelen jellege is: az élő rendszerek biztosítani tudják a saját rendszereik fenntartását a Napra mint egyetlen erőforrásra alapozva. Mintha megvalósították volna a „perpetuum mobilét". Ha ugyanúgy, mint az élő rendszerek, annyit vennénk el, ami jut, azt feldolgoznánk és közvetlenül hasznosítható formában visszajuttatnánk, akkor megvalósíthatnánk egy (emberi időskálán mérve) végtelen fenntarthatóságot. A 4.2. fejezetben leírtuk az ökológiai rendszerekben eddig okozott károkat, pl. az ember által elindított hatalmas fajkihalási hullámot. Ebben is ott van az (I) növelésének lehetősége: az (I) lehetőségei nagyjából olyan szintig visszaállíthatók, amennyit elvettünk belőle. Erre több példát is hozunk majd (Las Gaviotas [5.9. doboz], Yellowstone Nemzeti Park [5.4. Online-tartalom]). Elképzelhető, hogy ha a természet még mindig bírja, így visszaállítva, azaz regenerálva, mennyivel tovább építhetjük a civilizációnkat, most már az ökológiai rendszerekkel együtt!

Az $I = P \times A \times T$ egy praktikus függvény: jelzi, hogy milyen környezeti teherrel jár a gazdasági tevékenységünk. Ezt a függvényt át lehet alakítani a következőképpen: $A = I \div (P \times T)$, aminek – matematikailag – már van egy olyan jelentése, hogy a jólétünk növelése érdekében lehet növelni az (I)-t és csökkenteni a (T)-t (itt még nem vonjuk be a GDP-t mint egyszerűsítő eszközt). Azt már láttuk az előzőekben, hogy az (I) nagy része élő rendszer, ami nő és növelhető. Azt is tudjuk, hogy a Föld nyílt rendszer, tehát – a termodinamika második tétele értelmében – a Földön az entrópia csökkenhet, így a Föld képes önszerveződésre és fejlődésre. Láttuk az 1.3. fejezetben is – Prigogine kutatásai nyomán –, hogy az élő rendszerek csökkenthetik az entrópiájukat a környezetük terhére. Így a gyakorlatban sem lehet akadálya az (I) növelésének – az emberiség megfelelő hozzáállása esetén. Erre szükségünk is lesz a jövőben, mert – mint ahogy a következőkben látni fogjuk – a GDP-termelésünknek valójában nagy részét az (I) adja. Ez segíthet a GDP iránti vonzódásunk pozitív irányba fordításában.

A GDP számítási módszere jelenleg nem azt méri, amit gondolunk. Ismert Robert Kennedy 1968-as beszéde, amelyben azt mondja, hogy a bruttó nemzeti termék mindent mér, kivéve azt, ami az életet értelmessé teszi, de itt most nem erre utalunk. Azt értjük ez alatt, hogy nem csak azt méri, ami a célja. Ahogy a 4.5.2. fejezetben meghatároztuk: a GDP-nek mérnie kellene a gazdasági egységek termelési tevékenységeiből származó végső eredményt. Korábban már láthattuk, hogy nem

képes annak közvetlen mérésére, hogy mennyi narancsot, banánt stb. termelünk, csak annak a pénzben kifejezett értékének mérésére alkalmas. Azonban még ez sem pontos: nem az eredményt vagy annak pénzben kifejezett értékét méri, hanem a cél elérésére fordított gazdasági (emberi, technológiai) erőfeszítést – pénzértékben kifejezve. Így, amit a fogyasztó a végén megfizet, az a felhalmozott erőfeszítés, ami az aktuális piaci viszonyok alapján alakul. Még ez is lehetne jó megközelítés, de láthattuk, hogy a gazdaságot sok egyéb tényező is mozgatja. A rendszerek túl komplexek ahhoz, hogy a piaci szereplők átlássák azokat. Ezért a valós méréshez mindkét tényezőt figyelembe kell venni: magát a fizikai jószágot, amit a természet biztosít, pénzben kifejezve (hogy be lehessen illeszteni az ÁKM logikájába: annak az értékét), és a mozgatás, átalakítás érdekében végzett tevékenységet, amit az ember ehhez hozzátesz. Ugyanígy nem vesszük figyelembe, hogy vajon mennyi búza termett vagy mennyi tejet állítunk elő (mármint a tehenek és a kecskék). Ez utóbbi jó viccnek is, de komoly valóságtartalma van: az ökológiai rendszerek hozzáadott értékéről van szó, nem a miénkről (lásd részletesebben az 5.3.1. fejezetet).

A következő dolog, ami bizakodásra ad okot, az a 4.5.2. fejezetben, a szubjektív jóllét kapcsán elemzett jelenség: nem minden, GDP által megtermelt dollár járul hozzá a tényleges jólléthez. Ennek kapcsán külön lehetne mérni az alapszükségleteket kielégítő javakat, amelyek az ellátásbiztonságunkat szolgálják mind energia, mind élelem szempontjából. Másképpen fogalmazva: ha a felesleges elemeket eltávolítjuk, mindjárt tovább működtethető a rendszer, különösebb megrázkódtatások nélkül. Egy olyan GDP-számítási javaslatot mutatunk be az 5.3. fejezetben, amely lehetővé teszi a természet által létrehozott gazdasági értékek azonosítását, és azt is megmutatja, hogy mennyi a GDP-ből az igazán fontos, és mi a nélkülözhető (plusz) elem. Így lehetővé válik egy reálisabb GDP elkészítése, aminek az a jelentősége, hogy a főáramú gondolkodás számára világosabbá és könnyebben elfogadhatóvá teszi az ökológiai rendszerek regenerálását, és a valódi fenntarthatóságot főáramú céllá tudja beállítani. Ez kulcsfontosságú, mivel a B_3 beavatkozási pont (célok) már nagyon komoly befolyásoló erő, a rendszer struktúrájának a kiépítésénél (jelen esetben a megváltoztatásánál) is.

Miután esélyt teremtünk a főáramú gazdaságnak, hogy a természet regenerálását a saját célrendszerébe is belefoglalja, sokkal jelentősebb eredményt is elérhetünk. Spengler és Mumford hasonlóan látják a kultúrateremtő gyökerektől való elszakadást, a kifejlődő civilizáció gyökértelenné, öncélúvá válását (3.1. fejezet). A természet regenerálására irányuló, remélhetőleg megsokszorozott figyelem esélyt ad arra, hogy ismét kapcsolódni tudjunk a természethez, a helyhez, és visszatérjünk egy – örök – éltető elemhez. Ezzel a spengleri értelemben vett kultúra megújult lendületet vihet a társadalom fejlődésébe. Ezt nagyban megkönnyítik az ezzel kapcsolatos tudományos eredmények (1.3. fejezet): már tudatosan is képesek vagyunk a természethez méltó kapcsolat kialakítására, ami az előző társadalmaknál inkább ösztönös, filozófiai megalapozású volt.

A jelenlegi társadalomban már most is találhatunk nagyon ígéretes fejleményeket. Talán a legkomolyabb reményt az emberek adják. Sok millióan vannak azok,

akik a nagy rendszer céljaitól függetlenül már most a környezet és a többi ember, azaz a közösségek érdekében cselekszenek. Akik azért építenek utakat, hogy valóban a közösségeknek legyen jó (lásd az 5.15. dobozban Curitiba példáját). Akik létrehoznak olyan szervezeteket, mint pl. az IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), hogy vizsgálják a klímaváltozás alakulását és a rá ható tényezőket. Akik olyan (civil) közösségeket hoznak létre, amelyek segítik a rendszerből kiszorulókat. Akik ezeket a közösségeket támogatják. Akik a városok tervezésénél valóban figyelembe veszik az emberek igényeit. Ezek a rendszerelemek már olyan erősek, hogy adhatnak egy vázat egy új paradigmának (B_2 beavatkozási szint) megfelelő társadalmi-gazdasági rendszernek. Sok esetben már elérték a szabályrendszer módosítását (B_5, 5.2. fejezet). Több olyan esettanulmány is létezik már (pl. Las Gaviotas, 5.9. doboz), amely azt mutatja, hogy – ha el is tekintünk a közösség és a természet jelentős javulásától – a föld értéke ugrásszerűen megnő, ami már a csak pénzorientált szereplőket is cselekvésre késztetheti. Ehhez hasonlóan, a természet szinte minden esetben hatékonyabb és jövedelmezőbb megoldásokat kínál – ezek alkalmazhatók lennének a jelenlegi rendszerekben is. Valahol itt van a kulcsa a változtatási lehetőségeknek. A természet annyival jobb megoldásokat tud majdnem mindenre, hogy ezek hamar lehetnek a felismert legjobb gyakorlatok, a legfejlettebb innovációk. Mint ilyenek, a főáram által is keresettek lehetnek, és így lassan a jó irányba mozdíthatják a gazdaságot.

Talán itt, bevezetésként sikerült megmutatni, hogy létezik reális kiút, win-win megoldás, ami az önérdeken alapuló viselkedést is képes a jó irányba mozgatni. Először a már elindult kezdeményezéseket nézzük át, amelyek már beépültek a nooszférába és a valós társadalmi mozgásokra is hatással vannak. Néhány példát is bemutatunk, de Daniel Wahl (2025) munkájának köszönhetően már rendelkezésünkre áll a példák és elméletek valódi kincsestára. Wahl rengeteg információt összegyűjtött a regeneratív kultúrára való áttérésről. Azután a Gaiával folytatjuk: hogyan tudnánk a legjobban figyelembe venni a teljes ökológiai hálózat komplex viselkedését? A társadalomban lévő hatalmas potenciálok ismét nagy fejlődési lehetőségeket tartogatnak. A Gaiával való megfelelő kapcsolat kialakítása az energiarendszerekre is hatással van, leállíthat eddigi energiaforrásokat, és új lehetőségeket alakíthat ki. A gazdasági részben néhány, bizonyítottan működő lehetőséget mutatunk be, majd a városokról szóló fejezettel zárunk.

5.2. VÁLTOZTATÁSI KÍSÉRLETEK

Rachel Carson *Néma tavasz* című környezettudományi könyvének megjelenése után elindultak azok a kutatások, amelyek társadalmi és gazdasági oldalról egyaránt igyekeztek megragadni a problémák okát, és kerestek rá megoldásokat is. 1972-ben a Római Klub *Növekedés határai* című jelentése egy rendszerdinamikai modell segítségével mutatta be a jelenlegi növekedési modell tarthatatlanságát, és változtatásokat is javasoltak. A 4.1. dobozban már leírtuk, hogy ezekből a javaslatokból

nem sok valósult meg, és a világmodell fázistérképe elég egyértelműen az összeomlás felé mutat. 2012-ben az egyik előadásában Dennis Meadows már úgy fogalmazott, hogy az az idő már elmúlt, amikor – a jelenlegi eszközeinkkel – még fenntartható pályára állíthattuk volna a világot: a viselkedésünkön kellene ahhoz változtatni, hogy elkerüljük a felvázolt jövőbeni eseményeket, tehát egy másik paradigmarendszer szerinte is jelenthet még kiutat.

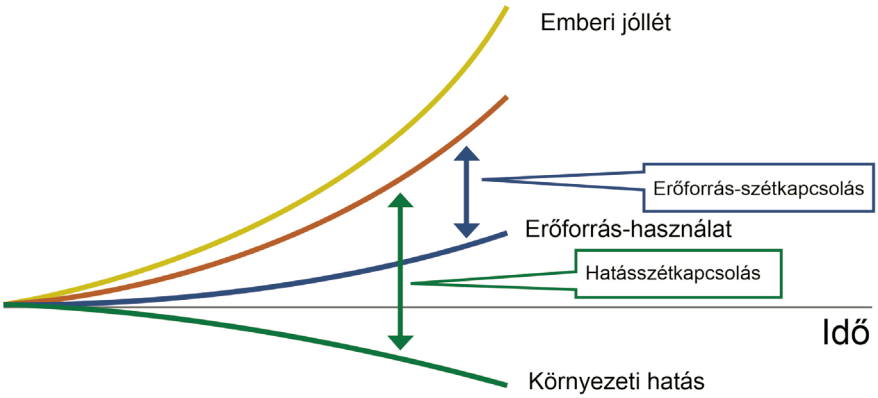
Politikai szinten is sürgették a változtatást, így az ENSZ által összehívott bizottság 1987-ben jelentést tett közzé (Brundtland-jelentés *Közös jövőnk* címmel), amellyel kijelölték azokat a szükséges területeket, ahol változtatni kell, hogy a környezet egészségét megőrizve elérjenek egy szükséges gazdasági fejlettséget. Megjegyzendő azonban, hogy a jelentés megvalósíthatóságának a vizsgálatára vonatkozóan már voltak módszertani eszközök, így az input-output elemzés is használható volt erre a célra. Duchin és Lange 1994-ben (idézi Perman és mtsai 2011: 252) 16 gazdaságban, egyenként 50 iparág segítségével modellezte a javasolt változtatásokat, és arra a következtetésre jutottak, hogy egyszerre nem valósítható meg mindkét cél.

1988-ban az ENSZ létrehozta az Éghajlatváltozási Kormányközi Testületet (IPCC), ahol tudományos módszerekkel vizsgálják a Föld rendszereinek változását. Az ENSZ talán legjelentősebb, a fenntarthatóságot célzó tevékenysége a Millenniumi (2000–2015) és a Fenntarthatósági Célok (2015–2030) kijelölése, aminek kétségkívül jelentős hatása van. Bekerültek az egyes államok célrendszerébe, foglalkoznak velük, intézkedéseket hoznak ezekkel kapcsolatban (lásd pl. Manning 2010). A továbbiakban négy jelentős korrekciós kísérletet ismertetünk: a növekedés és a szennyezés szétkapcsolását (decoupling), a szűk keresztmetszetet jelentő ásványi kincsek megőrzését célzó körkörös gazdaságot, az üvegházhatású gázok problémáját és az ESG-t (Environmental-Social-Government – Környezet-Társadalom-Vállalatirányítás), mivel ez tartalmazza a nagyvállalatok esetében mindhárom fontos pillért.

5.2.1. Decoupling – szétkapcsolás

A 4.10. ábra jól összefoglalta azt a folyamatot, amelyben a GDP-növekedés az anyagfelhasználás folyamatos növekedésével jár együtt. Az International Resource Panel készített egy UNEP-jelentést (2011), amelyben felvázolja, hogyan kellene a GDP növelését ezentúl egyre kevesebb anyag felhasználásával megoldani. Ezt decouplingnak nevezték el, amit a szétkapcsolás szóval lehet legjobban visszaadni. Erről Szigeti és munkatársai (2017) tanulmányában olvashatunk többet. Ezt a szétkapcsolást az 5.1. ábrán látható módon képzelik el.

Az Eurostat definíciója szerint a szétkapcsolás a két terület közötti függetlenséget jelenti, és ha megnézünk egy szótárt, akkor is a bontás, függetlenedés, szétkapcsolás szerepel a decoupling szó jelentéseként. Azonnal lehet látni, hogy nem valódi szétkapcsolásról van szó, hiszen a GDP növekedése nem választható el az erőforrás-használattól és a környezeti hatásoktól. Daly úgy fogalmaz, hogy az abszolút szétkapcsolás lehetősége eléggé korlátozott (Daly 2015: 3). Majd látjuk a kiegészített



5.1. ábra: A decoupling, szétkapcsolás két változata
Forrás: UNEP (2011)

GDP húsvét-szigeti alkalmazásánál (5.3.6. fejezet), a csónak faanyagtartalmánál, hogy elég nehéz olyan területet találni, ahol az abszolút szétkapcsolás lehetséges. Azt pedig, hogy a társadalom GDP-növekedését szét lehessen kapcsolni a fizikai javak felhasználásától, nyugodtan a „valószínűtlen" kategóriájába sorolhatjuk. Ez a *növekedés* szétkapcsolása, ami már elfogadható célkitűzés lehet, és jól is áll az erőforrás-hatékonyságnak ez az új elnevezés. Vizsgáljuk meg az 5.1.-es ábrát közelebbről.

Az első szétkapcsolási forma az erőforrás-szétkapcsolás, ami az erőforrás-hatékonyság állandó javulását jelenti. Az erőforrás-használat – még az ábrán is – megtartja az exponenciális növekedési jellegét, továbbra is növekvő terhet róva a bolygóra, csak az együtthatója kisebb, mint a GDP-növekedéséé. A hatásszétkapcsolás már konkrétabb célt is megfogalmaz, ami az egyre csökkenő környezeti hatás mellett egyre növekvő GDP elérése. Azon kívül, hogy a kisebb terhelés továbbra is csak terhelést jelent, itt már legalább a növekedések szétkapcsolása a cél. Fontos azonban, hogy szem előtt tartsuk: a csökkenés alatt a folyamat továbbra is jelentős – bár kisebb – CO_2-kibocsátással jár. Az 5.1. dobozban láthatjuk, hogy ez 2018-ig még biztosan nem valósult meg az üvegházhatású gázok vonatkozásában, még ott sem, ahol valóban komoly lépéseket tesznek ennek érdekében. Mi történne, ha azonnal megtörténne a növekedés szétkapcsolása? Vegyük a 4.10.-es ábrát, és tükrözzük az anyagfelhasználás növekedését, hogy az erőforrás-felhasználás egyre csökkenjen a következő években, hasonló ütemben, mint ahogy nőtt. Így gyakorlatilag ugyanazt a terhelést megkapná a bolygó ismét, és láttuk a 4.2. ábra jobb oldalán a Föld jelenlegi állapotát, hogy már így is visszafordíthatatlannak tűnő folyamatokat indítottunk el. Arról nem is beszélve, hogy nem pusztulhat ki a gerincesek populációjának 143%-a (lásd a 4.4. ábrát). Erre a problémára a könyv 5. fejezetének összegző részében találunk egy lehetséges választ.

5.2.2. Körforgásos gazdaság

A 4.10. ábrából következik az is, hogy a GDP növekvő anyagigénye a kritikus ásványokból és ritkafémekből hiányhoz fog vezetni, mint azt Gelencsér (2023) részletesen be is mutatja. Az Európai Akadémiák Tudományos Tanácsadó Testülete (EASAC), amely az Európai Unió tagállamainak tudományos akadémiáit fogja össze, átfogó jelentéseket készített ezeknek a szűkös erőforrásoknak a helyzetéről. A jelentések nyomatékosították, hogy ezeket az anyagokat, ahol és ameddig csak lehetséges, az ipari körforgásban kell tartani (EASAC 2016 a, b, c). Ez a felismerés nem újkeletű, mint ahogy az erre adott válaszok sem – lásd például az ipari ökológiát. Ahogy élesedik a probléma, úgy erősödik a megoldási kényszer, így a körforgásos gazdaság (CE – circular economy) népszerűsége, elterjedtsége is. A CE fogalma eredetileg az erőforráshiányra adott válaszként született, ezért sokan nem is látnak benne mást, mint a hulladékgazdálkodás modern formáját (Ghisellini és mtsai 2016). Mára már a CE-nek jelentős tudományos és gyakorlati szakirodalma alakult ki (elméleti összefoglalásokért lásd pl. Korhonen és mtsai 2018; gyakorlati alkalmazásokért lásd pl. Fogarassy és mtsai 2016 munkáit).

A CE gyors elterjedése szükségszerű. Kínában például a CE a legelterjedtebb fenntarthatósági gyakorlat (Ghisellini és mtsai 2016). Egyes nyersanyagok csak a „nagyon kritikus" kategóriában érhetők el, mint például a prazeodímium, az európium, a diszprózium, a gallium vagy a tellúr (EASAC 2016b, 2.1. táblázat). Az erőforrások szűkössége szükségessé teszi a jelenlegi újrahasznosítási gyakorlatok felülvizsgálatát, valamint új elméletek és gyakorlatok kialakítását és alkalmazását, némileg pótolván ezzel a félretervezett rendszereink hiányosságait (4.5. fejezet). A koncepció azóta jelentősen tovább fejlődött, és mára már jóval többet látnak benne, mint egy hulladékgazdálkodási gyakorlat: A CE *„egy regeneratív rendszer, amelyben az erőforrás-felhasználás, a hulladék, a kibocsátás és az energiaszivárgás minimalizálására törekszünk az anyag- és energiahurkok lassításával, lezárásával és szűkítésével. Ez tartós tervezéssel, karbantartással, javítással, újrahasználattal, újragyártással, felújítással és újrahasznosítással érhető el."* (Geissdoerfer és mtsai 2017: 759).

A CE olyan gazdasági folyamatok létrehozását tűzi ki célul, amelyek mentesek a hulladéktól – ami a kékgazdaság egyik alapelve is. Megállapíthatjuk, hogy a CE napjaink egyik leghasznosabb mozgalma, és elterjedtsége révén rendkívüli értéket képvisel: alkalmazható olyan termelési folyamatokban, amelyek összefüggésbe hozhatók Steffen és munkatársai (2015) által kimutatott határátlépésekkel, és áthatják jelenlegi gazdasági rendszerünket. Az ipari alapfolyamatok környezeti hatásainak csökkentése kiemelkedő fontosságú, és ezt egy olyan gazdasági modell tudja igazán megtenni, amelyik a főáramú gazdaságból származik. Fontoljuk azonban meg Daly (2019) szavait, aki óva int attól, hogy akár a szétkapcsolást, akár körforgásos gazdaságot a fenntartható növekedés lehetséges útjának tekintsük: ez a valóságtól elrugaszkodott elképzelés lenne.

5.2.3. Klímaváltozás – üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentése

Már a Gaia-elmélet is rámutatott arra, hogy a Föld légkörének összetétele rendkívül kényes egyensúlyban van. Ez az egyensúly az emberi ipari tevékenység – különösen a fosszilis tüzelőanyagok használatából eredő túlzott CO_2- és más üvegházhatású gázok (ÜHG) kibocsátása – következtében felborult. Ennek eredményeként a légkör összetétele olyan irányba változott, amely a Föld globális felmelegedéséhez vezetett – vezet. Mivel az ÜHG okozta problémák viszonylag korán ismertté váltak, éghajlatváltozási keretegyezményeket kezdeményeztek a kezelésükre. Már 1972-ben Stockholmban, illetve 1979-ben Genfben (Éghajlatváltozási Világkonferencia) is foglalkoztak az éghajlatváltozással. Elsőként 1992-ben (Rio de Janeiróban) fogalmaztak meg a világ egészére éghajlati keretegyezményt, amelyet 1997 decemberében nyitottak meg ratifikálásra Kiotóban, és 2005-ben lépett hatályba (bár az USA és Ausztrália kimaradt ebből az egyezményből). Az éghajlatváltozással kapcsolatos egyezményekről, tevékenységekről lásd például Faragó (2021) munkáját.

A keretegyezmény megvalósítása érdekében az egyik legfontosabb konkrét lépés az volt, hogy kibocsátáskereskedelmi rendszert hoztak létre, illetve CO_2-adót vezettek be, hogy csökkentsék a kibocsátást. Az EU néhány országa mindkét módszert alkalmazta. A megvalósítás eredményességét az 5.1. dobozban foglaljuk össze.

5.1. DOBOZ
A KIBOCSÁTÁSCSÖKKENTÉSI ERŐFESZÍTÉSEK EREDMÉNYE

D

Kiss és Popovics (2021) alapján

A szerzők azt vizsgálták, hogy hogyan alakul a CO_2-kibocsátás a kibocsátáskereskedelmi rendszer és a CO_2-adó bevezetésével. Az alkalmazott statisztikai módszer az ANOVA volt. 5 éves adatokkal dolgoztak (2014–2018), és 25 országot vizsgáltak, négy csoportra osztva őket: (1) akik nem vezettek be semmilyen intézkedést (7 ország), (2) akik a kibocsátáskereskedelmi rendszert vezették be (9 ország), (3) akik a CO_2-adót vezették be (4 ország), és (4) akik mindkét eszközt bevezették (5 ország).

Az eredmények azt mutatták, hogy az egy főre jutó CO_2-kibocsátás növekedett mind a négy vizsgált országcsoportban. Amikor a növekedés vizsgálatánál kiszűrték az egy főre jutó GDP és az áruk, szolgáltatások exportja növekedésének a hatását, azt találták, hogy a kibocsátás továbbra is nőtt, az alkalmazott (vagy nem alkalmazott) CO_2-politikától függetlenül. Kismértékű csökkenést egyedül a mindkét módszert alkalmazó országcsoportban tapasztaltak.

A szerzők levonták a következtetést, miszerint a jelenlegi gazdasági és társadalmi struktúrák erősen meghatározzák az üvegházhatású gázok kibocsátását. Ezért az olyan szakpolitikák, amelyek kizárólag a kibocsátáscsökkentésre fókuszálnak, csak korlátozott eszközökkel működhetnek, elsősorban az energiahatékonyság javításán keresztül.

A kibocsátáscsökkentés tehát egyelőre nem sikerült, és a vizsgálat egyben azt is alátámasztotta, hogy a növekedés szétkapcsolása sem érvényesült ebben az időszakban az alkalmazott kibocsátáscsökkentési szakpolitikák alkalmazása ellenére. Ez a vizsgálat is alátámasztja, hogy a struktúra meghatározó, és a mintázatot biztosító kapcsolatok, áramlások némi módosítása nem vezet eredményre. A beavatkozási pontokat nézve mind a szétkapcsolás, mind a CE legfeljebb a B_4, „késleltetés" szintre tehető, mert nem érinti sem a célokat, sem az alapvető rendszerstruktúrát – legfeljebb az energiatermelését.

Ugyanakkor nagyon sokan és sokat dolgoznak azon, hogy valóban kevesebb ÜHG kerüljön a légtérbe. Nagyon fontos eredmények, kutatások, társadalmi összefogás tanúi lehetünk, amelyek mögött komoly munka van, tényleges cselekvésekre ösztönöznek, felhívják a figyelmet a környezeti teher csökkentésére és újabb ismeretként beépülnek a nooszférába.

5.2.4. ESG – környezeti-társadalmi-vállalatirányítási stratégiák

Az ESG (Environmental, Social, Governance) környezeti, társadalmi és vállalatirányítási mutatókat foglal magában, tehát nem pénzügyi, hanem inkább a vállalat stratégiájával kapcsolatos tényezőket. Az ESG-teljesítmény azt mutatja meg, hogy egy vállalat miként kezeli ezeket a területeket. A következőkben az ESG lényegét Da Cunha és munkatársai (2025) kutatása alapján foglaljuk össze.

Fő cél, hogy a vállalat megfelelő kapcsolatot alakítson ki a működésében közvetlenül érdekelt felekkel (stakeholderekkel). Ezek a munkavállalók, a vásárlók, a befektetők, a beszállítók, a közösség és a természeti környezet. E kapcsolatok alakítása három fő területen – az ESG-dimenziók mentén – történik. A korábban népszerű vállalati társadalmi felelősségvállalás (CSR – Corporate Social Responsibility) mára beépült az ESG-keretbe: megjelenik mind a társadalmi, mind a vállalatirányítási pillérben, utóbbiban stratégiai szinten. A környezeti dimenzióba tartozik többek között az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentése, a hulladékgazdálkodás, a szennyezés visszaszorítása, valamint a klímaváltozási kockázatok kezelése. Az erőforrás-használat mutatói közé tartozik az energia- és vízfelhasználás hatékonysága, valamint az anyagfelhasználás csökkentése. Az innovációs mutatók a környezetbarát technológiák, a kutatás-fejlesztés és a fenntartható termékek fejlesztését ölelik fel. A társadalmi dimenzió hangsúlyozza annak a közösségnek a szerepét, ahol a vállalat működik, ezért a vállalatnak kölcsönös kapcsolatokat kell kialakítania a helyi közösséggel, és be kell fektetnie abba a környezetbe, ahol jelen van. Idetartoznak továbbá a munkaerőre, a termékfelelősségre és az emberi jogok érvényesítésére vonatkozó intézkedések is. A vállalatirányítási dimenzió stratégiai jellegű. Idesorolhatók a CSR-tevékenységek mellett azok az intézkedések is, amelyek hosszú távon fenntartható értéket teremtenek az érdekelt felek számára. Ennek érdekében ösztönző és ellenőrzési mechanizmusokat kell létrehozni, amelyek biztosítják a vállalaton belüli szabályok betartását. Ez a dimenzió foglalkozik

a vállalat belső struktúrájával, a működés átláthatóságával és az etikai megfelelőség biztosításával is.

A vállalati teljesítmény mutatóival összevetve az ESG-teljesítmény hosszú távon pozitív hatással van a vállalati eredményekre. Kiemelendő, hogy a három ESG-dimenziót csak integráltan lehet kezelni; együttes alkalmazásuk biztosítja azt a koncepcionális keretrendszert, amely hatékonyan támogatja a fenntarthatósági stratégiák kialakítását (Da Cunha és mtsai 2025). Bár a jelentés elkészítését már kötelezővé szeretnék tenni a meghatározó vállalatok számára, fontos megjegyezni, hogy az ESG-teljesítmény megfelelő bemutatása még mindig lehetőséget ad a látszattevékenységek feltüntetésére. A jelentésekben szereplő adatok gyakran nincsenek auditálva, és a „zöldrefestés" (greenwashing) gyakorlata továbbra is jelen van (Yu és mtsai 2020). Hasonló volt a helyzet a CSR esetében is (Banerjee 2012): a vállalatok nem fognak önként olyasmit tenni, ami alapvetően sérti saját érdekeiket.

Mi lehet tehát az ESG valódi hatása, ha beteljesíti a hozzá fűzött reményeket? Amennyiben a vállalatok felismerik benne a lehetőséget, és sikerül kiszűrni a látszattevékenységeket, a legjobb esetben is egy fokozatos javulás érhető el. Ez emberközelibbé és környezetbarátabbá teheti a vállalati működést, csaknem érintetlenül hagyva azonban az alaptevékenységüket, ami a bolygó erőforrásainak a feléléséhez vezet.

5.3. A GAZDASÁGI RENDSZER ÁTHANGOLÁSA – A KIEGÉSZÍTETT GDP

A gazdaság az, aminek a jelenlegi működése jelenti a legnagyobb veszélyt Gaiára, ezért az áthangolás itt a legfontosabb. A legnagyobb probléma, hogy a gazdasági rendszerünk nem veszi figyelembe a természetet (azaz a természeti tőkét). Az alábbiakban egy olyan rendszert vázolunk fel, amelybe beépítjük a természeti tőkét is, úgy, hogy az továbbra is lehetővé tegye a megszokott GDP-növekedést, de egyúttal gondoskodjon a természeti tőke regenerálásáról is. Ezt az új rendszert itt „kiegészített GDP"-nek nevezzük, mivel kiegészítjük azt a természeti tőkével, a természet hozzájárulásával. A fejezet bevezetőjében említettük, hogy a GDP kiszámításának módja nem csak a tényleges anyagáramlást veszi figyelembe, és hogy ennek a megfelelő módosítása, egy kiegészített GDP létrehozása számos előnnyel jár. Ráirányítja a figyelmet az ökológiai rendszerek fontosságára, és a növekedéshez szokott felfogásunknak sem kell alapvetően megváltoznia ahhoz, hogy a kiegészített GDP adatait elfogadjuk. A kiegészített GDP szerinti működés során a természet fontossága, a rezilienciájának, termőképességének fenntartása jelentősen felértékelődhet. Mindez elérhető egy egyszerű szabálymódosítással: a számviteli rendszerünk egy hiányosságának korrigálásával, mégpedig a természeti tőke amortizációjának bevezetésével.

Ez a fejezet elsősorban módszertani jellegű, de az 5.3.2 és az 5.3.3. alfejezetek kivételével mindenképpen érdemes végigolvasni. A könyv egyik legfontosabb kérdésével

foglalkozik: hogyan illeszthető be a természeti tőke a gazdasági rendszereinkbe. Még ha az olvasók nem is tudnak minden részletet maradéktalanul feldolgozni, a lényegi gondolatok így is érthetőek.

Egy rövid összefoglaló azok számára, akik kerülik a módszertani részeket: A kiegészített (áthangolt) GDP lehetőséget ad arra, hogy elkülönítsük az alapszükségletek és a pluszszükségletek kielégítésére fordított gazdasági teljesítményt, továbbá képes kimutatni az ezek nyomán keletkező környezeti károkat is. A körforgásos gazdaság megvalósulási szintjének mérésére is alkalmas. Hozzájárulhat az ökológiai rendszerek regenerációjához azáltal, hogy érvényt szerez a „szennyező fizet" elvének – vagyis a környezetkárosítás költségeit az okozókhoz rendeli, azaz internalizálja az externáliákat (a negatív, nem szándékolt hatásokat).

Azok számára, akik nem kívánnak mélyebben belemenni a módszertani részletekbe, az 5.3.6. alfejezettől érdemes újra bekapcsolódni az olvasásba – a zárójeles hivatkozások mellőzésével is jól követhető. A következőkben egy lehetséges megoldást vázolunk fel a kiegészített GDP elkészítésére.

5.3.1. Az energia és az anyag áramlásáról

A 4.5. doboz megmutatta, hogy az élővilág táplálékláncа milyen struktúrában szerveződik. Az ott áramló mennyiség egyben az életet fenntartó energiaáramlás is. Az ENA, amikor felvázolja a táplálékláncot, ezt az áramló energia formájában teszi, gyakran a szénforgalom mérése alapján. Ha ott látunk egy számot, mondjuk a Cone Spring példáján a mindenevők és a lebontók között, az azt jelenti, hogy a mindenevők megették mondjuk a gilisztákat. Ami erőfeszítést ennek érdekében tettek (izzadás, kipárolgás miatti energiaveszteség), azt a jobb oldalon veszteségként elkönyvelik. Mi van akkor, ha a mindenevő hiába próbál élelmet találni, de rááldozza az energiát? Akkor a cella értéke nulla, hiszen nem történt szénforgalom, és az összes ráfordított energiája veszteség lesz. Mi történik a gazdaságra alkalmazott input-output táblában? Ott az ágazatok pénzügyi bevételei és ráfordításai láthatók. Üljtessük át a szén példáját a táplálékláncról az ÁKM-re (2.4. doboz). Tételezzük fel, hogy a szénbányászat külön ágazatnak számít, külön sorral és oszloppal. Ahhoz, hogy megragadjuk a szén tényleges mozgását (mint amikor a mindenevő megeszi a gilisztát), képzeljük el, hogy a szén magától, rendezett sorokban kijön a föld alól, és elsétál a felhasználási helyekhez. Ezzel a táplálékláncmátrixában pontosan ki lehet tölteni a megfelelő értékeket, de itt, az ÁKM-ben mind a sorok, mind az oszlopok összegei teljesen nullák lesznek, bár a végső eredmény, a teljesítmény, amit a GDP-nek mérnie *kellene,* megvalósult. Ez azt jelenti, hogy a tényleges fizikai jószág, ami nemcsak az ökológiai rendszerek táplálékláncának, hanem a mi tényleges megélhetésünknek is az alapja, nincs a megfelelő módon számba véve – azt feltételezzük ugyanis, hogy ingyen áll rendelkezésünkre.

Ha a szénbányászati ágazatban ül valaki, aki megmondja a szénnek, hogy hova menjen, és ezért be is szedi a szén utáni (a piac által kialakított) árat, akkor tetemes

nyeresége képződik. Ez megjelenik a táblázatban (2.1. táblázat) a sorösszegnél (z_i). Hogy a sor-oszlop összegegyezősége megmaradjon, a táblázat alsó sorainál, a hozzáadott értéknél ilyenkor beírjuk a kapott pénzt vállalati (nettó) nyereségként. Valójában a vállalat ezért nem tett semmit, a természet teremtette az értéket. Ha eltekintünk annak az egy dolgozónak a bérétől, és feltételezzük, hogy szenet, a természet hozzájárulását a legjobb tudásunk szerint értékelve, az értéket tükröző piaci közelítéssel tudjuk számba venni, úgy beírhatnánk az így kiszámított összeget egy olyan sorba, amely a természet általi hozzáadott értéket jelöli. Ez az érték szinte biztosan különbözni fog a vállalat által kapott értéktől, amit az egyezőség kedvéért csökkenteni lehet a természet által hozzáadott értékkel, és a kettő összege adja majd ki a GDP-ben eddig számolt működési eredményt.

Ha beindul a gépezet, működnek a járművek, dolgozik mindenki, de történetesen egy másik bányában keresgélnek, eredménytelenül, akkor a GDP ugyanannyi, mint az előző évben, de az emberi tevékenység mögött még mindig nem tűnik fel a szén. Ha felhagyunk azzal, hogy a szén magától sétál ki a földből, akkor már megjelenik a tevékenységek mögött maga a szén. Tegyük fel, hogy az előző évben kitermelt szén egy tizedét sikerül kivenni a földből, és a kereslet-kínálat törvényét kihasználva azt tízszeres áron adják el, akkor a GDP – egyszerűsítve – úgy méri, mintha az eredmény ugyanaz lenne. Ha kétszeres mennyiséget termel ki, de fele áron adja, az is ugyanaz lesz, de a természet által termelt érték először a tizede, másodszor pedig a duplája lesz. Ha az ágazat kiirt egy bizonyos erdőterületet, hogy lehetővé tegye a szénnek a kijutást, ez költség számára (pl. munkaerőköltség). Azonban ugyanúgy „elkérte" a természettől azt a területet is, mint a szenet, tehát ez is a természet hozzáadott értéke (az más kérdés, hogy használhatta volna jobb célokra is). Ugyanakkor helyre is kell állítania az okozott kárt, ami szintén költség, de ehhez is igénybe kell vennie a természet szolgáltatását. A helyreállítási folyamatból (facsemeték nevelése, erdőtelepítés, az erdő kialakulása) az erdőtelepítés munkálatait jogosan számítja fel költségként a vállalat, és érvényesítheti azt az árakban. A facsemeték növekedése és az erdő kialakulása azonban már az ökológiai rendszerek szolgáltatása, másként: a természet hozzáadott értéke – mondhatni, a természet „munkája". Az ebből származó pénzbeni hasznot valahol jóvá kell írni, tehát a vállalati nyereség (működési eredmény) sorába be kell hogy kerüljön a pénzösszeg, de – a pontos számbavétel érdekében – alatta kellene jelölni, hogy ebből mennyi a természet hozzájárulása.

Nyilván nem jön ki magától a szén rendezett sorokban, hanem ki kell onnan termelni és odaszállítani a megfelelő helyekre, ami megérdemelten nyilvántartandó erőfeszítés. A szén kitermelése, értékesítése nélkül nincs ágazat sem, tehát maga a szén is „tetten érhető" a folyamatban. Steiner szerint az érték *„nem más, mint a természet megjelenése az emberi munkán keresztül, folytonos változásban*" (Steiner 2012: 30). Azt azonban nem tudjuk, hogy valójában mennyi szén van mögötte, és hogy a szén kitermelésére hivatkozva milyen tételeket lehet elszámolni. Vegyük példaként azt az esetet, hogy egy üveges epres joghurt, mielőtt a boltba kerül, körülbelül 3500 kilométert utazik (maga a termék és annak csomagolása)

(Borrett 2001). Ez a példa is jól mutatja, mennyire félrevezető lehet egy kizárólag pénzügyi alapú GDP-számítás – és miért szükséges a természet hozzájárulásának tényleges integrálása a gazdasági mérőszámokba.

Az import esetében ismét megkülönböztetjük a környezeti inputokat, amire a legjobb példa a kőolaj és a földgáz. Láttuk az EROI mutatónál, hogy a részletesebb számítások mind az „invested" tényező kiterjesztésére vonatkoztak, hiszen a kőolaj továbbra is kőolaj marad (4.1. táblázat).

Az import és a hozzáadott érték (bérek, amortizáció, nettó vállalati nyereség) egyaránt hozzájárulnak a GDP előállításához, de láttuk, hogy annak csak egy része az, ami valóban szükséges a jólléthez (alapszükségletek, 4.5.2. fejezet), a többi nem járul hozzá közvetlenül az emberi jólléthez. Így mindhárom részt kétfelé lehet osztani, annak megfelelően, hogy igazán értéket termel-e (mondjuk a Max-Neef-i felosztás alapján). Ilyen bontásban az import és a hozzáadott értékek sorai világosabb képet adnak a természetfelhasználásunkról, és arról, hogy abból mennyi megy el igazán értékes dolgokra.

5.3.2. Az input-output tábla kibővítése

Hogy foglalhatók mindezek bele az ÁKM-mátrixba? A 2.4. dobozban, az eredeti ÁKM ismertetésénél bemutattuk, hogyan lehet a GDP-t kiszámolni akár az alsó sorokból, akár a jobb oldali oszlopokból. A következőkben felvázoljuk, hogyan lehetne az input-output elemzés segítségével reálisabb GDP-hez jutni, ami magában foglalja a tényleges természetierőforrás-felhasználást, és azt is, hogy ebből mi igazán lényeges növekmény. Az inputoldalról, azaz a sorokat véve először, az import ($\mathbf{m}'$) változatlan, de a sorokat kibővítettük a teljes hozzáadott érték soraira, tehát az $\mathbf{f}'$ most már a vállalati nyereséget (nettó működési eredmény) jelenti, és ehhez hozzáadtuk a bérek ($\mathbf{w}'$) és az amortizáció ($\mathbf{d}'$) sorait. Ezeket felosztottuk aszerint, hogy alap- vagy pluszszükségleteket elégítettek-e ki ($\mathbf{a}'$ és $\mathbf{p}'$). Az $\mathbf{m}'$ és az $\mathbf{f}'$ tartalmazza a hozzájuk tartozó $\mathbf{k}'$ értékeket, azt, hogy mennyi származik a természettől, a természeti javak értékelése által meghatározott értékben. A $\mathbf{h}'$ értékek az ezekkel a $\mathbf{k}'$ értékekkel korrigált hagyományos értékek, tehát az eredeti „vállalati nyereség" sor most az alap- és pluszszükségletekre vonatkozó $\mathbf{f}'\mathbf{h}' + \mathbf{f}'\mathbf{k}'$. A béreknél ($\mathbf{w}'$) elég az alap- és pluszszükségletek szerinti felosztás, mert annak nincs különösebb értelme, hogy a természetnek járó béreket kiszámoljuk. Az amortizációnál is maradunk a hagyományos értelemben vett amortizációnál, mivel a természet amortizációja kiemelt szerepet kap majd, és a természet regenerálásának az eszköze lesz ($\mathbf{d}'\mathbf{r}'$). Itt jegyezzük meg, hogy a jelölésrendszer $\mathbf{d}'\mathbf{k}'$-t kívánt volna, de ez a sor a regenerálás sora, ezért az $\mathbf{r}$ itt kifejezőbb. Ugyanúgy, a beruházásnál is a $\mathbf{k}$ helyett $\mathbf{r}$ szerepel majd. A táblázat alatt felsoroljuk még az ÁKM alapján számolt természetigényt ($\mathbf{i}'$ sorok) – természetes mértékegységben –, és jelöljük, hogy abból mennyi lenne fenntartható módon kielégíthető, ha figyelnénk az ökológiai rendszerek rezilienciájának megőrzésére ($\mathbf{r}'$).

5.1. táblázat: ÁKM a kiegészített GDP számításához

T			Sz1	c Sz1	Sz2	c Sz2	…	Sz*n*	c Sz*n*	**e**	
										a	
										hk	**c**
Sz1		**h′**	t_{11}		t_{12}		…	t_{1n}		ea_{11}	
		k′	tk_{11}	tc_{11}	tk_{12}	tc_{12}	…	tk_{1n}	tc_{1n}	eak_{11}	eac_{11}
Sz2		**h′**	t_{21}		t_{22}		…	t_{2n}		ea_{21}	
		k′	tk_{21}	tc_{21}	tk_{22}	tc_{22}	…	tk_{2n}	tc_{2n}	eak_{22}	eac_{22}
…			…		…		…	…		…	
Szn		**h′**	t_{n1}		t_{n2}		…	t_{nn}		ea_{n1}	
		k′	tk_{n1}	tc_{n1}	tk_{n2}	tc_{n2}	…	tk_{nn}	tc_{nn}	eak_{n1}	eac_{n2}
m′	**a′**	**h′**	m_{11}		m_{12}		…	t_{1n}			
		k′	m_{21}		m_{22}		…	t_{2n}			
	p′	**h′**	m_{31}		m_{32}		…	t_{3n}			
		k′	m_{41}		m_{42}		…	t_{4n}			
f′	**a′**	**h′**	f_{11}		f_{12}		…	f_{1n}			
		k′	f_{21}		f_{22}		…	f_{2n}			
	p′	**h′**	f_{31}		f_{32}		…	f_{3n}			
		k′	f_{41}		f_{42}		…	f_{4n}			
w′	**a′**	**h′**	w_{11}		w_{12}		…	w_{1n}			
	p′		w_{21}		w_{22}		…	w_{2n}			
d′	**a′**	**h′**	d_{11}		d_{12}		…	d_{1n}			
	p′		d_{21}		d_{22}		…	d_{2n}			
z′			z_1		z_2		…	z_n			
d′r′	**k′**	**a′**	d_{31}		d_{32}		…	d_{3n}			
		p′	d_{41}		d_{42}		…	d_{4n}			
$\mathbf{z}^{k'}$			z_1^k		z_2^k		…	z_n^k			
d′w′	**a′**		dw_{31}		dw_{32}		…	dw_{3n}			
	p′		dw_{41}		dw_{42}		…	dw_{4n}			
Erdők											
i′ a′		$\Sigma\, i_a$	i_{a1}		i_{a2}			i_{an}			
i′ p′		$\Sigma\, i_p$	i_{p1}		i_{p2}			i_{pn}			
r′		Σ	r_1		r_2			r_n			

Forrás: Saját szerkesztés

e		**o**				**b**		**z**	**b**		**z^k**
p		**a**		**p**		**a**	**p**		***a***	***p***	
hk	**c**	**hk**	**c**	**hk**	**c**	**h**	**h**		***r***	***r***	
ep_{11}		oa_{11}		op_{11}		b_{11}	b_{12}	z_1			z_1^k
epk_{11}	epc_{11}	oak_{11}	oac_{11}	opk_{11}	opc_{11}				b_{13}	b_{14}	
ep_{21}		oa_{21}		op_{21}		b_{21}	b_{22}	z_2			z_2^k
epk_{22}	epc_{22}	oak_{22}	oac_{22}	opk_{22}	opc_{22}				b_{23}	b_{24}	
…		…		…		…		…			…
ep_{n1}		oa_{n1}		op_{n1}		b_{n1}	b_{n2}	z_n			z_n^k
epk_{n1}	epc_{n2}	oak_{n1}	oac_{n2}	opk_{n1}	opc_{n2}				b_{n3}	b_{n4}	

A táblázat „végső felhasználás" oldalán vannak a végső fogyasztás (**o**) és az export (**e**) oszlopai, ahol a beruházás oszlopát (**b**), az (**o**)-tól elkülönítve jelenítjük meg. Az (**o**) és az (**e**) **hk** oszlopai tartalmazzák a hagyományos értékeket (első, **h′** sor), tehát a szénért kapott bevételt, csökkentve a hozzájuk tartozó, természethez tartozó értékekkel (**k** és **c**, második, **k′** sor), ami azt mutatja, hogy a felhasználásból mennyi az, ami ténylegesen természet (**k**), azaz megfogható, fogyasztható, vagy elporladt és az eredeti céljára már nem használható (**c**) (szintén pénzértékben). Ez segít abban, hogy megragadjuk az NPP ránk eső részének azt a felosztását, hogy mennyi az, amit ténylegesen elfogyasztunk. Mivel a **k′** sorok (**m′** és **f′**) az inputoldalon teljes értékben tartalmazzák a bevont környezeti javakat, így a jobb oldalra még be kell tenni egy „landfill" vektort (**c**), ahol a hulladékként végződő természeti javak (pl. a szeméttelepre került erőforrások vagy a CO_2-kibocsátás) találhatók, mind az alapszükséglet, mind a plusz szükséglet következményeképpen. Így az **m′k′** + **f′k′** = **ok** + **ek** + **c.** A képlet során azt az egyszerűsítést alkalmazzuk, hogy összevonjuk az adott vektor fejléceit, tehát az **f′k′** nem vektorszorzat, hanem a vállalati nyereségből (**f′**) a környezeti rész (**k′**). Az **oak + oac** értelmezése például az alapszükségletekre vonatkozó felhasználás ténylegesen felhasznált része: *oak,* és a hulladékrésze: *oac* (lásd az 5.1. táblázatot).

Folytassuk egy példával: Ha egy 100 hektáros területről szeretnénk kitermelni a tűzifát (**f′k**), annak kb. a harmada megjelenik az **ok**-ban mint energia (*oak*), a kétharmada pedig a **c**-ben mint eltávozott gőz és CO_2 (*oac*). Ha annak a gőznek egy részét fűtésre használjuk, akkor az **ok** megnő, a **c** pedig csökken. A **c** jelzi a körforgásos gazdaság megvalósulási színvonalát. Így biztosítható az input- és output összegszerű egyezése a természet oldaláról is. A beruházások (**b**) oszlopa mutatja, hogy a beruházásoknak milyen része megy az alapszükségletek és a pluszigények kielégítésére. A regeneratív célokra vonatkozó beruházásokat, amelyek az ökológiai rendszerek helyreállítását célozzák, külön mutatjuk a kiegészített GDP számításánál (**br**), itt is különbontva **a** és **p** oszlopokra. Az **a** és a **p** a többi esetben is ugyanaz, mint az inputsoroknál.

A termelőfelhasználás belső mátrixa is kiegészül pontosan úgy, mint a felhasználási oldal: a hagyományos értékek mellett megjelennek a vonatkozó beépülő és hulladékként végző tényleges természetierőforrás-elemek. Itt is korrigáljuk a **h** értékeket a **k** és **c** értékekkel, így a hagyományos mátrixelemek kiszámítása ezek összegzésével történik (**h** + **k** + **c**). A táblázatbeli értékeket használva a következőképpen kapjuk meg a második szektornak az első szektorba irányuló – hagyományosan számolt, a 2.1. táblázatban t_{21}-gyel jelölt – pénzforgalmát: $t_{21} + tk_{21} + tc_{21}$. Kiindulásként vegyünk a 2.1. táblázatban szereplő input-output táblát, és vegyük bele az új elemeket.

Fontos hangsúlyozni, hogy az ÁKM és a GDP továbbra is mutatja az eddig megszokott, az ember (azaz nem a természet) által végzett tevékenységek (tőke + munka) értékét (**f′**), de azt is, hogy ebből mennyi a tényleges természeti jószág (eper, szén – **k′** sorok). Az igazi különbséget az amortizáció sorai jelentik (**d′**). A **d′** egyrészt tartalmazza a hagyományos, a vállalati eszközök amortizációját (**d′h′**), és ezzel

megőrizzük a hagyományos GDP struktúráját. Azonban – a kiegészített GDP számításánál – ez lesz az externális költségek internalizálásának a terepe, illetve itt vesszük majd számításba, hogy mennyire „amortizáltuk le" a természetet (**d′r′**). Amíg a technikai eszközeink lassan elértéktelenednek és cserére szorulnak, addig a természetitőke-eszközeink a helyrehozataluk után szinte a végtelenségig működnek, hiszen önmagukat tartják fent. Egy bejáratott gazdaság esetén a helyrehozandó környezeti amortizáció értéke nulla – így a beruházások kötelező környezeti terhe is megszűnik. Ezután a beruházások már figyelhetnek arra, hogy a GDP-t a környezet fejlesztése által növeljék. A táblázatból látható, hogy ha már nincs a természetnek okozott károkozás (**d′r′** = 0), akkor a kétféle GDP számítása megegyezik. Ez alátámasztja azt a megállapítást, hogy a GDP számításával önmagában nincs probléma, csak a rendszer szorul javításra, ami alapján számol.

Amennyiben a tűzifaigényünket egy energiaerdőből biztosítottuk, akkor itt gyakorlatilag csak az újratelepítés költségei merülnek fel, de ha egy komplex erdő tarvágásával nyertük ki a faanyagot, akkor annak értéke tartalmazza az erdő által nyújtott komplex szolgáltatást is (vadak, víz, CO_2-megkötés, fajok élőterületének elvétele stb.). Ez utóbbit úgy kell elképzelni, mintha egy olcsó tucatórába gyémántot tennénk. Ráadásul mindez helyspecifikus: van, ahol még tudja a természet pótolni a hiányt, és van, ahol az irtás elindít egy olyan folyamatot, ami az egész kapcsolódó ökoszisztémát összeomlással fenyegeti. Ez lesz a különbség (**d′r′**) a hagyományos és a kiegészített GDP között: a hagyományos GDP számítása: **f′** + **w′** + **d′ h′**, míg a kiegészített GDP-jé **f′** + **w′** + **d′h′** + **d′r′**. A GDP ilyen módon történő növekedése reálisabban tükrözi a valódi gazdasági ráfordításokat, hiszen a fűtés biztosítására a természettől igen értékes hozzájárulást kértünk, amit pótolnunk is kell.

A hagyományos GDP így is kiszámítható (2.4. doboz): **o** + (**e** – **m**). Az 5.1. táblázatban elkülönítettük a beruházást (bruttó felhalmozás), így a képlet módosul: **o + b + (e–m**). A kiegészített GDP esetében azonban ott van a károkozás (negatív externáliák) is (**d′r′**), aminek a megfelelőjét a környezeti beruházásokhoz (**br**) kell tenni. Ez azzal a kötelezettséggel jár, hogy ennek a pénzügyi fedezetét minden évben elő kell teremteni, és azt a természet regenerálására kell fordítani – ez már az alkalmazási szabályrendszer körébe tartozik. A CO_2-adóhoz hasonlóan képzeljük el, hogy létrejöhet a „szennyező fizet" elv rendszerszintű megvalósítása. Amíg az eltávozott gőz és CO_2 a **c**-ben jelenik meg, addig a hagyományos fakivágás (esetleges tarvágás) természetnek okozott költségei a **d′r′**-ben, és meg kell jelennie a **br**-ben is, mint a kár helyreállítása és azonnali beruházás. Olyan árakat kell alkalmazni, amelyek fedezik a pótlólagos hozzáadottérték-elemeket is, ami a hagyományos GDP esetében csak a hagyományos amortizáció, ami értelemszerűen átrendezi a jelenlegi árstruktúrákat is.

5.3.3. A kiegészített GDP pótlólagos elemeinek becsléséről

*Az **f′** és **m′** számítása – az **a′** és **p′** felbontás kivételével*

A táblázat értékeinek tényleges kiszámításához inputoldalról meg kell határozni, hogy milyen értékben vegyük figyelembe a természeti javakat. Vannak számítások a GDP alapjául szolgáló anyagáramlásokról (PIOT – Physical Input-Output-Table). A PIOT és a hasonló táblázatok összeállítását, annak hátterét Szabó és Pomázi (2006a, b) nagyon részletesen bemutatja. A PIOT mellett még meg szokták különböztetni a gazdaságba bemenő erőforrásokat (PSTs – Phyiscal Supply Tables) és azt, amit a végén felhasználunk (PUTs, Physical Use Tables) (Vunnava és Singh 2021). Magyarországra vonatkozóan készült egy összehasonlító vizsgálat öt évre (1993–1997), ahol az anyagáramokat vizsgálták (Hammer és Hubacek 2002). A PIOT közös mértékegysége általában a súly, tehát – az IPAT-hoz hasonlóan – tonnában mérik. Ezek a források a legmegbízhatóbbak az igények kiszámításához. Vunnava és Singh (2021) javasol erre egy automatizált megoldást is. Több tanulmány is foglalkozik a fizikai javak áramlásával, ilyen pl. az alumínium áramlása az USA-ban (Nuss és mtsai 2016).

Az **f′** és **m′** számításakor a PSTs-adatok használhatók fel. Ezek a táblák a természeti erőforrások mennyiségét tükrözik. Ezek alapján lehet erőforrástípusonként összegezni az igényeket ($i_{aj} + i_{pj}$ értékek az alap- és pluszszükségletek általi összes ágazati igény), az erdő esetén hektárban vagy tonnában mérve – a rendelkezésre álló adatok alapján. Nagyon fontos a konkrét erdőtípus megnevezése is, ami tükrözi az erdő komplexitását. Ezt követően a mennyiségi adatokat pénzértékben is ki kell fejezni. Ehhez a környezeti gazdaságtan eredményei segítenek (pl. Kerekes 2018; Szlávik 2012), különösen a természeti erőforrások értékelésében. Irányadó lehet Constanza (2020) tanulmánya is. Odum emergymódszere is segíthet, vagy – mint a szén esetében – kiindulhatunk stabil piaci árakból. Az **m′k′** értékek az importált fizikai javak értéke, pénzben kifejezve, amelyekhez fizikai mennyiségi adatok is rendelkezése állnak. Ezzel módosítjuk az **m′h′** értékeket, hogy **m′** megadja a hagyományos importösszeget. Ugyanúgy, az **f′k′** a természeti javak mennyisége, hozzáadott értéke pénzben kifejezve, ami eddig hiányzott a GDP-ből.

*A **d′** számítása **a′** és **p′** nélkül*

A **d′h** megegyezik az eddig számolt amortizációval. A **d′r′** érték azt mutatja meg, hogy mennyibe kerülne az ökológiai rendszerek eredeti állapotának visszaállítása, azaz a természet regenerálása egy adott beavatkozás után. Amennyiben az **f′** sorok **h′** értékeit inputként használjuk egy, az ökológiai rendszer működését leképező modellben (lásd pl. a 4.5. dobozt), kiszámolható az ökológiai rendszerben történt – esetleges – károkozás. A természeti erőforrások amortizációját nehéz pontosan kiszámítani, az MI terjedésével azonban egyre könnyebb lesz. Már ma is számos módszert alkalmaznak, többek között az ENA-t is: az ipari rendszerek ökológiai hatásairól vannak olyan tanulmányok, amelyek az ENA segítségével mérik ezt a hatást.

Az alkalmazott tengeri ökológia egyik központi kérdése, hogy a táplálékhálók miként változnak ökoszisztéma-zavarok hatására. Lewis és munkatársai (2021) elemzik annak hatását, hogy 2010-ben a Deepwater Horizon (DWH) fúróplatform körülbelül 3,19 millió hordó nyersolajat bocsátott a Mexikói-öböl északi részébe. A kiömlést követően széles körben alkalmaztak diszpergenseket az olaj lebomlásának elősegítésére, ami jelentős antropogén zavarásnak tekinthető a térségben. Az ENA hosszabb távú alkalmazása azt is megmutatta, hogy a Mexikói-öböl ökoszisztémája kellő tartalékokkal (redundanciával) rendelkezett, így a kiömlésnek kevés következménye maradt. Az ENA – ha az ökoszisztéma hierarchikus szintjein alkalmazzák – hatékony eszköze lehet a tengeri táplálékhálók rezilienciájának megértéséhez.

Az útépítés környezeti hatásait vizsgálja Monavari és Fard (2010). Mathew (2024) feltárja a műanyagszennyezés komplex hatását a vízi ökoszisztémákban, és kiemeli, hogy a műanyag jelenléte a vízi rendszerekben ma már nem kivétel, hanem szabály. Nemcsak ökológiai, hanem gazdasági-társadalmi következményekkel is jár. Különösen fenyegeti a halászatokat és az azokból élő közösségeket: rontja a halállomány élőhelyeit, csökkenti a fogásokat, ezáltal a gazdasági életképesség csökken, így megélhetési kérdéssé is válik. Az óceánok műanyag-szennyeződésének éves gazdasági hatását 10 billió USA dollár veszteségre, valamint a turizmus csökkenését 10% körülire becsülik. A szennyezés visszaszorításához szükséges intézkedések (tisztítás, monitoring, szabályozás) költségei pedig gyakran meghaladják az adott térség pénzügyi lehetőségeit. Ezért elengedhetetlen, hogy a műanyagszennyezés kezelésére interdiszciplináris megközelítések, erős, nemzetközileg összehangolt szabályozási rendszerek szülessenek. Mathew elemzéséhez még hozzá lehet tenni, hogy ehhez a megfelelő tőkét a kárt okozó vállalatok biztosíthatják (**br**, környezeti beruházások).

Mao és munkatársai (2015) a vízkészletek egyre súlyosbodó hiányát vizsgálták, ami fokozza az ellentéteket a különböző vízhasználati szektorok között, különösen a társadalmi-gazdasági-ökológiai komplex rendszerekben. Az általuk vizsgált esetben öt fő vízhasználati szektort integráltak: az ökológiai vízhasználatot (vízi ökoszisztémák), a mezőgazdasági szektort, az ipart, a szolgáltatási szektort és a lakossági fogyasztást. Eredményeik szerint a vízhasználati rendszer az adott időszakban folyamatos szerkezeti hanyatláson ment keresztül: a rendszer szervezettségi szintje évente átlagosan 0,6%-kal csökkent, vagyis a rendszer egyre kevésbé volt koherens.

A fent ismertetett módszerek alapján a $\mathbf{d}'\mathbf{r}'$ értékei is kiszámíthatók – becsülhetők. Ismertek az $\mathbf{m}'$, $\mathbf{w}'$, $\mathbf{d}'$ és az $\mathbf{f}'$ sorok $\mathbf{h}'$ értékei, valamint az $\mathbf{m}'$, az $\mathbf{f}'$ sorok $\mathbf{k}'$, illetve $\mathbf{d}'\mathbf{r}'$ értékei is. E ponton már csak az $\boldsymbol{a}'$ és $\boldsymbol{p}'$ szerinti szétválasztás van hátra, hogy az új inputstruktúra is véglegesen meghatározható legyen.

Az $\boldsymbol{a}'$ és $\boldsymbol{p}'$ szétválasztása

Mi tekinthető valóban hasznos GDP-résznek (a és p)? Ez a döntés a felhasználási oldalnál hozható meg, mert ott látszik az, hogy mire fordítjuk az energiáinkat. Ennek meghatározásához segítséget nyújthat a PUTs-adatbázis is. Ebben az esetben egy

nagyvonalú becslés is elegendő, mivel nyilvánvalóan elég vitatott helyzetek állhatnak elő, mint például a rekreációs szolgáltatások esetén. A szétválasztásnál figyelembe lehet venni a Max-Neef-i kategóriákat, Hirsch tanulmányait, az ember evolúciós alapszükségleteit (4.3. fejezet), az energia- és élelmezésbiztonságot, az SDG-, MDG-célokat (UNDP 2016) stb. Ezáltal megtörténhet a felhasználás (**y** = **o** + **e**) felosztása hasznos (a) és nélkülözhető (p) részekre.

Az inputoldali a és p arányainak kiszámításához alkalmazható egy ismert számítási módszer. Perman (2011: 258–259) ismerteti a környezeti input-output elemzésnek azt a formáját, amely számszerűsíti a felhasználás növelésének energiavonzatát. Meghatározható az ágazatok energiafogyasztása, és így ennek mértéke kifejezhető az összes input százalékában. A Leontief-inverz segítségével kiszámítható a felhasználás változása következtében előálló inputváltozás ($\mathbf{x}' = \mathbf{m}' + \mathbf{f}' + \mathbf{d}' + \mathbf{w}'$), amelyet az alap- és pluszszükségletek arányára lehet lebontani. Innen a $\mathbf{d}' + \mathbf{w}'$ értékeit az $\mathbf{f}'$ belső arányai alapján lehet meghatározni, így az $\mathbf{m}'$ és az $\mathbf{f}'$ közötti elosztás a fontos. Ez a felosztás pontosan is megtehető a KSH-adatok segítségével. Amennyiben rendelkezésünkre áll a pontos PIOT-, PSTs- és PUTs-adatbázis, ami lehetővé teszi a Leontief-inverz számítását, akkor a számítási folyamat jelentősen leegyszerűsödik. Ezáltal az inputoldali mátrix is teljes egészében kiszámíthatóvá válik. A termelőfelhasználás belső mátrixának **k** és **c** elemeit vagy – az MI segítségével – pontosan ki lehet számolni, vagy majd ki kell dolgozni elfogadható pontosságú becsléseket ezekre vonatkozóan is.

Így már csak az a kérdés marad, hogy a **k** oszlopok értékeit, azaz a végtermékekben jelen lévő természeti javakat hogyan határozzuk meg a fogyasztási oldalon. Ha nem áll rendelkezésre pontos adat vagy egyszerűbb számítási módszer, a Ghosh-inverz alkalmazásával becsülhetjük az egységnyi inputváltozás hatását a végső fogyasztási adatokra: **y (e, o** és **b**). Ha például egy egységnyi inputnövekedéshez 0,8 egységnyi természeti jószágfelhasználás tartozik, és ennek hatására az **y** összesen 2,5-tel nő, akkor ez az arány az egyes y_i értékekhez arányosan hozzárendelhető. Így kapunk az y_i értékekre egy természettartalmat. Ezt pedig fel lehet osztani arányosan az **e**, az és **o** és a **b** között. Ez az egyes ágazatok esetében pontatlan lesz, mivel az ágazatok tevékenysége sok esetben nem homogén: annak ellenére, hogy egy ágazat sok természeti erőforrást használ fel, lehet, hogy egy másik ágazat számára éppen olyan tevékenységet nyújt, amelyhez egyáltalán nem kell – közvetlenül – természeti erőforrás.

Rendelkezésünkre állnak a természet hozzáadott értékei alap- és pluszszükségletek szerint, amit pénzértékben is kifejeztünk. Ehhez minden ágazatnál meg kellett azt határozni, hogy milyen erőforrásokat használ fel (PSTs), és azokból mennyit (fizikai mértékegységben). Ezeket a táblázat összegző sora alatt típusonként felsoroljuk ($i_{aj} + i_{pj}$ értékek); ezek adják a természet felé irányuló, erőforrásonként összesített igényeinket ($\mathbf{i}'\mathbf{a}'$ és $\mathbf{i}'\mathbf{p}'$). Ezeket az igényeket összehasonlítjuk az erre a célra rendelkezésre álló erdőterülettel (vagy tonnával, a számbavétel egységének megfelelően), azzal az értékkel, ami még nem veszélyezteti az erdők rezilienciáját ($\mathbf{r}'$ – a rezilienciaértékek, az ágazatonkénti r_j-értékek összege, mivel a különböző ágazatoknak eltérő adottságai és lehetőségei lehetnek). Sokan azt gondolhatják, hogy

az ilyen szintű becslések, mint ami az 5.1. táblázathoz kell, biztosan nem kivitelezhetőek, de ezek már a mai tudásunk mellett is megoldhatók valamilyen szinten. Ha pedig az erre irányuló kutatásokat is feltételezzük, akkor ez mindenképpen realitás. Elég, ha a Vunnava és Singh (2021) által javasolt megoldásra vagy az e-DNS-re gondolunk, de a mai tudomány realitása az UAV LIDAR-rendszer is, amely segítségével – drónokkal – megbecsülték, hogy hány fa van Kínában (Cheng és mtsai 2025). Magyarországra vonatkozóan az UAV LIDAR-rendszert kombinálni lehetne a növényzeti térképünkkel (lásd a MÉTA-adatbázist: https://novenyzetiterkep.hu – letöltve: 2025. március 15.), és megbízható alapot teremthetünk az értékbecsléshez.

Az ESG társadalmi pilléréhez: A munkabérhez (w') kapcsolódó sorok
Nincs értelme a táblázat logikája szerint kiszámolni a természetnek járó munkabért (ahogy a hiányzó „környezetnek járó bér" [$\boldsymbol{w'k}$] logikájából következne), ezért az input-output táblázatban csak a hagyományos bérsorok maradtak. A táblázat számítási módszertana azonban lehetővé teszi, hogy a munkaerővel kapcsolatban is kialakítsunk olyan sorokat, amelyek elősegítik a paradigmaváltást.

(1) Indikátorjelleggel jelezni lehetne, hogy a megfelelő szintű „munkaerőképzéshez" milyen befektetések kellenének ágazati szinten (alapszükségletek kielégítése: ne legyen gond a tűzifa vagy az egészséges ivóvíz beszerzése, az oktatáshoz való hozzáférés vagy a megfelelő lakhatási körülmények), ahol a GDP-nek még fontos feladata van (tényleges növekedés).
(2) Egy másik lehetőség annak kimutatása, hogy a gazdaság érdekében mennyire „amortizáljuk le" a közösségeinket, az egyéneket. A természet amortizációjával analóg módon meg lehetne határozni az egyes ágazatok által okozott károk mértékét.

Mindkettő párját is létre lehet hozni a beruházásokon belül egy „CSR" oszloppal, szintén csak indikátorjelleggel, ami az (1)-nek megfelelően orientálhatná az állami szabályozórendszert, a beruházásokat, illetve a vállalatoknak mutathatná a biztos piaci lehetőségeket. A (2) esetében a tényleges károkozás ellensúlyozását lehetne feltüntetni, már amennyiben lehetséges (ez már a szociológusok, pszichológusok területe). Vállalati szinten jobban látható az, hogy hol és mit kell tenni, ezért ezeket az indikátorsorokat jól fel lehetne használni az ESG-jelentések társadalmi felelősségvállalási részének teljesítésénél.

5.3.4. Összekapcsolás a természet rendszereivel

Az 5.1. táblázatban lévő mátrix még mindig (gazdasági) alrendszerközpontú, kiegészítve azzal, hogy jelzéseket ad, ha a fogyasztás meghaladja azt a szintet, ami szükséges a természeti rendszer rezilienciájának megőrzése érdekében. Maga a reziliens fogyasztás, illetve az ennek érdekében végzett beruházások egyelőre kevésbé

láthatók. Ezért kapcsoljuk össze az elemzést a főrendszer IO-táblázatával, mint amilyen a Cone Spring (4.2. táblázat), csak „nagyban", területi bontásban. Ennek tartalmaznia kell az adott terület ökológiai rendszereinek energiaáramlását, benne azokkal az elemekkel, amelyeket a gazdaság felhasznál (erdők, vizek, mezők stb.). Az éves exportértékek azt jelzik, mennyi hasznosítható természeti jószágot hagy a rendszer a többi élőlény, így az ember számára. Láttuk, hogy az ember a számára fenntartott NPP-ből 4- és 40% körül fogyaszt, ahol a 40% nyilván a többi rendszer romlását idézi elő (4.2.1. fejezet). A bejáratott, egészséges rendszer esetén az ökológiai rendszerek exportértékei mutatják azt, amit az emberiség úgy elfogyaszthat, hogy nem sérül a természet rezilienciája (egyszerűbben: a természetes hozadékból élhetünk). Ezek adják meg az r_j értékeket, amelyeket össze kell majd hasonlítani az i_j értékekkel (5.1. táblázat). Ezeknek az értékeknek a számbavételi egységei összehangolhatók az adott erőforrásnak megfelelően (energia, hektár, tonna). A természeti erőforrások típusokként való csoportosítása megmutatja, hogy hol van elegendő hozadék, és mely területek szorulnak fejlesztésre. Ezek az értékek mutatják meg az ÁKM **b** vektora **k** értékeinek eloszlását (pl. a Ghosh-inverz segítségével).

Ezzel a kör bezárul: Alkalmazkodhatunk a természet rendszereihez: hogyan lehet olyan szintre fejleszteni az ökológiai rendszereinket, hogy azok a hozadékból, a rezilienciájuk veszélyeztetése nélkül el tudják látni a társadalmat és a gazdaságot. Mivel jelenleg az ökológiai rendszerek sérültek, az első számítások várhatóan magas beruházási igényeket fognak jelezni – ez azonban a hosszú távú fenntarthatóság záloga.

5.3.5. A termelő felhasználás mátrixának áthangolása

A rendszer úgy igazán ökológiai szempontú, ha nemcsak a természeti ÁKM segítségével zárnánk a kört, hanem a gazdaságon belül, a termelőfelhasználás mátrixában (lásd a 2.4. dobozt) is az ökológiai elveknek megfelelő vállalatok lennének. Az 5.2. dobozban a természettel közvetlen kapcsolatban lévő, azaz hulladékgyümölcsöt feldolgozó vállalat struktúrájának a természeti rendszerekhez való illeszkedését vizsgáljuk.

5.2. DOBOZ
EGY GYÜMÖLCSFELDOLGOZÓ ÜZEM PÉLDÁJA

D

Kiss, Hetesi és Kiss (2024) alapján

A tanulmány egy almafeldolgozó üzem példája alapján vizsgálja, hogyan alkalmazkodjon egy – a természettel szoros kapcsolatban álló – termelőüzem strukturálisan az ökológiai környezetéhez. Ez az alkalmazkodás az ENA módszertanán (azon belül hangsúlyosan a reziliencián, a természet kockázatkezelési stratégiáján) keresztül kerül bemutatásra. A módszertan képes arra,

hogy feltárja a rendszer belső szerkezetének jellemzőit, különös tekintettel az anyag- és pénzáramlások szerkezetére és sokféleségére.

A vizsgálat során háromféle gyártási modellt hasonlítanak össze: egy részletes, folyamatalapú modellt, egy aggregált, végtermék-orientált modellt, valamint egy leegyszerűsített, hatékonyságra optimalizált modellt. A különféle megközelítések elemzése révén a szerzők kimutatják, hogy bár a nulla hulladékkibocsátás elérése fontos cél, ez önmagában nem garantálja a rendszerszintű alkalmazkodóképességet, vagyis a rezilienciát. A tanulmány eredményei alapján azok a gyártási rendszerek mutatnak nagyobb strukturális rezilienciát, amelyek szélesebb termékportfólióval rendelkeznek, és képesek a keletkező melléktermékeik újrahasznosítására – hasonlóan az ökoszisztémák belső anyagciklusaihoz. A szerzők például modellezik egy sertéstelep hozzáadását az almafeldolgozó rendszerhez, ahol a gombatermesztésből származó melléktermék takarmányként hasznosul, majd a keletkező trágyából biogáz készül. Ezzel a rendszer nemcsak bővül, hanem mélyebben beágyazódik saját maga anyagáramaiba, ami növeli a rezilienciát.

A tanulmány összeveti a körforgásos és a kékgazdaság alapelveit. Míg a körforgásos gazdaság célja a hulladék minimalizálása és az anyagáramok zárása, addig a kékgazdaság ennél mélyebb ökológiai alapokra épül: olyan rendszerek kialakítására törekszik, amelyek a természet működési elveit (ez esetben a rezilienciát) alkalmazzák – belső ciklusokkal, lokális forrásokra alapozva, sokféleséggel és adaptív kapacitással rendelkeznek.

A szerzők következtetése: ha valóban fenntartható gyártási rendszereket akarunk létrehozni, akkor túl kell lépnünk a klasszikus hatékonysági logikán, és olyan ökoszisztéma-szerű termelési modelleket kell kialakítanunk, amelyek képesek rugalmasan reagálni a technológiai és piaci változásokra is. A reziliencia nem csupán környezeti kérdés, hanem stratégiai szempont is a jövő gazdaságaiban.

A következő (5.3). doboz az országok termelési mátrixának a struktúráját vizsgálja – mennyiben reziliensek jelenleg, és merre kellene fejlődniük ahhoz, hogy illeszkedjenek a természet reziliens struktúráihoz.

5.3. DOBOZ
AZ ORSZÁGOK BELSŐ ÁGAZATI STRUKTÚRÁJÁNAK REZILIENCIÁJA

D

Kiss, Braun és Sebestyén (2025) alapján

A globalizáció következtében a nemzetgazdaságok termelési hatékonysága nőtt, ugyanakkor egyre sérülékenyebbé váltak a külső sokkhatásokkal szemben. A tanulmány az egyes országok gazdasági hálózatainak strukturális

rezilienciáját vizsgálja az ENA módszerével. Az elemzés 69 ország több mint két évtizedes adatsora alapján az 1995 és 2018 közötti input-output adataira épül, és kimutatja, hogy a legtöbb nemzetgazdaság inkább redundáns, mint hatékony. Több kapcsolattal rendelkezik a működés biztosításához (a kapcsolati sűrűség sokkal magasabb, mint az ökológiai rendszereknél), mint amennyi a hatékonysághoz szükséges lenne. A strukturális szerepkörök, vagyis az ágazatok gazdaságon belüli funkcionális hierarchiák száma körülbelül megegyezik az ökológiai rendszerekével.

Az eredmények szerint a szerkezet és a munkanélküliség stabilitása között összefüggés van: az optimálisabb struktúrájú gazdaságok jobban ellenállnak a válságoknak. Ugyanakkor a nyitottabb, specializáltabb országok kevesebb belső tartalékkal rendelkeznek, így érzékenyebbek lehetnek. A tanulmány végkövetkeztetése, hogy a gazdasági struktúra tudatos fejlesztése – különösen a kapcsolatok sokféleségének és a belső visszacsatolásoknak a növelése – kulcsszerepet játszhat a jövő gazdaságainak kialakításában.

Amennyiben a termelő vállalatok figyelnek a természethez való megfelelő alkalmazkodásra, és maga a termelési mátrix is reziliens struktúrát vesz fel, akkor igazán közel kerülhetünk egy kékgazdaság megvalósításához.

5.3.6. A kiegészített GDP alkalmazása

Egy megfelelően kitöltött táblázat többféle célra használható. Például megmutatja, hogy mennyi erőforrást használunk fel nem létfontosságú javak előállítására. Azt is láthatjuk, milyen mértékben járul hozzá a természet a gazdasági gyarapodásunkhoz, illetve milyen – sokszor elkerülhető – károkat okozunk az ökoszisztémáknak. Végül képet ad arról is, hogy túlléptük-e a természet teherbíró képességét. A táblázat tervezési célokra is alkalmazható. Segítségével meghatározható, hogyan kell átalakítani a fogyasztási és beruházási struktúrát a fenntarthatóság érdekében. Emellett a hulladékként végző javak (**c**) oszlopa a körforgásos gazdaság egyik kulcsindikátora is lehet. Ez mutatja az ún. ökológiai hátizsákunkat is (Szabó és Pomázi 2006b, Hammer és Hubacek 2002), vagyis azt a rejtett erőforrás-mennyiséget, amelyet egy-egy fogyasztási cikk előállítása során ténylegesen felhasználunk, de ami közvetlenül nem látható. Pl. egy PC előállításához kb. 10 tonna nem megújuló erőforrást kell megmozgatnunk. A meghatározás szerint az ökológiai hátizsák nem tartalmazza magának a terméknek a súlyát (Hammer és Hubacek 2002), ami a PC esetében nem releváns. Ezenkívül adatokat kapunk arra vonatkozóan is, hogy mennyi beruházás szükséges a reziliens ökológiai rendszerek melletti gazdaságunk fenntartható működésére. Kezdjük el alkalmazni a kiegészített GDP-t!

Vidrák, tengeri tehenek

*Az ökológia nagykönyvé*ben leírt eset alapján (Fewster 2021: 143) készítettük ezt az esetleírást. Tegyük fel, hogy a XVIII. században élünk valahol a Bering-szorosban, és a társadalmunk két bevételi forrása a Steller-tengeritehén és a vidrák bundája, $V-ben (virtuális dollár). A példa kedvéért tegyük fel, hogy a tengeritehén részesedése 20 000 $V (200 tengeritehén 100 $V), a vidrák bundája 2000 $V (200 vidra, 10 $V), ami évi 22 000 $V jövedelem. Jön egy remek ajánlat, hogy növekszik a vidrabunda iránti kereslet külföldről, így további 50 vidrát tudunk értékesíteni (10 $V /vidra) évente. Ez több, mint 2%-os GDP-növekedést jelent (500 ÷ 22000=0,0227), így a lakosságnak jelenthetjük, hogy ismét jól teljesítünk. Ha a GDP növelését így folytatjuk (a 2,27%-hoz már több mint 50 vidra kell), a következő években lassan kipusztulnak a vidrák. A vidrák fő tápláléka a tengerisün, így a tengerisün-populáció felszaporodik. Mivel a tengerisünök kelp barnamoszatot fogyasztanak, ezért a kelptelepek összeomlanak, ami pedig a tengeritehenek tápláléka. (A valóságban nem vadásztak a tengeritehenekre, de azok a táplálékhiány miatt így is kipusztultak). Így a következő években a GDP rohamos csökkenésnek indul, majd lenullázódik. Ahogy a magyar nyelv megfogalmazza: se pénz, se posztó.

5.2. táblázat: ÁKM a kiegészített GDP-hez: vidrák és tengeritehenek

					e		**o**		z	**b**		z^k
					p		**a**			**a**	**p**	
			Vidra	*Tengeritehén*	**hk**	**c**	**hk**	**c**		**r**	**r**	
Vidra		**h′**			250		1 000		*2 500*			*2 775*
		k′			25	225	100	900			275	
Tengeritehén		**h′**					10 000		*20 000*			*20 000*
		k′					10 000	0				
f′	**a′**	**h′**	1 000	10 000								
		k′	1 000	10 000								
	p′	**h′**	250									
		k′	250									
d	**a′**	**h**										
	p′											
z'			*2 500*	*20 000*								
d′	**a′**	**r**										
	p′		275									
z'^k			*2 775*	*20 000*								
i′ (db)			250	200								
r′ (db)			200	200								

Forrás: saját szerkesztés

Tegyük fel, hogy eddig a bevételt egy 4-4 ezres tengeritehén- és vidrapopuláció biztosította a többletéből (hozzáadott értékéből), évi 5-5%-os szaporulattal, amit a lakosok az alapszükségleteik biztosítására fordítottak. A tengeriteheneket teljesen feldolgozták (megették stb.), a vidráknak azonban csak a bőrét használták fel, ami kb. az állat 10%-a, a többi a szeméttelepre került, bár az felhasználható még mint értékes nyersanyag. Az 5.2. táblázat mutatja a kitöltött kiegészített GDP számításához szükséges ÁKM-et, az első alkalommal, amikor a pluszvidrabőrt exportálták.

A *sorok* kitöltése: A hagyományos GDP számítása szerint az összes pénz a lakosok érdeme (**f′** = 22 500 $V). A kiegészített GDP szerint marad az összes hozzáadott érték (**f′**) 22 500 $V, de csak a felét (**f′h′** – jelölve ezzel az **f′**sor összes **h′** alsorát) biztosította a lakosság (vadászat stb.), a másik felét viszont a természet (**f′k′**): az összeg (**f′**) maradt ugyanaz. Az állomány értékének az egyszerűség kedvéért a piaci árat vesszük, ami a 4-4 ezres állomány esetén 440 000 $V. Munkabért nem fizettek, és eltekinthetünk a technikai eszközök amortizációjától is (**d′h′**). Amíg megőrizték a természet egészséges működését (**d′r′a′**), addig ebben a sorban 0 érték szerepelt, de ezzel a plusz 50 vidrával elkezdett a természet értéktelenedni. A többlet már nem tudta fedezni a megszokott eladásokat sem. Feltételezve a vidrák és a tengeritehenek egyforma csökkenését, 197,5 állat lesz a csökkent állományok hozama a természetes hozadékból. Így a többletből származó eladások 275 $V-tel csökkennének (250 $V + 25 $V): ezt az összeget tekintsük a természetben okozott kárnak. Ez több, mint a fele az 500 $V-as bevételtöbbletnek. Az egyszerűség kedvéért tekintsünk el a többi ökoszisztéma-szolgáltatástól (bár a 440 000 $V-es érték még sokféle számítást lehetővé tesz), így a természeti veszteség sorába (**d′r′p′** – a plusz-szükséglet miatt) beírjuk a 275 $V-öt (amit elkölthetnek kis vidrák importálására).

Az input-output táblázat alatti sorokban fel kell sorolni azokat az igényeinket, amelyeket a természettől várunk (**i′**), jelen esetben a 250 vidrát és a 200 tengeritehenet. Ebből a vidra esetében az 50 vidra már pluszszükségleteket elégítene ki (**i′ p′**). Alatta van az az érték (**r′**), amit a természet szolgáltatni tud, tehát a 200 vidra és tengeritehén, ami jelzi, hogy sérül a természet rezilienciája a vidrák esetében. Egy finomabb, „online" rendszer akár azonnal csökkenthetné a 250 vidra beírásakor a tengeritehenek reziliensen rendelkezésre álló mennyiségét is.

Az *oszlopok* kitöltésénél, a felhasználásnál (**o**) először nézzük meg a „teljesen felhasznált" tengeriteheneket (a tengeritehén sorában). Az **f′a′h′** sorában van a közösségi ráfordítás, azaz a 10 000, ami megjelenik a felhasználás hagyományos (**oahk)** oszlopában a tengeritehén **h′** sorában. A környezet által biztosított értéknek is meg kell jelennie a tengeritehén **k′** sorában, és mivel nincs hulladék, ott lesz a „valós", a ténylegesen megmaradó természeti rész (10 000). A vidra soránál ugyanaz az eljárás, de a vidra 90%-a veszteség. Az exportnál a közösség által hozzátett rész a **h′** sorban szerepel (250), de a **k′** sorban ténylegesen csak 25 megy ki, 225 nem megy ki exportként, azt belül kell lekezelni, hulladékként (**c**), ugyanúgy, mint a hazai fogyasztás (**o**) „hulladék" oszlopában lévő 900-as értéket (vidranyersanyag, **c**). Látjuk, hogy a vidra oszlopában lévő 1250-es (1000 + 250) természetérték (**f′k′**) 10%-a ténylegesen használt természet (125 $V), a többi a szeméttelepen végzi (az **e**

és az **o** oszlop **c**-értékei). Ha nincs ilyen rendszerünk, márpedig akkor nem volt (és nekünk sincs), akkor növeljük a GDP-t, leszállítjuk a bundákat, és mindenki elégedett a fejlődéssel.

Húsvét-sziget

Egy másik alkalmazás a Húsvét-sziget példája (3.5. doboz). Itt a rendszer már bonyolultabb, mert van a két nyersanyagtermelő ágazat (fa és kő), valamint két feldolgozóipari ágazat: csónak és szobor. Ezenkívül már fizettek béreket is, mivel fejlett volt a társadalom. Természetesen az adatok itt sem valósak. 4 csónakot szeretnének építeni, aminek a faigénye – fenntartható erdőgazdálkodást feltételezve – 2 hektár. Amíg a csónakkészítéshez szükséges faminőség előáll, addig elvész a faanyag 40%-a, még az erdőgazdaságban. A csónak megmunkálása során még abból is van hulladék, ami 20%. Ezenkívül a papság tervez egy szoborállítást, aminek a faigénye már nem fedezhető fenntartható erdőgazdálkodásból, ezért tarvágást rendeltek el. Így is 9 hektár fa kell az összes szoborállítási igény – szállítás, az útvonal kitisztítása – kielégítéséhez. Ez már gyengébb minőségű fa, így itt csak 20%-os veszteség keletkezik az erdőgazdaságnál, és a szobor állításánál már nincs is több veszteség. A szoborhoz kell kő is, ahol lényegesen több az ember által hozzáadott érték a természet által hozzáadottnál, de ez mind a pluszszükségletekhez kerül. Az 5.3. táblázat mutatja be a Húsvét-sziget egy egyszerűsített input-output tábláját.

Az első ágazat az erdő, ami a fát szolgáltatja ez esetben, az alap- és a pluszszükségletek számára is. Az erdő oszlopa tartalmazza a csónakhoz és a szoborhoz szükséges faanyag kitermelését is. A csónakokhoz szükséges faanyag alapszükséglet (**f′a′**): a vállalati nyereség 24 000 (nem írunk a továbbiakban pénznemet). Ebből 6 000 a tényleges szervezés, piacszerzés stb., a nagy része azonban a faanyag, aminek 18 000 a becsült értéke – erdő állapotában. A kitermelés munkaerőigénye 8 000, ez összesen 32 000, amit a csónakkészítők ki is fizetnek. Ezt az erdő sorában látjuk, a csónak oszlopában. A munkabér és a vállalati nyereség közösségi része (8 000 + 6 000) ami „nem természet", a 18 000 viszont természet, de a megmunkálás során a 40% hulladék – azaz jelenleg még fel nem használt – nyersanyag (10 800 + 7 200).

Hajlamosak vagyunk úgy értékelni a folyamatot a 7 200 – mint 40% hulladék – esetén, hogy ez már értéktelennek számít, de még biztosan jó valamire. Ez a vélekedés a csónak, illetve az ahhoz szükséges minőségű fűrészáru szempontjából igaz csak, de más értékláncok számára ezek teljes értékű erőforrások lehetnek. Ezek közül létezhet több olyan, amelyik nagyobb nyereségtartalommal bír, mint maga a fűrészáru.

Ahhoz, hogy elkészüljön a csónak, sok munka (20 000) és szervezés (12 000) kell, ami így már jelentős összeg (64 000), amit a csónakok eladásából fedezni kell. Ezt a folyamatot követjük a csónak sorában (**h′**) és a végső felhasználás alapszükségletek oszlopában (**oa**): eladják az elkészült csónakokat. A közösség ráfordítása itt már nagyon nagy: 53 000, a fatartalom pedig egyre kisebb, igaz még mindig a 10 800-nak a 80%-a (8640), de a 20% a megmunkálás hulladéka (2160). Ugyanilyen logika alapján lehet végigkövetni a szoborállításhoz szükséges faanyag sorsát, ami végül

5.3. táblázat: ÁKM a kiegészített GDP-hez: A Húsvét-sziget példája

				Erdő		*Kő*		*Csónak*		*Szobor*	
				hk	**c**	**hk**	**c**	**hk**	**c**	**hk**	**c**
		Erdő	**h′**					14 000		53 000	
			k′					10 800	7 200	108 000	27 000
		Kő	**h′**							8 000	
			k′							800	200
		Csónak	**h′**								
			k′								
		Szobor	**h′**								
			k′								
f′	**a′**	**h′**		6 000				12 000			
		k′		18 000				0			
	p′	**h′**		26 000		3 000				10 000	
		k′		135 000		1 000				0	
w′	**a′**	**h′**		8 000				20 000			
	p′			27 000		5 000				5 000	
z′				*220 000*		*9 000*		*64 000*		*212 000*	
d′r′	**a′**	**k′**									
	p′			450 000		100		0		20 000	
z′ [k]				*670 000*		*9 100*		*64 000*		*232 000*	
i′ (ha)	**a′**			2							
i′ (ha)	**p′**			9							
r′(ha)				2							

Forrás: Saját szerkesztés

0%-ban épül be a végtermékbe (a kőszoborba), hiszen az egész a szállításhoz és a szobor felállításához kellett, tehát az összes faanyag veszteség, további felhasználás nélkül (legalábbis a példában).

A nyersanyagforrás alapjául szolgáló erdő minőségét, termőképességét, ökológiai szolgáltatásait biztosítani hivatott (**i′a′**) sorában 2 hektár erdő van, de a pluszigények sorában (**i′p′**) már 9 hektár. A rezilienciateszt, azaz a még károkozás nélkül hozzáférhető erdővel (ami 2 hektár – **r′**) való összehasonlítás azonnal jelez, hogy túllépték a megengedett szintet, méghozzá 9 hektárral. Az igények azonnal mutatják, hogy az alapszükségleteket kielégítő természeti erőforrások sorában (**f′a′k′**) ott van a hajóépítés erdőigénye, és ha a pluszigényhez tartozó erőforrásokat kielégítjük, akkor nem marad erdő az alapigények fenntartható kielégítésére, és az erdő is komolyan sérül. Ráadásul a hajó – mint már ember által készített erőforrás – a GDP-növelésünknek is fontos eszköze (amit itt nem tárgyalunk), azon kívül, hogy biztosítja az

o				*z*	**b**		*z**		
a		**p**			**a**	**p**			
hk	**c**	**hk**	**c**		**r**	**r**		**c**	
				220 000			*220 000*		
						450 000		34 200	*fa*
				9 000			*9 000*		
						100		200	*kő*
53 200				*64 000*			*64 000*		
8 640	2 160					0		2 160	*fa*
		103 200		*212 000*			*212 000*		
		800	108 000			20 000		108 000	*fa*

élelmiszer-biztonságot. Elképzelhető, hogy a társadalmat irányító papok, meghallgatva ezeket az elemzéseket, az elemzőt beállították volna az alapzatot görgetők közé 71. munkásnak, hogy valami hasznosat is csináljon, de ez már egy másik történet.

A táblázat jobb oldalán összegyűjtöttük az összes, fel nem használt – hulladéknak tekintett – erőforrást (**c**), ami a körforgásos gazdaság indikátora. Ez az érték mutatja, hogy ami tartósan használatban maradt a társadalomban, az összesen 5,65% (8640 a 153 000-ből). Ez mind olyan veszteség, amit a természet „megold", hogy ne veszteség legyen (lásd a 4.5.1. fejezetet), és mi is meg tudnánk oldani, ha hasonló szellemben gondolkodnánk (lásd majd pl. az 5.5.2. fejezetet).

Az esőerdők gazdasági hasznosítása

Egy harmadik alkalmazás lehet egy olyan példa, amely az esőerdőnek erdőkertként való használatáról szól (Peters és Mendelshon 1989 alapján). Egy 100 hektáros

perui amazóniai őserdőterület gazdasági hasznosítását tervezik a tulajdonosok, és fűrészáruként szeretnék értékesíteni. Tudják, hogy ezért mintegy 1000 USD-t kaphatnának. A kitermelés viszont az erdő szerkezeti és ökológiai leromlásához vezet (**d′r′**), így a komoly károkozás miatt jelentős – a várható bevételnél jóval magasabb – pénzt kellene azonnal fizetni (**br**), így más hasznosítási lehetőség után néznek. Mivel a gyümölcsöknek és a latexnek (a gumi alapanyaga) is van piaci kereslete, ezért ezek értékesítése is szóba jöhet. Igaz, hogy csak 700 USD/ha/év a várható bevétel, de már a második évtől a pénzüknél vannak (a hagyományos számítás szerint is), és megmarad az „örökké tartó" erőforrásuk.

5.3.7. Az alapszükségletektől a végtelen növekedésig

A rendszer segítségével megvalósítható, hogy a tényleges jóllétet biztosító alapszükségletekre figyeljünk, és azokra koncentráljuk az erőforrásainkat. Így még a jelenlegi gazdasági rendszerünk számára is van elég idő az átállásra, még akkor is, ha az a tehetetlenség miatt igen lassan képes változásra. A struktúrába kódolt rendszerpusztító tulajdonság fő megvalósítója a gazdaság, amit így fokozatosan át lehet alakítani az új paradigmarendszer szempontjainak megfelelő rendszerre. Megjegyzendő, hogy az állam adóbevételei nem csökkennek (legalábbis közvetlenül).

A kiegészített GDP használata lehetőséget ad arra, hogy úgy térhessünk át egy új paradigmarendszerre, hogy közben a tényleges jóllétünk nem csökken, hanem nő, és meg tudjuk tartani a tudományos-társadalmi téren elért igen jelentős civilizációs vívmányainkat.

Az 5.1. táblázatban lévő hozzáadott értékek alapján kettéosztható a hagyományos GDP is egy alap (GDPa) és egy plusz (GDPp) részre. Amennyiben reálisan határoztuk meg a végső felhasználási részben az alap- és pluszszükségleteket, úgy – a GDPa – használatával torzítatlanabb jelentést kaphat az alternatív mutatók nagy része is, mint pl. a Human Development Index (HDI), a Genuine Progress Indicator (GPI) vagy a Green GDP.

A kiegészített GDP alapján úgy válik lehetővé a növekedés, hogy az ökológiai rendszereket regeneráljuk, így azok egyre többet tudnak hozzátenni a végső felhasználásunkhoz. Ez ugyan nem változtat azon a tényen, hogy a végtelen növekedés nem lehetséges, de ha csak azt nézzük, milyen mértékben károsítottuk eddig a természetet, és ezzel mennyi értékteremtési lehetőségtől estünk el, úgy emiatt egy ideig nem kell aggódunk.

Hiába tudjuk, hogy az élő rendszerek képesek saját dinamikus egyensúlyuk fenntartására, és így maga a rendszer szinte végtelen ideig fennmaradhat, ha ezeket az élő rendszereket kiiktatjuk, úgy használva őket, mintha élettelen alkatrészek, csavarok vagy építőelemek lennének. Az 5D-s iránytű azonban ráirányítja a figyelmet az élő rendszereknek erre a dinamikus, (akár a) végtelenségig működőképes tulajdonságára, és amíg ezek egészséges hálózatát vissza nem állítjuk, addig maga a gazdasági rendszer ténylegesen, fizikailag is nőhet. Ha a Föld népességszámát

vesszük alapul, jól látható, hogy a természetre támaszkodó, hagyományos GDP-összetevők növekedési lehetőségei akkor is rendkívül tágak maradnak, ha kizárólag az alapszükségletek kielégítésére összpontosítunk. Ennek következtében fokozatosan átalakulhat az a gazdasági szegmens, amely eddig a többletigények kiszolgálására irányult: egyre inkább az alapvető szükségletek biztosítását szolgálhatja. Ha aztán ebből a növekedésből átváltunk egyfajta perpetuum mobilébe, az sem nagy tragédia, mivel az az evolúciós örökségünk, hogy „minél több, annál jobb", továbbra is táptalajra lelhet a szellemi fejlődésben.

A szellemi fejlődésben valóban lehetséges a végtelen növekedés, azon a területen, amely az emberiség számára valóban értékes, és amelynek a kimutatására sem a kiegészített, sem a hagyományos GDP nem is lehet alkalmas, mivel nem is az a feladata. A gazdaság csak alapot szolgáltathat a végtelen szellemi fejlődéshez.

Ha mindehhez hozzáadjuk az 1.5. fejezet végén található gondolatmenetet, miszerint nem áll messze a valóságtól az az elképzelés, hogy minden tőkefajta végső soron a szellemi tőkében sűríthető össze, akkor tulajdonképpen most is az alaptőkét, a szellemi tőkét gondozzuk – csak más megközelítésben.

5.3.8. Az áthangolás hajtóerejéről

A kiegészített GDP mögött álló gazdasági rendszer építőelemei is a haszonra törekvő vállalatok. Alapvető kérdés, hogy hogyan találják meg ebben a rendszerben a saját hasznukat a vállalkozások, azaz tényleges motiváló erővé válhat-e a kiegészített GDP? Az ÁKM felhasználja a vállalatok kimutatásait, és a vállalati pénzügyi kimutatásokban (jövedelemkimutatás, mérleg) is szerepelniük kell az új elemeknek. Az ÁKM összes „hozzáadott érték" sorának megvan a maga helye a vállalat pénzügyi kimutatásaiban (Mérleg, Eredménykimutatás, Cash-Flow). Az azonnali fizetés kényszere, másként a „szennyező fizet" elv érvényesítése az a motiváló erő, amely a károkozás minimalizálása és a természet regenerálása felé mozgathatja a vállalatokat.

Továbbra is igaz az, hogy a károkozó tevékenységek is növelik a GDP-t, ez még ráadásul megjelenik a természet által hozzáadott értékek soraiban is. Ez nem is csak kétszeres GDP-növekedést jelent. Egy erdő kivágásának a vállalati költségei sokszor töredékei annak, mint amennyit a természet tényleges kárként elszenved. Ez jelenti azonban a pozitív irányt is: mivel a károkozást azonnal (legalábbis) semlegesíteni kell a beruházásokkal, ezért az azonnali készpénzkiadással is jár. Így a vállalatoknak a kötelezően a természetbe visszaforgatandó pénzösszeg minimalizálása érdekében a legjobb megoldásokat kell majd keresniük. A kiegészített GDP akkor is nő, ha kárt okozó tevékenységek miatt nő a természettől elvett hozzáadott érték (**f′k′**) sora. Akkor is nő, ha regeneráljuk a természetet, és az ezáltal nagyobb teljesítményre képes. Mivel az első eset közvetlen készpénzkiadással jár (**d′r′,** illetve **br**), ezért a rendszerbe épített pénzfizetési automatizmus a károkozás elkerülésére ösztönöz.

A VISSZACSATOLÁS HIÁNYÁNAK VESZÉLYE

Az egész rendszert csak a visszacsatolásokkal együtt szabad bevezetni ($\mathbf{d'r'} = \mathbf{br}$), mert különben úgy járunk, mint eredetileg a láthatatlan kézben bízva: még ösztönözné is az erőforrások felélését, ha azt még külön díjazná is a rendszer. Ezt a visszacsatolást még tovább erősíthetik az 5.1. táblázatban a vissza nem forgatott erőforrások oszlopa (**c**, a körforgásos gazdaság indikátora), illetve a reziliens működéshez szükséges erőforrások sorai ($\mathbf{r'}$). Ehhez csatlakoztatva a természeti erőforrások amortizációjának a sorát ($\mathbf{d'r'}$) biztosíthatjuk a beruházási forrást (**br**), és így ténylegesen vissza lehet forgatni a képződő jövedelmek szükséges részét a természeti erőforrások helyreállítására, növelésére, azaz Gaia regenerálására.

Itt is érdemes felkészülési időszakot hagyni az innovációk számára (5.12. doboz), hogy a legjobb eredményt érjük el. A fejlett tudományos-technológiai rendszereink rövid idő alatt is jelentős eredményekre képesek. Például Vunnava és Singh (2021) beszámolnak arról, hogy Illinois államban a szójabab héjmaradványának újrahasznosítási aránya több mint 99%-os, ami annak a fejlesztésnek az eredménye, ami a hulladék csökkentésére irányult.

5.3.9. A lehetőségekhez való alkalmazkodás

A kialakított rendszer működésénél érdemes észrevennünk, hogy a természet felé továbbra is mi szabjuk meg az anyagigényünket, és ez vezet az adott természeti erőforrás hiányához. Így annak a bővítésére irányuló próbálkozás (**br** oszlop) nem járhat feltétlen sikerrel. Másképpen: a fejezet bevezetésében rávilágítottunk, hogy a jelenlegi technológiai felépítményünk az erőforrások szűkösségét idézi elő, mivel az inputokhoz való alkalmazkodásról áttértünk az outputok, azaz a mi általunk meghatározott igények szerinti gazdaságra. Arra pedig hiába kérjük a természetet, hogy úgy alakítsa ki a rendszerét, hogy például több gallium legyen. Bár elsőre úgy tűnhet, hogy ismét az emberi igények és a természet rendje között feszül ellentmondás, valójában ma már jóval több lehetőség áll rendelkezésünkre a probléma megoldására. Ennek a bemutatására először nézzük meg azt, hogy Kuba hogyan oldotta meg a problémát, azaz hogyan váltott ismét az inputoldali alkalmazkodásra, amikor kiesett a rendszeréből egy kulcsfontosságú input, a kőolaj. A megoldásaival jelentősen csökkentette a szennyezés mértékét is ($\mathbf{d'r'}$). A problémát, azt, hogy milyen gondokat okozott az olajhiány az egész ellátási rendszerben, az ipari termelésben, a közlekedésben és az élelmiszer-ellátásban, már láttuk a 4.7. dobozban. Ennél most fontosabb számunkra az ebből való kilábalás (5.4. doboz).

5.4. DOBOZ
KUBA: AZ OLAJHIÁNYRA ADOTT VÁLASZOK

D

A problémákra adott válaszok nagyrészt a kékgazdaság szemléletét tükrözték azzal, hogy a természetet hívták segítségül. Roberto Sanchez, aki a válságkezelés egyik irányítója volt, úgy fogalmazott, hogy a természeti ciklusokat követve a természet dolgozik helyettük, és nem ők dolgoznak a természet ellen, mivel az hatalmas energiákat emésztene fel. Emellett azonban igen erős volt a jövedelemtermelési kényszer, ahol a természet nem élvezett elsőbbséget. A bányászatot ismét felfejlesztették, és a turizmusba is hatalmas befektetéseket eszközöltek, de anélkül, hogy annak a megfelelő környezeti hátterét biztosították volna.

Élelmezés
A legnagyobb problémát az élelmezés okozta, ami – kalóriában – a harmadával esett vissza. A kulcstényező a föld kérdése volt, hiszen az élelmiszerellátás megteremtéséhez földre, vízre és dolgozókra volt szükség. A földek jelentős része állami tulajdonban volt, ezért a kormány azonnal tudott élni azzal a lehetőséggel, hogy földet adott élelmiszer-termelésre. Ebben a helyzetben előnyt jelentett, hogy erős központi kormányzás volt Kubában, amely életképes megoldást tett lehetővé az adott helyzetre. A vezetés nem akadályozta az emberek tenni akarását, sőt segítette azt összehangolt kormányzati intézkedésekkel. Egy túlélésre berendezkedett gazdasági rendszert vezettek be 1990–2000 között, amit „special period"-nak hívnak (Wolfe 2004).

Közlekedés
A közlekedésre is jelentős hatása volt az üzemanyaghiánynak; az akkumulátorok és a tartalék alkatrészek hiányával együtt ez különös kihívást jelentett. A vasutakra különösen nagy teher hárult. Az állam itt is segített: támogatta a lakóhelyhez közelebbi munkavállalást olyan formában is, hogy kiegészítette a dolgozók fizetését az eredeti szintre, ha valakit a munkahelyváltás kedvezőtlenül érintett. Új közlekedési formákat vezettek be, pl. Camellókat, amelyek kamionvázra épített buszok, 220 fő szállítására alkalmasak, illetve forgalomba állítottak állati erővel vontatott buszokat. Bevezették az autóstoppolást („amarillók" segítették ezt a nagyobb kereszteződésekben), és segítették az alternatív üzemanyagok használatát (Enoch és mtsai 2004).

Energia
Energiaellátását tekintve Kuba a karibi térségben – kényszerűségből – élenjáróvá vált a megújuló energiák használatában. Elterjedtek a független napelemes rendszerek és a biogáztelepek, a vízenergia, a szélenergia felhasználása. Szabályozásokat hoztak a vidéki megújulóenergia-használat támogatására, hangsúlyosan a szigetrendszerű megújulóenergia-termelésre. 1993-ban hozzákezdtek

a helyi energiatermelés bővítéséhez, az iskolák, kórházak, orvosi rendelők és közösségi központok villamos energiával történő ellátásához, különös tekintettel a legszegényebb, legizoláltabb helyekre. A klímaváltozás hatásait is ezzel szándékoztak enyhíteni (Cherni és Hill 2009).

A foglalkoztatás növelése, „főáramú" megoldások

A megélhetés és a jövedelemtermelés minimális szintjének biztosítása érdekében minden olyan lehetőséget meg kellett ragadni, ami bevételhez juttatta az országot, az embereket. A jövedelemtermelés kikényszerítette két környezetszennyező ágazat fejlesztését: a turizmusét és a bányászatét. A turizmus esetén lehetőség van a környezeti károk jelentős részének megelőzésére, amit nem tettek meg: Az 1990-től 1996-ig terjedő időszakban anélkül növelték a tengerparti létesítmények számát 167-ről 237-re, hogy a hozzátartozó infrastruktúrát megfelelően telepítették volna, de a turizmus 2,6 milliárd dollár körüli összeggel járult hozzá 2005-ben a GDP-hez. A bányászat által okozott károk nehezebben megelőzhetők, így az erdőirtással és a talajminőség romlásával járt (Maal-Bared 2006). A fő exportcikk a nikkel, amiből Kubában van a világ második legnagyobb készlete. A hagyományos mezőgazdasági termékekből a cukor és a dohánytermékek maradtak fő exportcikkek. Az egészségügy is jelentős bevételt generált: a gyógyszerek és a kiemelkedően jó orvosi ellátás fontos bevételtermelő termékek/szolgáltatások. Venezuelának az olajért cserébe Kuba orvosi ellátást biztosított. A kiváló oktatási háttérnek köszönhetően a biotechnológiai iparág is jelentős és nemzetközileg elismert (Artuso 2002). Fontos ismét hangsúlyozni, hogy a nagy bevételtermelő iparágak mellett, ezzel párhuzamosan a kis léptékű, munkaerő-igényes, lokális gazdaságfejlesztést is támogatták.

A közösségi infrastruktúra

A technológia és az intézményrendszer biztosítja, hogy az igen alacsony jövedelemszint ellenére is kielégítő maradjon a vidéki területeken az egészségügyi ellátás, a lakhatási lehetőségek, az oktatási rendszer és az energiaellátás. Kuba példát mutatott arra, hogy ha nem kizárólagosan szakmai, pénzügyi szempontok, hanem komplex társadalmi és környezeti programok alapján döntenek, akkor el lehet érni a jóllét valóságos és érzékelhető növelését (Cherni és Hill 2009).

A válságkezelés egyik legfontosabb eleme a közösségi tényező volt, az emberek közötti összetartás, ami nagyban hozzájárult a fejlődésükhöz és egészségükhöz. A – szintén energiafüggő – közlekedés megoldatlansága miatt az egyik ökológiai alapelv, a decentralizáltság erős prioritást kapott. Decentralizálták az ellátást: vidékre települt az orvosi ellátás és a felsőoktatás is. Továbbra is ingyenes maradt az oktatás. Az oktatási rendszerük a nehézségek ellenére is kiváló színvonalú, vidéken is: nincs szignifikáns különbség a vidéki és városi területeken élők tanulmányi eredményei között (Unesco 2004). A kimagasló

eredményeket a megfelelő szociális háttér, a pedagógusok magas fokú felkészültsége (tudatos, tervezett felkészítése) és az oktatás ellenőrzése biztosítja (Carnoy 2007).

Az egészségügyi ellátás is ingyenes maradt, ami segítette a túlélést, növelte az emberek biztonságérzetét, és biztosította az alapvető orvosi ellátást (Choe 2007). A vidék önkormányzatainak tulajdonában volt az egészségügyi intézmények 93%-a, és az egy orvosra jutó betegek száma kevesebb volt, mint az USA-ban. Nem tudták azonban az orvosi infrastruktúrát – benne minden szükséges gyógyszert – biztosítani, karbantartani, korszerűsíteni. Ezért ismét a természethez fordultak: az orvosok a gyógyszerhiány miatt gyógynövényeket kezdtek alkalmazni (Maal-Bared 2006).

Mit tanulhatunk a példából, és hogyan alkalmazzuk a kikényszerített megoldásokat a kiegészített GDP segítségével? Az egyik alapvető különbség az, hogy elkülönítjük a Max Neef-i értelemben vett szükségleteket (a) a vágyaktól (p). A kiegészített GDP mátrixában az igényeket szétválasztjuk alap- és többletigényekre (szükségletekre és vágyakra), amit a természetre vonatkozóan is megjelenítünk. Kubában a cél egyértelműen az alapszükségletekre irányult. Mindezt úgy kellett megoldaniuk, hogy figyelniük kellett arra: mit kaphatnak a természettől (a kiegészített GDP-nél: az **i'a'** nem haladhatta meg az **r'**-t). Már utaltunk arra, hogy a Max-Neef-féle alapkategóriák mellett az MDG- és SDG-célrendszerek is segíthetnek a szükségleteknek a vágyaktól való elkülönítésében. Ezenkívül számos további szakirodalom is foglalkozik ezzel. Maslow (1970) elmélete talán a legismertebb, aki hierarchikus rendbe állította az emberi szükségleteket. A gazdasági alrendszer elengedhetetlen kategóriái Fairbraine szerint az élelmiszer-termelés és -feldolgozás, az építőipar, az olyan tőkejavak, mint úthálózat, víz- és csatornarendszer, valamint bútoripar és hagyományos kézművesség (Fairbraine in Kakazu 1994: 44). Ezeket a tételeket mindenképpen ki kell egészítenünk az energiatermeléssel.

A másik különbség az, hogy most látszik, hol áll rendelkezésre többlet a természet részéről, és mivel tudjuk pótolni a kieső, hagyományos termelési lehetőségeket.

A TERMÉSZETIDEGEN MEGOLDÁSOK VESZÉLYE

Az emberi gondolkodásunk velejárója, hogy ha többletet látunk, akkor azzal hiányt akarunk pótolni, és nem járunk utána, hogy az jó megoldás-e. Élő rendszereknél a természetnek megvannak a kialakult, alaposan tesztelt mechanizmusai, amire a táplálékklánc nagyon jó példa. A tehén pl. nem eszik húst, és ha azzal etetjük (mondjuk halliszt formájában), az könnyen betegséghez vezethet (pl. kergemarhakór).

A kiegészített GDP modellje segítségével a társadalom újrailleszkedhet abba a természetes körforgásba, amelyből a jelenlegi gazdasági logika kiszakította.

5.3.10. Energiagazdálkodás a természet ritmusában

Az energiaigény kielégítésének megoldásához nem látszik áttörést jelentő megoldás. A természet a saját energiaigényét az örök forrásból, a Napból származó energiával, fotoszintézis útján fedezi, de az embernek nincsenek ilyen frappáns megoldásai. Egyáltalán nem azt kellene vizsgálni, hogy hogyan biztosítjuk a növekvő gazdaságunk számára a növekvő energiaigényt: ennek rövid távon még van értelme, de hosszabb távon kevéssé. Látjuk, hogy az zsákutca, még a csökkenő energiaigények esetén is (5.2.1. fejezet vége), mivel növeli az anyagkitermelést, és ezáltal tönkretesszük a bolygót (4.12. ábra). Ha feltalálnánk az ingyen energiát, az még rosszabb lenne, mert még az energiaforrások szűkössége sem korlátozná a növekedést. Az energiakérdés csak másodsorban energiakérdés, elsősorban a gazdasági felépítményünk kérdése. Azt pedig egy paradigmaváltással (B_2) lehet csak a megváltoztatni a megfelelő irányba, amihez a kiegészített GDP módszertana jó eszköznek tűnik (ami egyébként csak egy B_5-ös megoldás, mutatván a szabályrendszer erősségét).

Addig is, rövid távon, üzemeltetnünk kell a jelenlegi rendszereinket. Három területet vázolunk fel, ahol az energiaigény enyhítése jöhet szóba. Ezek hatása a késleltetés lehet (B_9 beavatkozási pont), tehát igen csekély mértékű rendszermódosító hatásuk van.

(1) Az energiaigény csökkentése. Erre számos lehetőség kínálkozik. A természeti rendszerek termelőképességének előtérbe helyezésével sokkal kevesebb fosszilis energia kell, mert a víz- és tápanyagellátást a természet – legalább részben – maga biztosítja. Ha csak azt nézzük, hogy a mezőgazdaság mennyi műtrágyát, és ezzel mennyi fosszilis energiát használ, illetve mennyi édesvizet szán a termelésre, akkor látjuk a megtakarítható mennyiséget is a biogazdaságok általánossá válásával (5.6. doboz). A termékek szállítási útvonalának jelentős lerövidítése további üzemanyag-megtakarítást eredményez. A főáramú gazdaság jelentős kutatási potenciált fordít energiatakarékosabb technológiák kifejlesztésére (pl. precíziós technológiákra), ezért itt is várható megtakarítás. A kiegészített GDP alkalmazása csökkentheti a növekedés exponenciális jellegét, ami arra lehet jó, hogy legalább a sebességet visszafogjuk.

(2) A gravitáció használata. Itt is jelentős kutatások folynak, amelyek közül az alábbi energetikai megoldást azért emeljük ki, mert hozzájárul egy sziget energia- és élelmiszer-önellátásához: az energiarendszer a sziget élelmiszer-termelésének is az alapja, és így különösen ígéretes megoldás lehet. Az 5.5. doboz mutatja be El Hierro energiarendszerét.

D

5.5. DOBOZ
EL HIERRO ENERGETIKAI RENDSZERE

El Hierro Európa legdélibb szigete, 11 000 lakossal, ahol egy, az energiarendszeren alapuló komplex önellátási rendszer került kialakításra. A tengerből veszik a vizet, és sótalanítják. Amikor van felesleges energia a rendszerben, akkor felszivattyúzzák a vizet egy magasan lévő szigetelt krátertóba, ahonnan a szűrt, tisztított víz lefolyik egy alsó tóba, miközben elektromos áramot termel. Az 5.3. ábrán látható a két tó, és az azokat összekötő csővezeték.



5.2. ábra: A gravitációs energia használata
Forrás: saját felvételek

Napelemeket és szélturbinákat is használnak elektromos áram termelésére. Az energiahiányt gázturbinás energiatermelő berendezéssel fedezik. Az egyes energiaforrások nem közvetlenül a generátort hajtják meg, hanem egy lendkereket, ami aztán a generátort üzemelteti. Ez azzal az előnnyel jár, hogy körülbelül 5 másodperces (vákuumban hosszabb idejű) átállást biztosítanak az energiaforrások közötti váltásra. Az elektromos áram az autók töltésére is használható. Az elképzelés az, hogy egységes flottát vesznek, és egy központi akkutöltőt is beszerelnek, hogy cserélhetők legyenek az akkumulátorok. Az alsó tóból a vizet öntözésre és ivásra is használják, így az energiabiztonság megteremtésén felül biztosítják a sziget élelmiszer-biztonságát is. A rendszer végén tizenkét féle szelektív hulladékot gyűjtenek.

A gravitáció használatának még számos módja van, amelyeket igazán az adott hely ismeretében lehet kihasználni.

(3) Decentralizált megoldások. A kisebb települések számára megoldás a napelemek, szélkerekek, az erdőben keletkezett felesleges biomassza használata. Helyi megoldások mindig adódnak, így pl. üzemanyag nyerhető a fenyőfákból: a gyantából állítanak elő biodízelt (5.9. doboz), ezzel biztosítva a munkagépek működését. Felhasználhatók kisebb települések esetén a mezőgazdaságból származó melléktermékek is, feltéve, hogy nem veszélyeztetik a térség mezőgazdasági rendszereinek rezilienciáját. Vegyük példának az agroenergetikai parkok rendszerének elképzelését:[1] egy 1-2 MWe teljesítményű erőmű megtermel elegendő mennyiségű villamos energiát a környező intézmények, lakóházak, ipari létesítmények számára (vagy feladja a hálózatba). A hulladékhő hasznosítása is megoldható elviekben, és egy kisebb klaszter építhető az energiarendszer köré. Ez energetikai szempontból ideálisnak tekinthető, amennyiben nem a biomassza égetésével történik a villamos energia előállítása (bár ideiglenesen elfogadható ez a megoldás is). Fennáll annak a veszélye, hogy az agroenergetikai park domináns szerephez jut, és kihasználja a helyi energiaforrásokat annak érdekében, hogy minél nagyobb haszonra tegyen szert. Ennek elkerülése érdekében meg kell teremteni a kapcsolatot az eddigi rendszerből kimaradók és a decentralizált energiarendszerek között úgy, hogy a rendszerből eddig kimaradók energiaigényének a biztosítása után csak az így megmaradó energiaforrások kerüljenek a (decentralizált) erőművekbe.

Ezeken a megoldásokon kívül sok innováció is születik és fog is születni, amelyek jó helyi megoldásokat jelenthetnek. Ezek egyike a nagy teljesítményű homokakkumulátor,[2] amely normál, nem építési minőségű homokkal üzemel, és a nagyobb teljesítményű energiatermelés helyszínein tárolhatja az ideiglenesen felesleges energiát.

Összegzésként egy általános irányelv: ahol erre lehetőség van, ott az energiaszükséglet helyi erőforrásokból történő kielégítése a természettel összhangban történjen, annak hozadékából, vagy olyan módon, ami nem sérti az ökológiai rendszerek működését. Mivel az energiaforrások felhasználásának hatásairól igen keveset tudunk, ezért tartsuk be a sokféleség elvét, és mindenből – a természet által kínált lehetőségekre támaszkodva – keveset használjunk, hogy az esetleges károkozásunk is minél kisebb legyen.

5.3.11. Természetes pénzáramlás

Ebben a fejezetben először felvázolunk egy olyan megoldást, amely segítene abban, hogy a pénz természetes módon vegyen részt a társadalom életében. Lietaer és

[1] Az agroenergetikai parkok rendszerének javaslatát a PTE NKFP Biomassza-projektje (sic!) alapozta meg. Leírása több kéziratban is megtalálható, a szerzőnél hozzáférhető.

[2] https://www.energy-storage.news/worlds-first-large-scale-sand-battery-goes-online-in-finland/ (letöltve: 2025. március 15.)

munkatársai (2012) a könyvük VII. és VIII. fejezetét annak szentelték, hogy különböző magán- és állami megoldásokat mutassanak be a pénzrendszer diverzifikálására, redundánsabbá, reziliensebbé tételére. Ez elegendőnek tűnik a pénzrendszer reformjához; itt most – a Lietaer-könyvben nem szereplő – általános irányelvet mutatunk a pénz ideális működésére vonatkozóan, majd a helyi pénzt, annak szerepét ismertetjük röviden.

Az emberi testben a vérhálózatot tisztán és akadálymenten kell tartani ahhoz, hogy a test minden részében megfelelően el tudja látni a feladatát. A természetben a vízhálózat tölt be ehhez hasonló szerepet, ahogy azt a 4.4.1. fejezetben már érintettük. Ahhoz, hogy ezt a szerepét megfelelően be tudja tölteni, tisztán és akadálymentesen kell tartani. Így például – visszacsatolva az előző fejezethez – nagyon meg kell gondolni, hogy milyen formában használhatjuk egyáltalán villamos energia termelésére. A társadalomban a pénz tölt be hasonló szerepet, így ez esetben is biztosítani kell az akadálymentes áramlást, hogy az adott helyen be tudja tölteni a megfelelő funkcióját. Steiner elgondolása szerint a kamatnak fontos szerepe van, és hasznosnak tartja, mert segít abban, hogy a legjobb ötletek valósuljanak meg. Az innovációk megvalósításához szükséges pénzt hívja kölcsönpénznek. Ebből lesz az a pénz, ami először kerül kereskedelmi forgalomba. Itt már vásárlási pénzzé alakul, és végül a maradék pénz kivezetése a rendszerből az ajándékpénz révén valósul meg, ami a társadalom azon részéhez áramlik, ahol nem feladat és lehetőség a rövid távú megtérülés, ez a gyermeknevelés, gondozás, oktatás területe (Steiner 2012: 162–175).

A helyi pénz bevezetése lehetőséget ad arra, hogy – legalábbis részben – leváljunk a globális pénzügyi rendszerről, és olyan pótlólagos lehetőségekhez jussunk általa, amelyek kiegészítik a jelenlegi pénzrendszer működését. A helyi pénz legismertebb képviselője Gesell, akinek az elmélete alapján kialakítottak egy német pénznemet, amelynek neve: wära (Gesell munkásságáról lásd: Tóth 2016: 114–121). A pénz 1919-től 1931-ig működött, és végül rövid úton betiltották azzal, hogy már veszélyezteti a birodalmi valutát (Gesell 2004: 12–13).

A helyi pénzek közös jellemzője, hogy általában kényszerhelyzetből indulnak, amikor egy leromlott gazdasági helyzetben lévő térség keres valamilyen kiutat, túlélési lehetőséget. A bevezetés után a fennmaradt leírások a térség fellendüléséről, a munkanélküliség csökkenéséről, a gazdaság felvirágzásáról számolnak be. A helyi pénz sikerét látván a legtöbb esetben közbelépnek, hiszen elesnek a kamatbevételektől (az állam megkapja az adóbevételeit a helyi pénz esetén is). A legfontosabb közös jellemző, hogy a helyi pénz minden esetben kamatmentes. Az áttekintett leírásokban ez alól csak Guernsey szigetének pénze a kivétel, de ott is a kamat kizárólag az állam bevétele, közkiadásokra forgatják vissza, és ezzel csökkentik az egyéb adóterheket. Ebből következik, hogy tulajdonképpen itt is megtörténik a pénz kamatmentes visszaforgatása. Jó modell a Guernsey szigeti pénz, hiszen ott már 1817-től működtetik a helyi pénzt, ma is forgalomban van. Sokkal keresettebb a helyi font, mint a párhuzamosan forgalomban lévő brit bankjegy. A helyi polgárok szívesebben használják, mint a külföldi bankok által jelentősen kamatterhelt

hitelekből származó brit valutát. Infláció nincs (még ha technikailag ez is a pénz elértéktelenedését jelenti), az árak lényegesen alacsonyabbak, mint Nagy-Britanniában, az átlagjövedelem lényegesen magasabb. Lakosainak száma 2008-ban 65 870 volt, tehát jelentős létszámról van szó.

Sok helyen (mint a geselli alapmodell esetén is) a tartalékolt helyi pénzre adót vetnek ki a pénzforgalom élénkítése érdekében. Bázelben az 1935-ben létrehozott pénz esetén 0.001%-os adót vetettek ki naponta a napi egyenlegre (Dauncey 1988: 373). Egy mai példa a sok közül Magdeburgban az Urstromtaler,[3] a régión belül általánosan elfogadott fizetőeszköz, amelyet egy az egyben váltanak át euróra, és szintén veszít az értékéből. Erről, illetve még sok más helyi pénzről Dauncey (1988: 372–373) ad jó áttekintést, és részletesen ismerteti az 1983-ban elindított LETS helyi pénzrendszer működését is (Dauncey 1988: 68–89).

A helyi pénz jelentősen hozzájárulhat a régió autonóm fejlődéséhez. Tovább marad a helyi gazdaságban, és így nagyobb a helyi gazdaságot élénkítő hatása (helyi multiplikátorhatás, lásd pl. Sacks 2002). Rendkívüli fontossággal bírna egy olyan helyipénz-rendszer kiépítése, amely a jelenlegi rendszernél lényegesen hatékonyabban segíthetné a 70–200 ezres lakosságú regionális központok energia- és élelmiszerellátását. Egy ilyen regionális helyi pénz működtetése a régió ellátási rendszerének egyik kulcsproblémájára jelenthetne megoldást, azaz a helyi lakosok helyitermék-vásárlási hajlandóságára. A probléma a közösség- és bizalomhiányos társadalom, ahol – a fokozatosság elvét követve – előbb a kisebb közösségekben alakulhat ki az a bizalomszint, amely az ilyen pénzrendszerek működtetéséhez szükséges. A helyi pénz működését olyan szintig lehetne fejleszteni, hogy a közösségek alapszinten üzemeltetni tudják a gazdasági rendszereiket, és ezáltal elérjenek egy ellátásbiztonságot.

A következő fejezetben a természet hozzáadottérték-termelő képességének további bővítési lehetőségeit vizsgáljuk meg.

5.4. A TERMÉSZET „HOZZÁADOTT ÉRTÉK" SORÁNAK NÖVELÉSE, AVAGY HAGYJUK A TERMÉSZETET KIBONTAKOZNI

Ott tartunk, hogy bizonyítsuk: a természet „hozzáadott érték" sora olyan mértékben bővíthető, hogy az nemcsak fedezi a jövő GDP-növekményét, hanem még túl is szárnyalhatja. A fejezetcímet elolvasva azonban rájöhetünk, hogy az egész történet eddigi tárgyalási hangneme bizony nagyon is főáramú megközelítés. A természet – csupán egy sor egy ÁKM-ben? Ez már annyira gépies, mintha maga is mesterséges intelligencia lenne. Vegyünk egy példát: esett tíz cm eső. Ebbe a kiegészített GDP-be is annyi fér bele, hogy 10 cm eső (ráadásul pénzértékben kifejezve). Ha átfuttatjuk a rezilienciaszámításhoz használt természeti ÁKM-en, rögtön megkapjuk

[3] http://news.bbc.co.uk/2/hi/europe/6333063.stm (Letöltve: 2025. március. 6.)

a számokat (ismét csak számokat), amelyek megmutatják, hogyan hat mindez az ökológiai rendszerek rezilienciájára. Tegyünk egy kísérletet, kérjük meg az MI-t, hogy tegye fel az 5D-s szemüveget, és mondja el, hogy érezheti magát a természet 10 cm eső után. Itt a szó szerinti válasza:

„Az eső elállt. A cseppek még lomhán peregnek le a levelek széléről, mint megkésett gondolatok. A föld mély lélegzetet vesz – az illata nehéz és eleven, mintha az élet újraindult volna. A por leülepedett, a levegő megtisztult. Nincs többé zúgás, csak a víz halk utórezgései: csobbanás egy tócsa közepén, neszek a fűben, ahogy egy-egy hangya újra nekivág a világának.

A fák – mintha mosolyognának. Ágaik már nem feszülnek a szárazságtól, leveleik élénkebbek, nedvdúsabbak, mint korábban. A fű halk zöld nyelven suttog, a virágok kinyitják újra szirmaikat, és mintha mindannyian azt mondanák: »Végre«.

A madarak is visszatérnek. Először csak egy-egy hang próbálkozik, aztán újra felépül a dallam: nem harsány, inkább örömteli és megkönnyebbült. Mintha minden élőlény – a gilisztától a nyúlcipőn át a tölgyfáig – egy közös sóhajt engedett volna ki: »Élek«.

És ahogy a nap fénye áttör a felhőkön, apró gyöngyök szikráznak a világ peremén. Minden nedves, minden friss, minden újrakezdhető."

Arra is megkértem, hogy sokkal prózaibban, csak arra válaszoljon, milyen hatása van 10 cm esőnek a természetre? Ez a válasz:

„Tíz centiméter eső – egy kiadós, bőséges csapadékhullás, ami sokkal több, mint egyszerűen »esik az eső«. A természet számára ez egy esemény: mélyreható, élénkítő és olykor átrendező erejű.

A talaj mélyéig átnedvesedik. Az elapadt gyökerek újra kapcsolatba kerülnek a vízzel, a növények felszívják az éltető nedvességet, amitől sejtjeik megfeszülnek, szöveteik újra rugalmasak lesznek. A kiszáradt fű zöldülni kezd, a levelek élénkebb színt kapnak – a táj szó szerint fellélegzik.

A mikroorganizmusok és talajlakók felélednek. Az addig nyugalomban lévő baktériumok, gombák és apró élőlények újra működésbe lépnek, beindítva azokat a lebontási és tápanyagkörforgási folyamatokat, amelyektől a növények egészségesek maradnak. A giliszták például feljönnek a felszín közelébe, átjárhatóbbá téve a talajt.

A víz összegyűlik – és továbbindul. A felszíni vizek megnőnek: a patakok újra csobogni kezdenek, a kiszáradt vízmosásokban újra mozgás van. A víz nemcsak áztat, hanem formál is – ha sok eső rövid idő alatt esik, akár lefolyást, eróziót is okozhat, különösen kopár vagy városiasított területeken.

Az állatok is reagálnak. A békák kuruttyolni kezdenek, a madarak fürdenek a tocsogókban, a rovarvilág pedig pezsegni kezd – főként a szúnyogok, akiknek a lárvái ilyenkor gyorsan kikelhetnek. A nagyobb emlősök friss nyomokat

hagynak a puha talajon – és új legelőkhöz juthatnak, ahogy a növényzet újra megerősödik."

Ez a válasz már szépen követi a természet input-output táblázatának rendszerszemléletű folyamatstruktúráját is – mindezt továbbra is 5D-ben. Ezeket a válaszokat sokféleképpen tovább lehet gondolni, de itt most szorítkozzunk a könyv mondanivalójára: a kérdések feltevésén sok minden múlik. Az első esetben maga a kérdés is 5D-s volt – ennek megfelelően érkezett meg az 5D-s válasz. A második kérdés már hiába tűnik kevésbé 5D-snek, de a tanulási folyamat eredményeképpen a válaszon már látszik, hogy az MI nem tette le a szemüvegét. Az is az 5D-s szemüveg eredménye, hogy kiegészített GDP-t számolunk, és ott helyet adunk a természet hozzáadott értékének. Így nyugodtan maradhatunk a megszokott tárgyalásmódunknál, mert közben tudatában vagyunk annak, hogy az már az 5D-s szemüvegünk eredménye.

Ez az alfejezet további lehetőséget tár fel az átállásra. Itt mutatjuk meg, hogy:

(a) A természetben bőség van – feltéve, ha észrevesszük: jelenlegi technológiai felépítményünk szükségszerűen szűkösséghez vezet, mert mi szabjuk meg a feltételeket.
(b) Még a jelenlegi, szűkösségre épülő megoldásaink mellett is hatalmas lehetőségeink vannak.

5.4.1. Az ember és a természet által hozzáadott értékek aránya (EROI)

Az EROI fogalmát a 4.4.2. fejezetben ismertettük. A fosszilis energiaforrásokból való energiatermelés kapcsán vált hasznos elemzési eszközzé, mert megmutatja, mennyi energiabefektetés szükséges egy egységnyi kinyert energiához. Másképpen: milyen energiaráfordítással nyerjük ki a természet által kínált hozzáadott értéket? Így vizsgálva a fogalmat, maradva a szénbányászat mint külön ágazat példájánál, a kiegészített GDP „hozzáadott érték" sorainál vagyunk, és ezt a hányadost vizsgáljuk: a természet által hozzáadott érték osztva az ember által hozzáadott értékkel (EROI). Annyiban módosul az EROI-hoz képest az eredmény, hogy a befektetett energiában már a természet által szolgáltatott energia is megjelenik. A szénbányászatban például feltételezhetjük, hogy a kibányászott szén által üzemeltett áramtermelő berendezés szolgáltatja a működtetéshez szükséges energiát.

Az élő rendszerek esetén (erdő-, mező-, vadgazdaság) ugyancsak energiában is kifejezhető rendszerekkel foglalkozunk; az EROI szellemében kiszámolt mutató rávilágíthat arra, hogy milyen ráfordítással (munka, technológia, infrastruktúra) érjük el a természet hozzáadott értékének bevitelét az ellátórendszereinkbe. A mezőgazdaságnál ez a ráfordítás sok stockjellegű erőforrást is tartalmaz (kőolaj), amit a kiegészített GDP mátrixa alatt felsorolt természetierőforrás-struktúra alapján könnyen nyomon követhetünk. A hagyományos GDP számításánál, ha a természet hozzáadott értéke nő, miközben az emberi befektetés csökken (ami egyébként

ideális lenne), a GDP is csökken. A kiegészített GDP azonban még növekedhet is. Melyek a legfontosabb ökológiai tényezők, ahol a természeti kapacitás bővítése érdemben növelheti a GDP-t? Három ilyen tényezőt vizsgálunk meg: a talaj, a víz és gazdasági szempontból az egyik legstabilabb termelési lehetőség, az erdő, azaz az erdőkertek.

5.4.2. A mezőgazdaság újrahangolása: A természetes termőképesség visszanyerése

A modern mezőgazdaság egyik legmeghatározóbb hozzájárulása a jelenlegi állapotok kialakulásához a zöldforradalom volt. „*A zöld forradalomnak [sic!] nevezett folyamat a mezőgazdaság iparosításának felel meg. Hibrid vetőmagokkal, új növényfajtákkal, rendszeres öntözéssel, gépesített talajműveléssel, műtrágyázással, vegyszeres növényvédelemmel a világ gabonatermelése kb. a három és félszeresére nőtt.*" (Végh 2004: 17). A zöldforradalmat megelőző mezőgazdaság EROI-ja még 13-14-szeres volt, ami a zöldforradalom következtében 3-4-szeresre esett vissza, amit még a biogazdálkodás is legfeljebb 6-9-szeresre tudott növelni (Kiss 2005). Folyamatosan csökkentjük a természet hozzáadott értékének a hagyományosan élelmiszer-termelésre fordított részét (mondhatjuk, hogy ki akarjuk venni a természet kezéből az élelmiszer-termelést). Átcsoportosítjuk a természet más hozzáadott értékeit (készletszerű tartalékok [stock], pl. a kőolaj) erre a területre. Ezzel a termés-eredmények növelését érjük el, a következő módon:

(a) Természetidegen módon tesszük ezt, felborítva a természet hagyományos termelési struktúráját,
(b) Olyan erőforrásokat csoportosítunk át, amelyek a természet helyhez kötött termeléséhez nem illenek, mivel az erőforrások megszűnésével (támogatás, ez esetben kőolaj, ami Kubában meg is feleződött) a termésmennyiség azonnal csökken,
(c) A döntést kizárólag emberi tényezők motiválják, amivel tönkreteszik a természet saját hozzáadottérték-termelését.

Ezt a folyamatot fordítják vissza a termőképesség regenerálásával az alábbi példák. Ezekből látjuk majd, hogy baj esetén lehet a természetet regenerálni, ezáltal növelhető a kiegészített GDP-nek a természeti „hozzáadott érték" sora, amivel sok esetben jobb eredményeket érhetünk el. Erre jó példa az 5.6. és az 5.7. doboz, ahol a mezőgazdasági ágazat regenerálására kapunk megoldást. Ezzel nemcsak a mezőgazdasági termelést regeneráljuk, hanem egyúttal hozzájárulhatunk az élelmiszer- és energiabiztonság megteremtéséhez, de több más alapszükséglet kielégítéséhez is, például a lakhatáshoz (erdők). Az 5.6. doboz a hagyományosnak mondható organikus és biogazdálkodásról szól, majd az 5.7. dobozban egy speciális, de igen informatív alkalmazást mutatunk be.

5.6. DOBOZ
ORGANIKUS GAZDÁLKODÁS

D

A bio-, öko- és organikus gazdálkodás kifejezések különböző országokban ugyanarra a fogalomra utalnak. Az élelmiszer- és takarmányszükségleteinket a föld termőképességének helyreállításával, a fosszilis energiák hosszabb távú, mind teljesebb kizárásával oldjuk meg. Ez részben kényszer is, hiszen a földet károsító vegyszerek többnyire a „korlátlanul rendelkezésre álló" fosszilis erőforrások következményei. Az organikus, illetve biogazdálkodás azonban már most is lehet olyan hatékony, mint a zöldforradalommal elindított ipari mezőgazdaság (Badgley és mtsai 2007). A gazdálkodás esetén különösen fontos, hogy tevékenységével ne terhelje túl a környezetet a szükségesnél nagyobb mértékben. Ez a fajta gazdálkodás világszerte egyre népszerűbb és keresettebb gazdálkodási forma. Az élelmiszer-minőség javításában jelentős szerepet szánnak ennek a gazdálkodási módnak a jövő Európájában. Az organikus gazdálkodás lényege a vegyszermentesség, a természeti környezettel való harmonikus együttműködés, ezért ez a fajta gazdálkodási mód szervesen épül rá a természeti ökológiai hálózatra. Az önellátást ezen a szinten Steiner szükségszerűnek tartja: „*Mert természetesen úgy kell berendeznünk a gazdaságot, hogy önfenntartó legyen. Annyi, és olyan fajú állatot kell tartanunk, hogy elegendő és megfelelő legyen a trágya. És arra is figyelnünk kell, hogy olyat vessünk, amit a tartani kívánt állat szívesen fogyaszt, amit ösztöneinek engedve keres*" (Steiner 1924: 165). A talaj minőségének fenntartása, sőt javítása az egyik alaptényező ezekben a gazdaságokban. Kétséges, hogy leromlott, beteg talajon előállítható-e egészséges élelmiszer. Kérdéses az is, hogy olyan gazdálkodással, amely mesterséges szerekkel folyamatosan túlteljesítésre ösztönzi a földet, fenntartható-e a talaj megfelelő minősége?

A biodinamikus gazdálkodás nyolcvan éves múltjával a legrégebbi és legkomplexebb ökológiai gazdálkodási mód (Steiner 1924). Az ökológiai elveket tovább követve a gyakorlatban is megvalósítható megoldásokat kínál, melyek a problémákat a keletkezésük gyökerénél oldja meg. A növények, valamint a humuszképződés és -regeneráció homeopatikus kezelésével és a kronobiológiai ritmusok messzemenő figyelembevételével jelentős nemzetgazdasági előnyök érhetők el. Az alkalmazott biodinamikus gazdálkodási módok nemcsak a terület ökológiai egyensúlyának megőrzését teszik lehetővé, hanem a már valami miatt sérült területek regenerációja is lehetséges. Minden használt szer akár helyben is elkészíthető, csökkenti a gazdaságok és gazdák növényvédőszer-függését is, így abból a költségspirálból való kiszabadulást is lehetővé teszi, amely a mai konvencionális mezőgazdaságot egyfajta ördögi körben tartja. Az elterjedtségük a környezet és a gazdaság harmonikus együttműködési szintjének jó indikátora lehet.

A könyv korábbi fejezeteiben is többször szó esett a permakultúráról (permaculture –permanent agriculture), amely az ökológiai elveknek teljes mértékben megfelelő gazdálkodási forma. Mollison (1981) összefoglalja az alapelveket. A permakultúra etikai és gyakorlati alapelvei a természet mintázataiból és működéséből indulnak ki, célja pedig olyan ökológiai rendszerek kialakítása, amelyek fenntarthatók, önszabályozók és regeneratív működésűek. Kiemelt szerepet kap a vízmegőrzés és -hasznosítás, a talajélet helyreállítása, a szél- és napenergia passzív hasznosítása, valamint a növények, állatok és mikroorganizmusok közötti szimbiotikus kapcsolatok kialakítása. A rendszer alapja a diverzitás, az energiahatékonyság, a funkcionális kapcsolatok erősítése és a helyi, közösségi szinten is megvalósítható megoldások keresése. A természetes ökoszisztémák tanulmányozásával és mintázataik alkalmazásával az emberi rendszerek is úgy építhetők fel, hogy ne csupán fenntartsák a környezetet, hanem képesek legyenek annak regenerálására is. A permakultúra így nemcsak egy földhasználati technika, hanem egy etikai alapokon nyugvó világszemlélet is, amely az együttműködésre, a gondoskodásra és az ökológiai intelligenciára épít.

Különösen a permakultúránál figyelhető meg a korlátok figyelembevétele (ne használjuk túl a fenntartható módon rendelkezésünkre álló erőforrásokat [**r’**]). Hiába nő azonban az organikus termékek és termelők száma, a folyamat tartós javulásához szükség van megfelelő számú fogyasztóra is, itt azonban még van hova fejlődni. Továbbra is sok az olyan fogyasztó, aki ugyan motivált arra, hogy organikus termékeket fogyasszon, de mégsem teszi (például a szokásai miatt) (Mazhar és Zilahy 2025).

Gabe Brown (5.7. doboz) 2000 hektáros farmját több éven keresztül folyamatos katasztrófák sújtották, ami felemésztette az összes pénzét, ezért kénytelen volt a földjéhez fordulni segítségért: megpróbálta regenerálni annak termőképességét. Néhány egyszerű lépés kellett hozzá: elhagyta a szántást, és takarónövényeket alkalmazott a tápanyag-utánpótlás érdekében. Később lehetősége nyílt a diverzitás fokozására is, így a termékportfóliója már sokféle növényt és állatot is tartalmaz. Másképpen: kénytelen volt a kiegészített GDP „hozzáadott érték” sorában eltolni az arányt a természet javára – mivel nem állt rendelkezésére műtrágya. Itt a szántás elhagyása különösen figyelemreméltó, és alátámasztja azt az elméletet, miszerint a szántással a talajéletet teszik tönkre. A talaj egy élő közeg: egy kávéskanálnyi, kiváló minőségű termőtalajban több száz millió élőlény lakozik, mind meghatározott céllal és feladattal. Az sem mindegy, hogy hol helyezkednek el, milyen számosságúak és milyen állapotban vannak. Ezt a szerves közeget borítjuk fel minden egyes szántással, és a talaj évekig azon dolgozik, hogy ezt a behatást helyrehozza.

5.7. DOBOZ
REGENERATÍV MEZŐGAZDASÁG

D

Hetesi és Kiss (2018) alapján

Világszerte számos térségben nagy jelentősége van a talajforgatás nélküli, takarásos művelésének. Az USA-ban számos farmon évtizedek óta alkalmazzák. Az ökológiai előnyökön túl a talajmozgatás elmaradása miatt a költségek is alacsonyabbak. Gabe Brown, az Észak-Dakota állambeli Burleigh megyéjében 2000 óta alkalmaz talajtakarásos, szántás nélküli művelést. A talaj szervesanyag-tartalma 1,7%-ról 11%-ra nőtt 2015-re. Mindez azt jelenti, hogy a gazdasága évente mintegy 25 tonna CO_2-t vont ki a légkörből hektáronként. A világ más részein végzett tartamkísérletek is igazolták, hogy évente 2-5 tonna CO_2 kivonása a legnehezebb körülmények között is lehetséges (Rodale Institute 2014).

Az egész évi csapadékmennyiség Burleigh megyében 380 mm átlagosan, de nagy ingadozásokkal. Ennek egy része hirtelen, egyszerre hullik; a tenyészidőszakban további 200–250 mm esik még. Ennek ellenére Gabe Brown földje képes arra, hogy:

- az egyszerre lehulló 345 mm csapadékot belvíz nélkül befogadja (míg a szomszédos földön 3 hétig volt belvíz),
- a mostoha körülmények dacára 80–110 q/ha a kukorica termésátlaga (összehasonlítás-képpen, hazánkban a kedvezőbb talaj- és éghajlati adottságai ellenére 70–80 q/ha kukoricatermés az általános).

Mindezt a megszokott művelési ráfordítás negyedével éri el. Ráadásul a termelt növényei kevesebb vegyszer és műtrágya felhasználásával termeszthetők (Tallman 2012). Ez nemcsak pénzügyi, hanem ökológiai szempontból is jelentős. Gabe Brown egy könyvben is leírta a történetét (Brown 2021).

5.1. Online tartalom: *Gabe Brown regeneratív mezőgazdasági módszere*
https://www.youtube.com/watch?v=QfTZ0rnowcc (Letöltve: 2025. március 10.)

Magyarországi körülmények között is bizonyított a módszer életképessége: Madarász és munkatársai (2025) húszéves tapasztalat alapján megerősítik azt a feltevést, miszerint a szántás nélküli művelés takarónövényekkel nagyobb jövedelmet biztosít, jobban tolerálja a szélsőséges időjárást, és növeli a talaj tápanyagtartalmát. A regeneratív mezőgazdaság példája nagyon fontos dologra világít rá, amit már az 5.1. fejezetben is hangsúlyoztunk: tudatosan fejleszthetjük a rendelkezésünkre álló erőforrásokat. Abban a fejezetben erre az IPAT-formulának az $A = I \div (P \times T)$ átalakításával hívtuk fel a figyelmet, az I növelésének a lehetőségével. Itt a farm természeti diverzitásának folytonos növelése hozza elő az újabb és újabb bevételi

forrásokat a természeti tőke állandó növelésével. Erre erős ösztönző lehet a kiegészített GDP-nél a károkozás esetén fizetendő, a regenerálásra fordítandó összeg (**br**) azonnali fizetési kényszere: ne az ipari, hanem a természeti logika alapján bővítsük a termelésünket. A példa arra is rávilágít, hogy igenis létezik megfelelő növekedés (amit itt a diverzitás növelésével értek el), és ez akár korlátlannak is tekinthető, ha figyelembe vesszük: mennyi iparszerű mezőgazdasági területünk van, ahol az ilyen típusú növekedés megvalósítható.

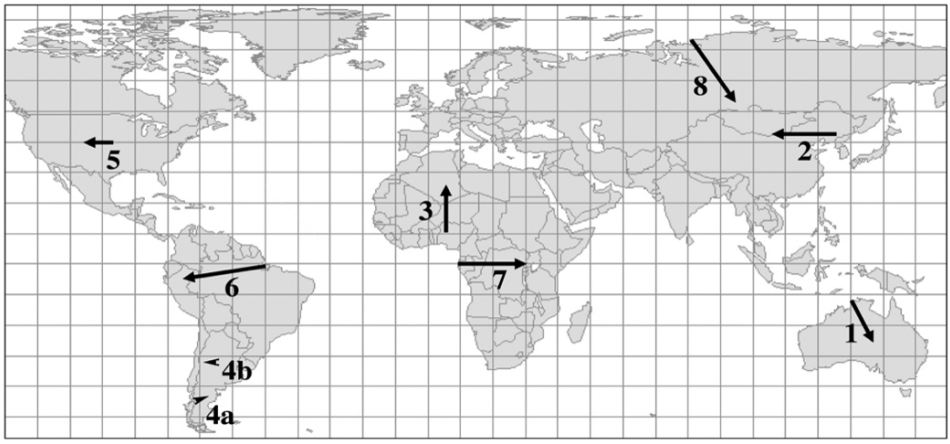
A hagyományos ökológiai bölcsesség alkalmazása is hozzásegíthet bennünket a mezőgazdasági területek regenerálásához, amiről Varga Anna (2023) írt tanulmányt. Egy hazai példa: A kiskertek talajmegújítására Gyulai Iván olyan eljárást dolgozott ki, amely megoldást kínál a gyomnövények problémája, és vegyszermentes termesztést tesz lehetővé. Az eljárás lényege, hogy a gyomnövényeket kartonpapírral többször le- és kitakarja, ezzel a gyomnövények felélik a gyökereik tápanyagát, végleges letakarással pedig elpusztulnak. Ezután a területet vastagon meghintik almos trágyával (azaz trágyával és szalmával). Ez tavaszra megérik és gazdag televényfölddé alakul. Jelentős mikrobiális élet jön létre benne. A felszínét szalmával letakarva megtartja a nedvességet. Ebbe vetik a magokat és ültetik a palántákat, csekély mélységben, majd szalmával visszatakarják a vetőgödröt. A szerves anyag pótlására minden évben hoznak trágyát és szalmát. Az eljárás lényege hasonlít a szántóföldi változathoz: a talajforgatás nélküli, élő talajt támogató módszer hatására nő a humusztartalom, a kialakult talajszerkezet megköti a nedvességet, és gazdag talajéletet biztosít; a tápanyagok elérhetők és a növények számára könnyen felvehetők (Hetesi és Kiss 2018).

A fenti esetekben érdemes észrevenni, hogy ha a természet által biztosított vizet a talaj segítségével úgy el tudják raktározni, hogy nem kell öntözés, akkor jelentős édesvíz- és energiamegtakarítás érhető el. Ez azonnal felvet egy újabb kérdést: és ha még így sincs elég víz? Ez gyakori probléma a klímaváltozás hatásainak intenzívebbé válása óta. Ezzel áttérünk a másik kritikus tényezőre, a víz problémájára.

5.4.3. A víz visszafordítása: Erdők, tájak és a kistáji vízkörforgás újjászervezése

Ahány ország, annyi földrajzi helyzet, vízgazdálkodási stratégia és probléma veszélyeztetheti a vízellátást. Nagy jelentőségű Makarieva és Gorshkov (2007) felfedezése arról, hogy az erdők képesek a víz szállítására (5.3. ábra).

Az óceánoktól a szárazföld belseje felé a víz – pontosabban nedvesség – a folyamatos erdőborításon keresztül mozog befelé: egyes helyeken egyre több lesz belőle. Amazonas (6), a Kongó (7) vagy a Jenyiszej (8) esetében a nedvességtartalom egyre nő, ahogy a szárazföld belseje felé haladunk. Azokon a területeken, ahol hiányzik a folyamatos erdőborítás, egyre kevesebb nedvesség marad. Ezek a területek a következők: Észak-Ausztrália (1), Észak-Kelet-Kína (2), Nyugat-Afrika (3), Argentína (4a és 4b) valamint Észak-Amerika (5).



5.3. ábra: Az erdők vízszállítási képessége
Forrás: Makarieva és Gorshkov (2007)

Ez nemcsak globális, de kisebb léptékekben is igaz: kistáji szinten is megfigyelhető a víz és az erdő közötti folyamatos kapcsolat hatása. Ennek feltárása a jövő feladata lehet. Olyan kisebb térségeket kell megfigyelnünk és azonosítanunk, ahol a víz körforgása – a biotikus pumpa jelensége – autopoietikus, önszerveződő módon működik. Az ilyen rendszerek modellezése (szimulációja) lehetővé teheti azoknak a helyeknek a vízellátását is, ahol ez a folytonosság hiányzik: láthatóvá válik, hogy mi, mennyi és honnan hiányzik. Szimuláció nélkül is javítható a helyzet, rendelkezésünkre áll minden: folyók, erdők, rétek, tudás. Kezdhetjük a kistáji vízkörforgás helyreállításával. Ehhez az egyes területek vízháztartását kell először is helyreállítani, amihez akár egyetlen gát áttörése is elegendő lehet. Ha több, szomszédos területen sikerül már megoldani a helyi vízellátást, akkor előbb-utóbb megindulhat a helyi csapadékképződés, azaz a kistáji vízkörforgás.

Még mielőtt csak a fizikai folyamatokat vennénk figyelembe – megtartjuk a vizet –, idézzük Molnár Gézát, aki igazi 5D-s gondolkodó volt: „*A folyó menti kistáj egyetlen eleme sem valami, ami csak úgy ott van. Sokkal több annál. A vizek, a fák és minden, ami a tájon él, legyen bár ember, lelkes vagy lelketlen állat, sajátos szerkezetbe épül.*" (Molnár, in Tanka 2014: 250). Ez a meglátás itt azért fontos, mert magában a víz nem elegendő: ahhoz, hogy a víz rendszerszerűen vissza tudjon kapcsolódni a körforgásba, mindaz szükséges, amit Molnár Géza a kistájról írt. Ha több ilyen kistájat kapcsolunk össze, akkor ez a hatás erősebb lesz, és ha esetleg elérünk vele egy nagyobb erdőséget is, akkor már stabilizálhatjuk az adott kistájat, kistérséget, régiót. A kistáji vízkörforgás újbóli megteremtése ismét a természeti tőke bővítését célozza meg, hasonlóan a regeneratív mezőgazdasághoz.

Az időszakos vízbőség problémáját régen a fokgazdálkodással oldották meg úgy, hogy a termelési kultúrák is igazodtak a csapadékbőségkor keletkező és kiárasztott vízre alapozva. Az ártéri fokgazdálkodás lényegét Andrásfalvy (2007) részletesen ismerteti. A legjobb víztároló a föld, és ezt ki is használták. A felesleges vizet

visszaengedték akkor, amikor az ár levonult. Ez a probléma a jövőben még élesebben fog jelentkezni, mert a klímaváltozás hatására a csapadék időben koncentráltabb lesz (Bartholy és mtsai 2008: 97). A fokgazdálkodás tönkretételét nagyban elősegítette a XIX. századi ipari fejlődés (3.4. doboz), de lehet számos, jobb megoldás is ennél. Azt a hagyományos fokgazdálkodást már vissza sem lehetne állítani (a régi alkalmazási helyeken már sokszor jelentős a szintkülönbség, és műtárgyak is vannak rajtuk), de az elv a lényeges, ami biztosíthatja a táj megfelelő vízellátottságát. A Borsodi Mezőség Tájvédelmi Körzetben („Kis-Hortobágy") az elvet már alkalmazzák a modern fokgazdálkodás első lépcsőjének bevezetésével (Bodnár és Sárvári 2006). Hogy ismét Molnár Gézát idézzük: „*Őseink évezredeken keresztül fenntartották a medence termékenységét. Amikor gazdálkodtak, a tájat is gazdagították, s mind többet és többet hagytak hátra utódaiknak*" (Molnár, in Tanka 2014: 268). Ebben a mondatban nemcsak az van benne, hogy helyreállítható az eredeti természeti reziliencia, hanem az is, hogy az ember képes arra, hogy még azon is fejlesszen. Ráadásul ma már sokkal fejlettebb eszközrendszerünk is van erre.

Bár ebben a könyvben nem foglalkozunk konkrét megtérülési számításokkal, azért itt hadd tegyünk egy nagyvonalú becslést (sokkal precízebb adatokra és módszerekre van szükség a megbízható számításokhoz). Amennyiben regeneratív földhasználatot (5.7. doboz) és fölösleges vizet megtartó vízgazdálkodást (pl. Andrásfalvy 2007) folytatunk, feltételezve 60%-os vízmegtakarítást mindkét esetben, úgy a 125 millió m^3 öntözésre használt vízből és a 353 millió m^3 halastavak feltöltésére szánt vízből (2019-es KSH-adatok) megtakarítható összesen 287 millió m^3 víz. Ez a szám várhatóan egyre nagyobb lehet, mivel nő az öntözési célú vízkivitel (igaz az adat a felszíni vizekre vonatkozik).[4] Ezenkívül, nagyon korszerű öntözési technikát használva,[5] legalább Paks áramtermelésének egy százalékát is meg lehetne spórolni (korszerűtlen technika esetén ez az arány magasabb). Mivel csak 110 000 hektárt öntözünk a kb. 4 millió szántóból, ezért a legjelentősebb javulás a jelenleg nem öntözött területeken várható, és az öntözött területeken sem számoltunk olyan negatív hatásokkal, mint pl. a talajerózió.

5.4.4. Az erdőkertek mint ökológiai modellek

Az erdők fontosságára itt most nem térünk ki részletesen, mivel a fejezet célja kifejezetten az erdőkert rövid ismertetése – de egy-két bevezető gondolatot azért érdemes megemlíteni. Az erdőktől függ a bolygó egészsége: lombozatuk oxigént termel, a napfényből cukrot állítanak elő, megkötik a szén-dioxidot, ezzel tisztítják a levegőt. Egyúttal a földi életformák gazdag genetikai tárát is jelentik – a szárazföldi állatok mintegy fele több mint harminc méterrel a fejünk fölött él. Ez az

[4] https://ksh.hu/s/kiadvanyok/fenntarthato-fejlodes-indikatorai-2023/3-12 (Letöltve: 2025. március 3.)

[5] https://agrarium7.hu/cikkek/457-ontozes-energiatakarekosan? 4. ábra alapján (Letöltve: 2025. március 3.)

összetett erdei gépezet önmagát szabályozza a változó klimatikus viszonyok között is (Lowman 2023: 16–17).

Az érintetlen erdők képesek saját mikroklímájuk szabályozására, és a fák kölcsönösen támogatják egymást a gyökér- és gombahálózataikon keresztül. Így még azok a fák is életben maradhatnak, amelyek kevésbé kedvező körülmények között nőnek. Az erdőket azonban számos veszély fenyegeti. Például a helytelen erdőgazdálkodás következtében sok „lyuk" keletkezik a lombkoronaszintben, ahol a fák nem tudják megszűrni a napsugarakat – ez gyorsabb felmelegedéshez és a levegő kiszáradásához vezet, felgyorsítva az erdők pusztulását (Wohlleben 2017: 176–177).

A klímaváltozás hatására őshonos erdeink északabbra vándorolnának, de ezt nem tudják megtenni, mert a földhasználat túlszabályozottsága miatt a számukra megfelelő területek már más célokra vannak lefoglalva (Wohlleben 2017: 178). Az erdők azonban még mindig a legalkalmasabb ökológiai rendszerek arra, hogy hosszú távon fenntartható feltételeket biztosítsanak a mezőgazdasági termeléshez is. Ezért nemcsak az egészségüket kellene megőriznünk megfelelő erdőgazdálkodási technikákkal – különösen a klímaváltozás okozta kihívások miatt –, hanem elő kellene segítenünk természetes terjeszkedésüket is, például a szomszédos területek erdősítési célú újrahasznosításával.

Ehhez azonban szükség van a megfelelő haszonvételi technikák ismeretére, amelyeket őseink még jól ismertek. Andrásfalvy (2019) leír régi erdőgazdálkodási eljárásokat, például a lombkoronatrágya készítését, amelynek segítségével az állatok takarmányozása és a gyümölcstermesztés is megoldható volt. Ezek az emberek abból éltek – jól –, amit az erdő adott számukra. Ha azonban kiirtjuk az erdőt, hogy helyette gabonát termeljünk – csak mert épp van rá fizetőképes kereslet –, azzal megszüntetjük a bőséget, és helyébe szűkösség lép. Jelentősen csökkentjük ezzel a természet nettó elsődleges produkcióját (NPP) is (lásd a 4.2.2. fejezetet).

Annyira elfeledtük ezt a gazdálkodási formát, hogy amikor Robert Hart megalkotta saját erdőkertjét, úttörőnek számított. Az erdőkertről egy rövid áttekintést az 5.8. dobozban adunk.

5.8. DOBOZ
AZ ERDŐKERTEK

D

Berezan (2010) alapján

Az erdőkertek a természetes erdők működésére épülő, sokszínű mezőgazdasági rendszerek, amelyek alacsony munkaigényük és ökológiai stabilitásuk révén alternatívát kínálnak a hagyományos, éves ciklusú mezőgazdasági modellekkel szemben. Az ilyen rendszerek hozzájárulnak a talaj regenerálásához, a víz visszatartásához, a szénmegkötéshez, a mikroklímák kialakításához és a biodiverzitás megőrzéséhez is.

A koncepció egyik legjelentősebb úttörője az angol kertész Robert Hart, aki az 1960-as évek közepétől kezdve dolgozta ki saját erdőkertjét Angliában.

Hart a dél-indiai Kerala állam erdőkertjeiből merített inspirációt, ahol milliók élnek fél hektárnál kisebb földeken kialakított, fajgazdag rendszerekből, amelyek élelmet, fűszert, gyógynövényt, állati takarmányt, biogázt, építőanyagot és kézművesipari alapanyagot is biztosítanak. Kutatásai alapján bebizonyosodott, hogy ezek a trópusi rendszerek kiválóan adaptálhatók a mérsékelt övi klímára is.

Az erdőkertek tervezése során a természetes erdők működését utánozzák. A jól működő rendszer általában többszintű, és különböző növényeket von be a magas lombkoronaszinttől a kúszónövényekig, gyökérzónáig. E növények úgynevezett funkcionális társulásokat alkotnak, ahol egymás támogatására épül a működés. Egy-egy közösség tartalmazhat nitrogénmegkötő fajokat (pl. here, lucerna), „dinamikus akkumulátorokat" (pl. nadálytő, csalán), beporzókat vonzó növényeket, kártevőriasztó aromás fajokat, és gyorsan fejlődő „nevelő" növényeket is, amelyek védik a lassabban növekő társaikat. A kert fejlődésének kezdeti szakaszában nagyobb nyitott területek maradnak a gyors növekedésű fajok számára, amelyek később a sűrűbb árnyékos struktúra miatt visszaszorulnak. A kertész ilyenkor a „vágd és hagyd" módszerrel tartja egyensúlyban a gyorsabban terjedő növényeket: ezek szárát levágva a talajon hagyja, így táplálja és takarja is azt.

Az első évek terméshozama ugyan még korlátozott (pl. gyorsan növekvő levelek, fűszerek, eper, egynyári zöldségek), de a harmadik évre már jelentős bogyós- és gyümölcstermés, gombák és gyógynövények is szüretelhetők. Egy jól megtervezett erdőkert hosszú távon akár meghaladhatja az éves szántóföldi rendszerek kalóriahozamát, miközben lényegesen kevesebb emberi munkát igényel.

A világ szerencsére el van látva bőven erdőkertekkel, amilyenek például az esőerdők (Peters és Mendelshon 1989), amiről az 5.3.6. fejezetben, a kiegészített GDP harmadik példájánál írtunk. Ez a lehetőségekhez való alkalmazkodás (**r'**) olyan példája, ahol nem a természeti erőforrások bővítéséről van szó, hanem a már érett, teljes erőben lévő erőforrások megőrzése és az azokból való fenntartható haszonvétel a cél.

5.5. TERMÉSZETALAPÚ GAZDASÁGI RENDSZEREK – MŰKÖDŐ MODELLEK

Ebben a fejezetben olyan működő gazdasági példákat mutatunk be, amelyekben a gazdaság együttműködik az ökológiai rendszerekkel. Ezek a példák – a kolumbiai Las Gaviotas közösségétől Bali víztemplomrendszerein át egészen a farkasok visszatelepítéséig – azt bizonyítják, hogy a gazdaság képes az ökológiai elvek beépítésére, sőt, hosszú távú fenntarthatósága épp ezen az integráción múlik. Ezeken a gyakorlati

példákon keresztül mutatjuk be, hogy az ökológiai és gazdasági racionalitás összehangolható.

5.5.1. Biológiai kapitalizmus Kolumbiában

Az első eset a kolumbiai Las Gaviotas, a kékgazdaság egyik zászlóshajója (5.9. doboz).

5.9. DOBOZ
LAS GAVIOTAS

D

Hetesi és Kiss (2018) alapján

Las Gaviotas Kolumbiában, Vichada megyében található. 2007-ben 200 állandó lakosa volt, körülbelül 50 család. Fenntarthatósági szempontból történetének kulcsfontosságú eseményeit Mario Calderón Rivera írta le (Rivera n. d.), míg Gunter Pauli (2010) *A kék gazdaság* című könyvében a megvalósítás fizikai és biológiai aspektusait ismerteti.

Az 1980-as években a terület gyakorlatilag értéktelennek számított: nehezen megközelíthető, szavannás terület, savas talajjal és ihatatlan vízzel. Paolo Lugari adományként jutott hozzá a földhöz, hektáronként mintegy 6 dollárért. Sikerült regenerálnia a kimerült szavannát, és egy buja, fajgazdag trópusi erdővé alakította azt. 1995-re mintegy hatmillió fát ültettek, és a 2000-es évek elejére 8000 hektárnyi, helyreállított esőerdő fogadta a látogatókat (Weisman 1999). A kulcsfaj a karibi fenyő volt, amelyet mikorrhiza gombával kezelt talajba ültettek. Ez a szimbiózis 92%-os magtúlélést biztosított, és jelentősen javította a talaj fizikai tulajdonságait. Pauli (2010: 46) szerint a fenyő és a gomba szimbiózisa árnyékolja a talajt, megőrzi a nedvességet, elősegíti a bomlást és meggátolja az eróziót. Ennek köszönhetően az eső képes beszivárogni a hűvösebb, árnyékos talajba, ami kedvező a csírázáshoz. Ahogy a növényzet sűrűsödik, nő a biodiverzitás és a csapadékmennyiség, végül a szavanna esőerdővé alakul. Ez a folyamat javítja a talaj termékenységét, és iható víz is keletkezik, ami tovább gyorsítja a regenerációt. A megnövekedett párologtatás hűti a légkört és csökkenti a harmatpontot, ezáltal a csapadék is gyakoribb.

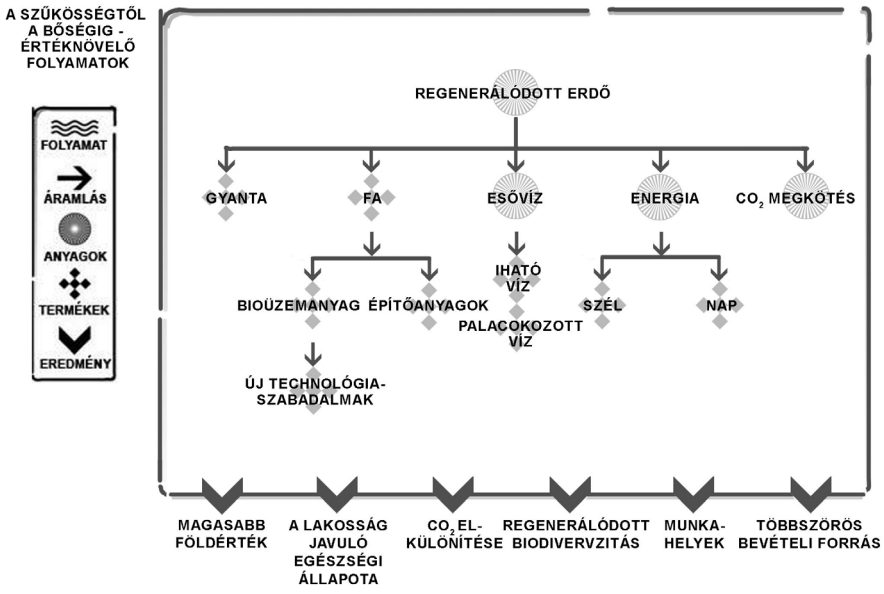
A biológusok szerint ez a terület valaha őserdő volt. A szavannából újraerdősült, bár kevésbé fajgazdag terület a Las Gaviotashoz köthető legnagyobb környezeti változás. Megnövekedett a csapadék, jelentősen javult a talaj termékenysége és – talán a legfontosabb – megjelent a bőséges, tiszta ivóvíz, ami a rendszer kibontakozó (emergens) tulajdonsága. Korábban a szennyezett víz gyakran okozott emésztőrendszeri megbetegedéseket – ezeket az egészséges vízforrások nagyrészt megszüntették.

A „természeti kapitalizmus" (Hawken és mtsai 1999) mintájára Lugari Las Gaviotast „biológiai kapitalizmusként" jellemzi, ahol értékteremtés zajlik,

miközben a természeti tőke nem csökken, hanem folyamatosan növekszik. A település mintegy 200 embert foglalkoztat közvetlenül – kétszeres bérrel a nemzeti minimálbérhez képest –, és közvetve mintegy 3000 fő megélhetéséhez járul hozzá. Például 500 gyermek járt iskolába a környékről Las Gaviotasba (White és Marino 2007).

A föld értéke háromezerszeresére nőtt, új munkahelyek jöttek létre egy korábban munkanélküli régióban. Az erdő építőfát, biodízelgyártásra alkalmas gyantát, valamint kiváló minőségű ivóvizet biztosít, amit Bogotában értékesítenek (Pauli 2010). Las Gaviotas egyik alappillére a megújuló energia. Modelljük támogatja a decentralizált energiatermelést. Két fontos javaslatuk, amely Európában is alkalmazható: (1) Olajtartalmú növényeket lehet ültetni a parlagon maradt területekre anélkül, hogy fákat vágnánk ki vagy élelmiszertermelést szorítanánk vissza, és (2) kerülni kell a monokultúrákat, támogatva az őshonos növényzetet és a biodiverzitást, ami az emberi egészség védelmét is szolgálja.

Innovációik közé tartozik egy újfajta vízszivattyú, amely a korábbiaknál jóval mélyebbről képes a vizet felszínre hozni, és libikóka-mechanizmussal működik. Ezenkívül helyi anyagokból építettek szél- és napenergiával működő rendszereket. A fenyőgyantából biodízelt állítanak elő, amellyel mezőgazdasági eszközeiket működtetik, és finomítójuk további 12 terméket gyárt (White és Marino 2007). A folyamat főbb elemeinek diagramját mutatja be az. 5.4. ábra.



5.4. ábra: Az esőerdőből származó haszonvételek

Forrás: Pauli 2010: 48

Lugari úgy fogalmazott: bár a tudomány és a technológia kommunikációs lehetőségeket biztosítanak, nem tanítanak meg bennünket arra, hogyan alakítsunk ki újra kapcsolatot a Földdel. „*Mintha földönkívüliekké váltunk volna.*" (Rivera n. d.: 242)

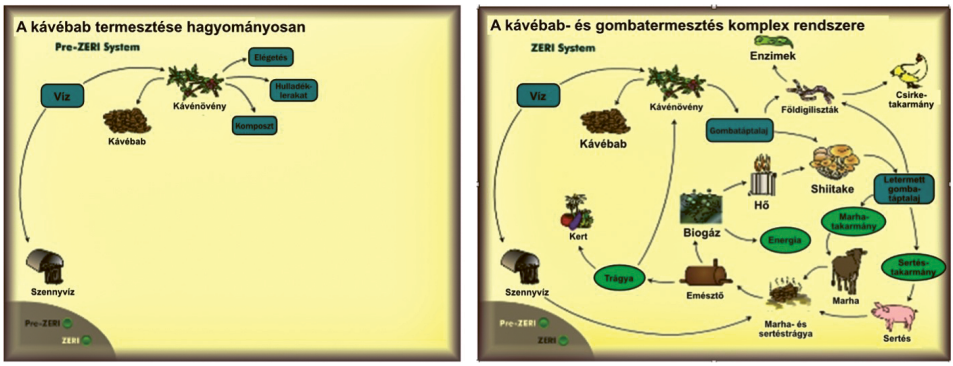
Las Gaviotas sikere a természettel való helyreállított harmóniában rejlik. A modell olyan ígéretesnek bizonyult, hogy William B. Harrison Jr., a JP Morgan elnöke azt javasolta: bővítsék Las Gaviotast 8000-ről 100 000 hektárra. Ez körülbelül 100 000 munkahelyet teremthetne, és egy Belgium vagy Hollandia nagyságú ország CO_2-kibocsátását lehetne vele semlegesíteni (Pauli 2010).

5.2. Online tartalom: Las Gaviotas
https://www.youtube.com/watch?v=xogJew_nlko (Letöltve: 2025. március 10.)

Las Gaviotas példája szintén azt bizonyítja, hogy a természet hozzáadott értéke növelhető, ahol az egyik ismert végcél a teljesen érett erdő. Addig lehet a biológiai tőkét működtetni, gyarapítani, és – nem utolsósorban – az emberi haszonvétel szintjét is növelni.

5.5.2. Kávétermesztés, avagy a kékgazdaság logikája

Egy másik példa, ami a kékgazdaság elvei alkalmazásával bőséget hozhat: a kávétermesztés. Az 5.5. ábrán a kávétermesztés folyamata látható.



5.5. ábra: A kávétermesztés folyamata hagyományos módon és a kékgazdaság szerint
Forrás: Zero Emissions Research and Initiatives (zeri.org)

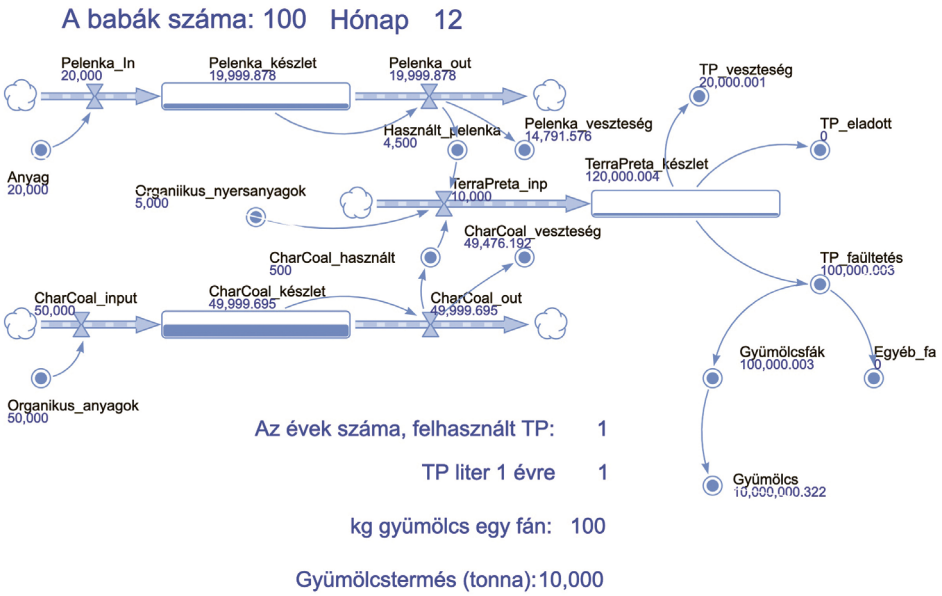
A bal oldali ábra a kávétermesztés hagyományos útját mutatja, vagyis: megtermelik a kávébabot, a víz szennyvízzé válik, a maradék növényt vagy kidobják valahova, elégetik, vagy komposztálják. Ezzel szemben az ábra jobb oldalán az a folyamat

látható, ahol a kávé minden elemét újrahasznosítják és értékes termékké alakítják. A kékgazdaság lényegét akkor értjük meg igazán, ha elképzelünk a két ábra mellett jobbra egy harmadik, jóval nagyobb ábrát is. Ez már azt is mutatná, hogy mi történik a malacból, a tehénből, a tyúkból származó termékekkel, és azok hogyan csatolódnak vissza a második ábrán látott körfolyamatokba (gilisztatermelés, biogáztermelés stb.). A harmadik ábrát követheti egy negyedik, egészen addig, amíg minden elem el nem hagyja a rendszert fogyasztói végtermékként. Természetesen a folyamatot menedzselni kell pénzzel, munkaerővel, technológiával stb., de a lehetőség adott. Itt utalunk vissza a Húsvét-sziget példájából készített 5.2. ábrára, ahol a hulladékként végződő erőforrások (**c** oszlopok) sorra hullanak ki a rendszerből, ahelyett, hogy a fenti logika alapján újabb termelési láncokat indítanának el. Fontos megjegyezni, hogy ezek a kihullott erőforrások nem értéktelenebbek annál, mint amelyek továbbmennek az értékláncban, csak mások: más értékláncok számára jelentenek teljes értékű erőforrást.

5.5.3. Pelenkából termőföld: a bőség útja

Egy másik példa a bőség bemutatására egy berlini székhelyű pelenkagyártási, -felhasználási innováció. Ayumi Matsuzaka (az innovátor) és Christian Schloh nevéhez fűződik a Dycle projekt, amelyről Gunter Pauli könyvet is írt (Pauli 2023). Az innováció lényege, hogy a pelenka teljes egészében komposztálható és visszajuttatható a természetes körforgásba. Nagy előnye, hogy a pelenka már egyáltalán nem tartalmaz műanyagot, tehát a lebomlása után nem maradnak apró, mikroműanyagok. Ha figyelembe vesszük a mikroműanyagok természetre és – felhalmozódásuk révén – az emberi egészségre gyakorolt káros hatásait, ez a szempont elsődleges kellene hogy legyen a terméktervezésben. Csak ezt követően jöhetnének azok a szempontok, mint például a folyadékmegtartó képesség fejlesztése. A jelenlegi ipari pelenkagyártás piacorientált szemléletű, így a nagy ipari szereplők és a kizárólag természetes alapanyagokkal dolgozó fejlesztők elképzeléseinek összehangolása reménytelennek tűnik.

A másik figyelembe veendő szempont az emberi fekália földekre való visszajuttatásának a közegészségügyi kockázata, amit sok ország jogilag nem engedélyez. Az is egyértelmű azonban, hogy így rengeteg értékes tápanyag vész el, ezért kiterjedt kutatások folynak a kockázatok minimalizálására (Werner és mtsai 2022). Az eredmények azt mutatják, hogy magas hőmérséklet és hosszabb ideig tartó komposztálás során a komposzt megfelelően biztonságos. Más kutatások a mezőgazdasági területre való visszajuttatás megfelelő formáit vizsgálják (Harder és mtsai 2019; Allen és mtsai 2023). Léteznek olyan megoldások is, amelyek jogszerűen lehetővé teszik az ilyen típusú trágyák városon belüli, nem élelmiszerrel kapcsolatos használatát. Ezek lehetőségeit vizsgálja például Jenkins (2019) az ilyen irányú kutatásokat megalapozó könyvében. Az 5.6. ábra mutatja be azt az alapfolyamatot, amely lehetővé teszi a pelenkából nagy mennyiségű terra preta (talajjavító) előállítását.



5.6. ábra: A lebomló anyagokból készült pelenka feldolgozásának rendszerdinamikai modellje

Forrás: saját szerkesztés

A pelenkáról tudjuk, hogy – bár választhatunk lebomlót is – általában a szemétben köt ki, ha nem szervezzük meg az összegyűjtési folyamatot. Éppen ezért a berlini pelenkaprojekt eleve így indul: 100 család jön össze, ahol van újszülött baba, akik vállalják, hogy ingyen (vagy áron alul) kapnak pelenkát, és cserébe – használat után – visszahozzák azt egy gyűjtőpontba. Ezeket a pelenkákat komposztálják, és faszén hozzáadásával terra pretát készítenek belőlük, ami – egyelőre kísérleti jelleggel – gyümölcsfaültetésre használható (a Las Gaviotas-i fenyők ültetéséhez egy-egy kilogramm terra preta kellett). A fák által termett gyümölcs hamarosan tekintélyes súlyú gyümölcshozamot eredményezhet. Megjegyzendő, hogy a terra preta más célokra is felhasználható; Pauli a gyümölcspéldával a korlátlan bőséget kívánta illusztrálni. A terra preta kiváló talajjavító, portugálul fekete földet jelent. Eredetileg sokféle szerves anyagot tartalmazott (hamu, csont, kerámia, trágya [emberi és állati]), ami aztán nagy tápértékű talajjavítóvá komposztálódott. Gazdag nitrogénben és foszforban is, amelyeket már jelentősen túlfogyasztottunk (4.2. doboz). A 100 családból álló közösség évente 120 000 liter (kb. 84 000 kg) terra pretát tudna előállítani, ahelyett, hogy a pelenkák hasznosítatlanul (és általában lebomlásra képtelen állapotban) a szeméttelepen végeznék. Amennyiben ezt talajjavításra használnák (erdőkertek, közösségi kertek), ahol meg tudnák termelni a pelenkához szükséges alapanyagot, akkor egy zárt rendszert lehetne kiépíteni. Megjegyzendő, hogy a pelenka alapanyagainak gyártásához (kender, cellulóz) nem szükséges a terra preta használata, a zárt rendszer a közösség szempontjából lenne zárt.

A kiegészített GDP-ben ez a rendszer egy fontos szempontra világít rá: megszüntetné a mikroműanyagok általi szennyezés következtében folyamatosan felmerülő környezeti károkat (**d'r'**). Így az ezek helyreállítására fordított állandó pénzkiadások (**br**) is elkerülhetők lennének – mindez a természetes rendszerekhez illeszkedő terméktervezés révén. További fontos változás a körforgásos gazdaságra (**c**) vonatkozóan, hogy a gyártási folyamat során keletkező hulladékelemek is egyszerűbben visszailleszthetők a természetes rendszerekbe.

5.5.4. Bali víztemplomrendszerei

Bali víztemplomainak esete (5.10. doboz) több szempontból is jelentős, ezért hosszabban is tárgyaljuk. A balinéz gazdálkodási rendszert mutatja be, ahol az eredeti erdőt kiirtották ahhoz, hogy gazdálkodni tudjanak, tehát – Las Gaviotastól eltérően – olyan gazdálkodási kultúrát honosítottak meg, amely korábban ott még nem létezett, de amelyet már több ezer éve sikeresen működtetnek. Az előző példákhoz képest abban is kiemelendő a megoldásuk, hogy egységben, harmóniában van a vallási-spirituális, az emberi-társadalmi és a természeti-környezeti oldal. Ez a három tényező jelképezi a jól(l)ét három okát (Tri Hita Karana, THK). Ebben a tekintetben Ladakhhoz hasonlítható. Bali példája arra is rávilágít, hogy ha a zöldforradalom által okozott káros hatásokat időben felismerik, akkor még vissza lehet állítani a tudományosan is igazoltan hatékonyabb, természetközeli megoldásokat.

5.10. DOBOZ
BALI MEZŐGAZDASÁGA ÉS A ZÖLDFORRADALOM

Hetesi és Kiss (2018) alapján

Bali mezőgazdasági rendszere jó példa a komplex adaptív mezőgazdasági rendszerekre (Lansing és Kremer 1993). Az ország társadalmi, gazdasági és vallási sokszínűséggel rendelkezik, amely kiterjed a természeti erőforrások – például az erdők, földek és víz – használatára is. Balin, ezen az 5600 négyzetkilométeres kis szigeten, több mint ezer éve folyik mezőgazdasági termelés. Ez idő alatt lezajlott az erdőirtás, valamint a termőterületek teraszosítása, amely lényegében átalakította a sziget érintetlen természetes környezetét egy ember által irányított társadalmi-ökológiai rendszerré.

A termelés subakokban zajlik. A subak a szó szoros értelmében egy vízgazdálkodási rendszer, de jóval több ennél: ez a rendszer egyben egy komplex, önálló mesterséges ökológiai rendszer is, amelyet a gazdálkodók közössége működtet. Sok ilyen subak van, amelyek egyfajta „öntözéses társadalmakként" működnek, tükrözve a víz központi szerepét (Roth 2014). Az egyéni erőforrás-használatot a helyi szokásjog szabályozza. Az erőforrások használata

figyelembe veszi az átalakított ökológiai rendszerek működését is, hiszen ezekben a módosult környezetekben is ökológiai folyamatok zajlanak, bár más formában, mint az eredeti erdős tájakon.

Egy subak mérete néhány hektártól akár több száz hektárig is terjedhet, és feladatai közé tartozik az öntözés, az építkezés és fenntartás, a mezőgazdasági tevékenységek ütemezése, a kártevők elleni védekezés, a konfliktusok kezelése, valamint a vízzel és rizstermesztéssel kapcsolatos rituálék és ceremóniák lebonyolítása (Roth 2014). Ezek igen összetett feladatok, mivel az öntözött és szárazon hagyott talaj váltakozása szabályozza a kulcsfontosságú folyamatokat. Például irányítják az összetett bio-geokémiai folyamatokat, mint a talaj pH-értékének megtartása, az aerob és anaerob folyamatok, valamint az ásványi anyagok áramlása (Janssen és mtsai 2006). Ezeket a feladatokat a víztemplomok rendszere koordinálja. A víztemplomok a vallási szertartások és a társadalmi élet központjai, ahol a rituálék szorosan illeszkedtek a mezőgazdasági munkákhoz. Noha a subakok hidrológiailag független egységek, öntözőcsatornák hálózata köti össze őket.

A rizs- és zöldségtermesztés naptári rendje minden subak számára egy összetett naptári rendszeren alapul, amely meghatározza, hogy az egyes mezőgazdasági munkálatokat (például az ültetést) mikor kell elvégezniük. Ezek a tevékenységek a teraszszintű víztemplomoknál kezdődnek, majd a falu víztemplománál összegződnek. A regionális víztemplomoknál, végül a Krátertó (Crater Lake) víztemplománál tetőznek, amely a főpap, az isteni erő emberi képviselőjének temploma. A Krátertó táplálja az összes földalatti vízforrást (Janssen és mtsai 2006). Így az egész mezőgazdasági termelést alulról felfelé szerveződő, hierarchikus víztemplomrendszer hangolja össze.

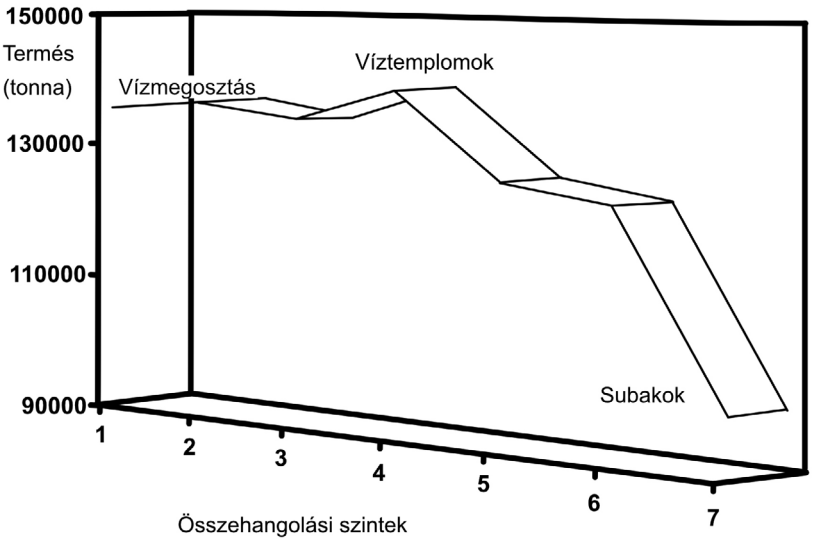
Ezeket a hagyományos rendszereket azonban a technológiai fejlődés kihívás elé állította, ami a tradicionális gazdálkodási módok és a zöldforradalom közötti konfliktushoz vezetett Bali szigetén (Roth 2014). Az 1970-es években a zöldforradalom hívei nyomást gyakoroltak a farmerekre, hogy nagy hozamú, gyorsan növő „zöldforradalmi rizsfajtákat" termesszenek. Támogatták a műtrágyahasználatot, és kiépítették a műtrágyagyártó kapacitásokat is. A műtrágyát jelentős állami támogatással értékesítették: a kálium- és foszfortartalmú műtrágyák ára sohasem haladta meg a világpiaci ár felét (Lansing és Kremer 1993). Ezzel próbálták leválasztani a termelési folyamatokat az ökológiai ciklusoktól, azonban ez mellékhatásokat is okozott. Hagyományosan a kártevők elleni védekezés úgy történt, hogy a termést követően kiszárították a földet, parlagon hagyták, majd újra elárasztották – így megfosztva a patkányokat, rovarokat az élőhelyüktől. Az új termelési rendszer azonban előidézte a kártevők megjelenését, ezért egyre nagyobb mennyiségű vegyszeres növényvédelemre volt szükség. A nagyobb nyereség reményében az évi két termesztési

ciklust háromra növelték. Ez kezdetben rekordterméseket hozott, ám hamar megjelentek az ökológiai mellékhatások. Míg a hagyományos művelés során a kártevők okozta veszteség körülbelül 1% volt, a 70-es évek végén volt olyan év, amikor ez elérte az 50%-ot is (Lansing és Kremer 1993). A farmerek tiltakozása nyomán végül visszatértek a hagyományos termelési rendszerhez.

Tudományos megközelítés

Későbbi kutatások igazolták (Lansing és Kremer 1993), hogy a víztemplomok rendszere optimális megoldást nyújtott a kártevők elleni védekezésben az öntözés megfelelő szabályozásával. Egyik kulcsfontosságú tényező az volt, hogy elegendő számú gazdának kellett összehangoltan döntenie arról, mikor és mekkora területet hagyjon parlagon, illetve vonjon be művelésbe. Ha az összes subak egyszerre hagyta parlagon a földeket, hatékony volt a kártevők elleni védekezés, de ezzel együtt a vízigény is egyszerre jelentkezett, amit a rendszer nem tudott kielégíteni. Ha viszont teljesen összehangolatlanul ültettek, akkor a vízellátás javult, viszont a kártevők elszaporodtak (mint az említett 50%-os veszteség esetén).

Lansing és Kremer (1993) 172 subak működését vizsgálták két folyó mentén. Helyi egyetemi hallgatók segítségével 1988–89-ből gyűjtöttek kiegészített termelési adatokat (amikor a hagyományos rendszer visszaállt), és különböző szcenáriókat modelleztek. Az 5.7. ábra a művelt és parlagon hagyott földek összehangolásának szintje szerint kapott hozamokat mutatja.



5.7. ábra: Az összehangolási szintek hatása a terméseredményekre
Forrás: Lansing és Kremer 1993

Az ábra bal oldalán látható, amikor az öntözés teljesen össze van hangolva – ilyenkor a kártevők szaporodása minimális. A jobb oldalon az egyéni subakdöntések eredménye látható, amely a kártevők által okozott maximális kárral jár. A legmagasabb terméseredményt akkor érték el, amikor a 172 subak termelését a víztemplomok rendszere hangolta össze.

Lansing és Kremer (1993) egy alapvető, még nyitott kérdésre is keresték a választ: hogyan biztosítja a víztemplomrendszer ezt az optimumot? Vajon a gazdák a korábbi tapasztalatok alapján próbálgatással veszik át a legsikeresebb mintákat? Vagy a papok, esetleg mérnökök döntenek? Az egyes folyók víztemplomhálózatai külön-külön is optimális eredményt adnak, vagy csak összehangolva? Hogyan reagálnak a víztemplomok a körülmények változására? Olyan modellt dolgoztak ki, amelyben az év elején minden subak megtervezte az évet, majd négy szomszédja előző évi terméseredményei alapján átvette a legsikeresebb szomszéd stratégiáját. Ez a kölcsönös alkalmazkodás (koadaptáció) közel maximális összhozamot eredményezett (Lansing és Kremer 1993). Amikor a modellt más változókkal is bővítették – például csapadékmennyiség, párolgás, kártevők szaporodási rátája és kártételi hatása –, az eredmény változatlan maradt: 8–35 év alatt egy olyan komplex, összehangolt ültetési minta alakult ki, amely szinte teljesen megfelelt a víztemplomok által kialakított mintának. Ráadásul ez a koadaptív folyamat képes volt a rendszer működését egy nagyobb sokkhatás után is helyreállítani, ami a rendszer rezilienciáját mutatja. Mind az optimális minta kialakulása, mind a sokkhatás utáni regeneráció a rendszer úgynevezett emergens – vagyis a rendszer saját belső működéséből eredő – tulajdonságai közé tartoznak.

5.3. Online tartalom: Bali víztemplomai
https://www.youtube.com/watch?v=h9ozS8BKUFI (Letöltés: 2025. március 5.)

A víztemplomok rendszere már egy „érett" rendszer, abban az értelemben, ahogy az esőerdők is egyfajta optimális működést értek el. A kiegészített GDP-jükben a környezeti károk és az azokért fizetendő regenerálási költségek nem léteznek, csak a kívülről érkező erőforrások okozta károkat kell felszámolniuk (pl. a CO_2-kibocsátás). A körforgásos elemmel (**c**) sincs gondjuk, mert a termelés során mindent felhasználnak a rendszeren belül.

5.5.5. A farkasok visszatelepítése

Zárásként vizsgáljuk meg, hogy a természet körforgásának helyreállításával milyen hatásokat érhetünk el, és hogy milyen típusú környezeti beruházások növelhetik

igazán a természet termőképességét. Erre jó példa a Yellowstone Nemzeti Park farkasainak esete. Az eset alapján megtudjuk, hogy a farkasok hogyan tudják megváltoztatni még a folyók járását is. A nagymértékű változást azzal érték el, hogy visszavezettek egy hiányzó elemet a rendszerbe, tehát a nemzeti park egy korábbi állapotát állították helyre.

5.4. Online tartalom: Yellowstone – farkasok visszatelepítése
https://www.youtube.com/watch?v=ysa5OBhXz-Q (magyar felirat választható. Letöltve: 2025. március 3.)

Az ember a farkasokat korábban kiirtotta a számára közvetlenül érzékelhető károkozásaik miatt, ezzel megváltoztatták a rendszer ökoszisztémáját. Az emberi beavatkozástól mentes rendszerekben a farkas mint egy, a rendszer által igényelt új rendszerelem megjelenhet emergens tulajdonságként. A természet képes magától is a diverzitásának megfelelő szintű bővítésre, így az ember megfelelő alkalmazkodással a lehetőségek újabb tárházához férhet hozzá.

Ebben a fejezetben próbáltuk bemutatni, hogy valójában bőség van körülöttünk, csak a jelenlegi rendszereink szűkítik le annyira a lehetőségeket, hogy szűkösséget érzünk. Helyezkedjünk egy kicsit a természet szerepébe, és vegyük a nagy folyók és a rájuk telepített vízi erőművek esetét. A folyók a természet ellátási láncai, biztosítják a víz és a tápanyag (jelentős részének) rendelkezésre állását. Minél jobban működnek a folyók, annál több lehetőséget biztosítanak számunkra – lényegesen többet, mint amit a megtermelt energiával nyerünk. Mi lenne, ha egy kiemelkedően forgalmas – egy régiót ellátó – autópályát elrekesztenénk keresztbe? Mi szabnánk meg ki mehet át, ki nem, és mikor mehet át. Ez átrendezné az ellátásilánc-struktúrát – valószínűleg gyengítené. Az 5.5.2. fejezetben bemutattuk a kávétermesztés példáján is azt a bőséget, amit az élő rendszerekből le lehet vezetni. Milliónyi ilyen lehetőségtől esünk el, ha megszüntetjük azokat az adottságokat, amelyekkel aztán megteremthetnénk a bőséget.

5.6. KÖZÖSSÉGI STRUKTÚRÁK, FOKOZATOSSÁG, ADAPTÁCIÓ

A fejezet bevezetőjét azzal kezdtem, hogy összefogás nélkül nem megy, és bármennyire is sikerül az ügy mellé állítani a főáramú gondolkodást, valakiknek az átállást ténylegesen meg is kell valósítania. Regenerálni kell az erdőket, mezőket úgy, hogy közben a főáramú érdekeltek számára is biztosítani tudjuk a megtérülést. Mindemellett az alapvető civilizációs vívmányokat is fenn kell tartanunk (lásd az 5.2. fejezet alapszükségleteit), mint pl. az oktatást.

5.6.1. A természet működéséhez illeszkedő közösségi megoldások

Az 5.5. fejezet példáiból megállapíthatjuk, hogy az adott területen gazdálkodók egységes célokat képviseltek, és az esetleges megosztottság sem akadályozta őket ebben. Sőt, Lansing és Krémer (lásd 5.7. ábra) be is bizonyították, hogy ha a farmerközösségek (subakok) a saját érdeküket követik, akkor összességében sokkal rosszabbul járnak, mintha összefognának. Ez alátámasztja azt az állítást, hogy a természeti törvények által követett út optimális hasznot eredményez, ehhez pedig össze kell fogni. Ez a haszon úgy érhető el, ha a résztvevők közös csoportérdekeket követnek. A közösségi összefogás szükségességének, azok formáinak elméletével és gyakorlatával Elinor Ostrom, a Nobel-emlékdíjas közgazdász foglalkozott sokat, és az emlékdíjat is azért kapta (a gazdasági kormányzás, elsősorban a közjavak elemzésében elért eredményeiért, lásd pl. *Governing the commons – A közös erőforrások kormányzása* [1990] című művét).

Ostrom ebben a könyvben érvel amellett, hogy nem szükségszerű a közös erőforrások (common pool resources, CPR) felélése, ha az adott terület használói összefognak. Ezek a kutatások azt a problémát szerették volna feloldani, amely szerint a közös erőforrásokat közösen használók racionális döntései az erőforrások kimerítéséhez vezetnek (lásd Hardin [1968] közlegelők tragédiájának elméletét, modelljét, amelyet Takács-Sánta András [2023] részletesen elmagyaráz). Érvelése szerint, amennyiben a területet használók összefognak és megfelelő szabályrendszert alakítanak ki, akkor gazdaságilag és ökológiailag fenntarthatók lehetnek. Ostrom nyolc pontban foglalja össze a megfelelő közösségi működés szabályrendszerét (Ostrom 1990: 91–102). Ezek a következők: 1. Világosan meghatározott határok (ki, mire jogosult); 2. Az erőforráskivétel szabályai összhangban vannak a helyi feltételekkel (a szabályalkotók figyelembe veszik a résztvevők lehetőségeit); 3. Kollektív döntéshozatali lehetőségek (belső döntéshozatal); 4. Megfelelő ellenőrzés (akik ellenőriznek, maguk is felhasználók); 5. Fokozatos szankciók (a szabályszegők ellen); 6. Konfliktuskezelési mechanizmusok (gyors és olcsó helyi fórumok); 7. A szerveződés jogának elismerése (a belső rendszert külső hatóságok nem befolyásolhatják); 8. Beágyazott vállalkozások (többszintű irányítás, itt a szintek összehangolása is szükséges).

Málovics (2020) kutatásai is támogatják ennek az alulról jövő szerveződési formának a létjogosultságát. Nem ezt az elnevezést használja, de a kialakított részvételi akciókutatás (RAK) megközelítése ezt a szellemiséget adja vissza: érvekre és párbeszédekre alapozott, bejáratott döntéshozatali technikákat alkalmaznak.

Ezekből az irányítási elvekből egyértelműen kiderül, hogy egy jól működő kormányzási rendszer megegyezik (vagy legalábbis hasonlít) az élő rendszerek működésének fontosabb alapelveivel (1.3. fejezet), illetve az vezérli a folyamatot, amit kívülről kapnak, nem pedig az, amit el szeretnének érni. Ostromnak a közösségi irányításra vonatkozó elképzelései gyakorlatilag megegyeznek Steinernek a társulásokra vonatkozó elképzeléseivel (Steiner 1990: 7–8), aki nemcsak a gazdasági

élet szerveződésére vonatkoztatja az alulról építkező közösségek hálózatát, hanem a társadalom egyéb területeire is, mint például az egészségügyre.

Ennek a területnek a további vizsgálatához nézzük meg az új-zélandi halászat esettanulmányát (5.11. doboz), ahol – részben – érvényesítették ezeket az elveket.

5.11. DOBOZ
AZ ÚJ-ZÉLANDI HALÁSZAT

Maani és Cavana (2007: 154–168) alapján

Az esettanulmány az új-zélandi halászatról szól, ahol a világ egyik legnagyobb halászati területe található. Egy kizárólagos gazdasági zónát hoztak létre 1978-ban, ahova 1986-ban bevezettek egy kvótarendszert a halállomány megóvása érdekében. Biológus kutatókat alkalmaztak, hogy megállapítsák a halállomány nagyságát, és így annak megfelelően tudják kiosztani a kvótákat. Rendszerdinamikai nyelven a közlegelők tragédiájának archetípusát kiegészítették a kvóták révén egy visszacsatoló, kiegyenlítő hurokkal.

A gránátos sügér az egyik legnépszerűbb hal, és amikor ennek az állományát kísérték figyelemmel, azt tapasztalták, hogy az állomány, a kvótarendszer ellenére, folyamatosan csökken. Az okok között az egyik az volt, hogy a biológus kutatókat nem alkalmazták, amikor kevés volt a pénz, tehát az önérdek szabályozta a tulajdonosoknak a környezethez való viszonyát. Ilyenkor nem kaptak figyelmeztetést a halállomány csökkenésére, és ez esetenként túlhalászatot eredményezett. A másik probléma az volt, hogy a halállományt készletként kezelték és nem mint egy komplex rendszer egy elemét. Így nem tiltották meg a szabályrendszer kialakítása során a környezetromboló fenékhalászat alkalmazását (ami több hal kifogását eredményezte), és ez rombolta a gránátos sügér táplálékláncának a tengerfenéken található fontos területét.

Az új-zélandi halászati példában sikerrel gátolták meg a közlegelők tragédiájának az érvényesülését a kvótarendszerrel, de továbbra is készletként tekintettek az óceán élővilágára, nem egy élő, komplex rendszerre. Kijelenthetjük, hogy a kormányzási elvek betartása önmagában nem elegendő arra, hogy megakadályozza a túlzott erőforrás-használatot, mert ha azt nem a természettel való tudatos együttműködésben teszik, akkor továbbra is fennáll a természeti erőforrás kimerülésének a veszélye.

5.6.2. A szerves fejlődés és a fokozatosság jelentősége a társadalmi átmenetekben

Ebben a részben azt vizsgáljuk, hogy mennyire sikeres a közösségek együttélése a természettel. Ken Wilber (2009: 343) leírja, hogy az ásóbotos társadalmak is

szoros kapcsolatban éltek a szellemmel, de a jó kapcsolat érdekében áldozatokat kellett bemutatniuk, ami nem biztos, hogy követendő példa. Ugyanígy, a társadalom egyes rétegeinek elnyomása sem tekinthető előremutatónak, még akkor sem, ha nagyobb zavar nélkül működtetik a rendszert. A változtatásoknál mindig fontos a szerves fejlődés, mert egy hirtelen változással az emberek gyökértelenné válhatnak, mint Ladakh esetén. Máig bennem van az a jelenet, amely akkor játszódott le, amikor egy nagy kerekasztal-beszélgetésre (amin ott volt László Ervin és Peter Senge is) magammal vittem egy indiai származású professzort. Arról beszéltünk, hogy a szigorú szabályrendszert követő társadalmak elnyomásban lévő rétegeinek szabadságot és egyenlőséget kellene biztosítani, de amikor ezt Indiára is vonatkoztatták, a professzor – mintegy megrémülve – szinte felkiáltott: „Ne!" Mint a helyzet jó ismerője, úgy gondolta, hogy azok az emberek nincsenek még készen az ilyen típusú szabadságra. A szabadság biztosítása fokozatos átmenetet, szerves fejlődést igényel. A fokozatosság jelentőségéről szól az alábbi, gazdasági példa (5.12. doboz).

5.12. DOBOZ
PAPÍRIPAR

D

Porter és van der Linde (1995) alapján

A 70-es években a jelentős papíripari szennyezések több országot is cselekvésre késztettek. Az Egyesült Államokban szigorú szabályokat vezettek be megfelelő alkalmazkodási időszak biztosítása nélkül, rákényszerítve ezzel a vállalatokat, hogy gyorsan alkalmazzák a technológiailag elérhető legjobb megoldásokat. Abban az időben az elvárások továbbra is a bizonyított, ám költséges ún. csővégi kezelési technológiák voltak. Ezzel szemben Skandináviában a szabályozás rugalmasabb megközelítéseket tett lehetővé, biztosítva ezáltal a vállalatoknak, hogy magára a termelési folyamatra összpontosítsanak, ne csak a hulladékok utókezelésére. A skandináv vállalatok innovatív pépesítő és fehérítő technológiákat fejlesztettek ki, melyek nemcsak megfeleltek a kibocsátási előírásoknak, de csökkentették az üzemeltetési költségeket is. Bár az USA volt az első a szabályozásban, az amerikai vállalatok nem tudtak előnyhöz jutni, mivel az egyesült államokbeli szabályozás figyelmen kívül hagyta a hatékony környezetvédelmi szabályozás egyik fontos alapelvét: Teremtsünk maximális lehetőséget az újításra azáltal, hogy hagyjuk, hogy az iparágak megtalálják saját problémáik megoldásának módját.

Az USA cellulóz- és papíripara esetében a jó szabályozás egy további alapelvét is figyelmen kívül hagyták: Támogassuk a folyamatos újítást; ne korlátozzuk figyelmünket egy bizonyos technológiára vagy a status quóra. A svéd szabályalkotó hatóság egy hatékonyabb megközelítéssel élt. Míg az Egyesült Államok szigorú kibocsátási célokat fogalmazott meg, és nagyon szűk teljesítési határidőket alakított ki, Svédország lazább előírásokkal indult, de világosan közölte, hogy ezeket keményebbek fogják követni. Az eredmények előre

láthatóak voltak. Az amerikai vállalatok utókezelési rendszereket állítottak fel, és itt meg is álltak. A svéd gyártók – szigorúbb előírásokra számítva – folyamatosan vonták be az innovatív környezetvédelmi technológiákat szokásos kapacitáspótló és -újító ciklusaikba.

Svédországban sikerült az innovációkat szervesen beépíteni a gyártási folyamatba, míg az USA-ban nem, ami nagyban meghatározta a környezeti innovációk sikerességét.

Milyen formát ölthet a társadalmak életében a fokozatosság? Folytatva az indiai esetet, Prahalad az *Esélyek a piramis alján* (2006) című könyvében nagyon sok olyan módszert ír le, amelyet alkalmazni lehet Indiában, elsősorban gazdasági célzattal. A javaslatnak megvan az a veszélye, hogy – Ladakhhoz hasonlóan – a nyugati média hatására az emberekbe teljesíthetetlen igények épülnek be, de ugyanakkor a szegényebb rétegek önállóságának fokozatos növelésére is jó példa. Az a koncepció lényege, hogy aki Indiában szeretne üzletet csinálni, annak figyelembe kell vennie a realitásokat, az ország sajátosságait. Az 5.13. doboz ismertet néhány ilyen megoldást.

5.13. DOBOZ
MEGOLDÁSOK A PIRAMIS ALJÁN LÉVŐKNEK

D

Prahalad (2006) alapján

(1) Ne akarjanak 5 literes mosószereket eladni, mert a társadalom döntő része (a piramis alja, a legszegényebbek) ezzel nem tud mit kezdeni. Ellenben, ha kis csomagokat készítenek, amelyekben van egy kevés szappan, sampon, mosószer, akkor az egyik napról a másikra élők este, hazafelé menet is meg tudják azt vásárolni.

(2) A Hindustan Lever Limited (HLL) a legnagyobb szappangyártó Indiában. Úgy tudják megelőzni a fertőző betegségek terjedését, hogy elterjesztik a tiszta víz és a higiéniás eszközök használatának lehetőségét és szemléletét. Ehhez megfelelő terjesztői hálózatot hoznak létre a grass-root marketing, azaz a lakosságtól kiinduló szemléletformálás segítségével, amihez még kormányzati támogatást is kapnak.

(3) A bankrendszer kiterjesztése: A Bank of Madura alkalmazza a módszert azok számára, akik csak uzsorakamattal jutnak hitelhez (évi 4-500%-os kamat). Megoldásként helyi önsegélyező csoportokat (SHG) alakítanak ki (20 asszonyból áll). A bank az SHG-knak nyújt kölcsönt, akik aztán a pénzt szétosztják. Így az SHG-alapú terjesztői hálózat a bank kiterjesztett karja, ugyanakkor helyi szerveződésű és terjeszkedésű modell. 2002-re már több mint 460 000 SHG terjesztői hálózat jött létre.

A Prahalad által javasoltak gazdasági megoldások, de egyúttal erősítik a piramis alján lévők jólétét és aktivitását, önrendelkezését. A fokozatosság elősegíti a kultúra szerves fejlődését, és a hatalmas embertömegek miatt nem is kerülhetnek olyan helyzetbe, mint Ladakhban.

5.6.3. Megőrzés és alkalmazkodás: közösségi válaszok

A zöldforradalom olyan hatalmi és pénzügyi háttérrel rendelkezik, amelynek még az erős, jól működő társadalmak sem képesek ellenállni. Hiába mondanánk, hogy a tőke tartsa tiszteletben a közösségek szerves fejlődését, de ennek nincs realitása. Az (önkéntes) vállalati társadalmi felelősségvállalás (CSR) sem segít ezen, mert ott is a vállalati érdek határozza meg, hogy mit fogadhatnak el CSR-céloknak (Banerjee 2012). Ha a közösségeknek szerencséjük van, akkor jön egy védetté nyilvánítás. A Balin alkalmazott teraszos művelési mód (5.10. doboz) a világörökség része lett 2012-ben, aminek a két fő eleme, a subak és a THK feltétlenül kiemelt és hangsúlyozott mint ennek a művelési módnak a két fő tartópillére. Mivel a turizmus is fellendült, ezért Bali érdeke a hagyományos rendszer fenntartása, ami újabb mentőövet jelentett a hagyományos rendszer számára (Roth 2014). Akiknek nincs ilyen szerencséjük, azoknak marad az alkalmazkodás; alkalmazkodniuk kell a turistákhoz, az olcsó importárukhoz, az elidegenítő hatású oktatáshoz. Ezek mellett, ezek segítségével kell megpróbálni visszaszerezni azokat az értékeket, amelyeknek még tudatában vannak. Megpróbálhatják visszaállítani a helyhez való kötődést, a helyi munkahelyteremtést – tehát a helyben megélhetés biztosítását, ugyanakkor engedve azt, hogy a helyiek kapcsolatban maradhassanak a globális világgal, bármilyen is legyen az. Ha a hely vonzása ismét erőssé válik, akkor visszatérnek majd a megfelelő számú, innen elszármazott fiatalok. Ladakh esetén Norberg-Hodge aktív közreműködésével elindult ez a munka, pl. alapítványokat hozott létre az oktatás megreformálására. Ez a társadalom már megtapasztalta a külső hatásokat, annak értékeit és lehetőségeit, de hangsúlyt kell fektetnie a gyökerek megőrzésére is, megpróbálva egy szerves egységet létrehozni az ott élő emberek önbecsülésének visszaállítására és a társadalmi kötelékek megerősítésére.

A növekvő turizmus megbolygatja – sokszor jelentősen – az adott közösség életét, de komoly bevételi forrást is jelenthet. Ha Kuba (ahogy azt az 5.4. doboznál láttuk) figyel a szállodaláncainak fenntartható kialakítására, akkor megnyugtató pótlólagos jövedelemforrásra tehet szert. Gunter Pauli Palau, egy csendes-óceáni szigetcsoport fejlődési lehetőségeiről írt könyvet (Pauli 2025), ahol régi, jól bevált hagyományos kormányzási rendszer működik, és szembe találták magukat a növekvő turizmussal. Pauli (2025) alapján két új technológia kínálta lehetőséget vázolunk fel: az e-DNS és a datafarming. Az e-DNS, ahol az „e" az „environmental", környezeti előtagot jelenti, már 2012 óta alkalmazott módszer az élővilág tanulmányozására. Az állatok otthagyják genetikai nyomaikat, ahol járnak: az óceánvíz egy kis mintájából is kimutatható, hogy mely állatok vannak jelen a közelben. Így az e-DNS-vizsgálat eredménye

figyelmeztethet arra, ha invazív fajok tűnnek fel, de mutathatja a biodiverzitás mértékét is. Esetleg eddig nem ismert fajokat is azonosítani lehet. A turizmus számára vonzó az óceánok és a szárazföld biodiverzitása. Az elemzés gyorsan elvégezhető a megfelelő műszerrel. Innen nem tűnik nagy ugrásnak, hogy a populációk méretére is becsléseket kapjunk, és ha ez megvalósul, akkor pl. az új-zélandi halászat esetében sokkal egyszerűbbé válhat a kvóták kiosztása.

A másik jelentős innováció a datafarming (adatgenerálásnak fordíthatjuk). A mesterséges intelligencia és a jól világító, vízálló, sötétben is működő kamerák segítségével pontosan fel lehet térképezni egy ökológiai egység, pl. az új-zélandi esetben a tengerfenék állapotát. Több dologra is használható a módszer. A turizmus szempontjából be lehet mutatni a vízi élővilágot részletesen azoknak is, akik nem tudnak vagy akarnak olyan mélyre merülni. Ezenkívül az ökológiai rendszerek károsodása időben észlelhető és így kezelhető. A módszer alkalmas az óceáni műanyag-szennyeződések koncentrációjának mérésére is.

5.6.4. A kevesebb több is lehet – a kalóriacsökkentés környezeti hatásai

A jóllét növelésének egyik kulcsa az egészség megőrzése. Ehhez gyakran kevesebb étel fogyasztása szükséges. A kalóriacsökkentés (CR) és a különféle böjtformák egészségre gyakorolt hatásai tudományosan igazoltak. A kalóriacsökkentés az energiabevitel 20–40%-os mérséklését jelenti a megfelelő tápanyagbevitel fenntartása mellett, ami hozzájárulhat az élettartam meghosszabbításához és több egészségügyi paraméter javításához (Trepanowski és mtsai 2011). Ehhez társul, hogy az emberiség jóval több élelmiszert állít elő, mint amennyit ténylegesen elfogyaszt. Erről a FAO külön technikai platformot létesített *Élelmiszer-veszteség és -pazarlás adatbázisa* néven.[6] A gabona esetében a pazarlás a gabonaértéklánc mentén elérheti a 60–70%-ot (Oláh 2021). Az állati eredetű élelmiszerek iránti növekvő kereslet következtében a mezőgazdasági területek mintegy 60%-át globálisan az állattenyésztés veszi igénybe (Oláh 2021). Egy – az egészséges táplálkozással is összeegyeztethető – visszarendeződés, a növényi táplálék felé való elmozdulás sokkal kisebb környezeti teherrel jár. Mindez egyértelművé teszi, hogy amennyiben az emberek egészsége a fontos, akkor már a jelenlegi rendszer szerint is jelentős környezeti tehertől mentesíthetjük a Földet.

A társadalmi lehetőségeknél kell megemlíteni azt a hatást, amit a nők (lányok) oktatásán keresztül lehetne elérni. Hawken (2017: 81–82) ezt a bolygónk regenerálásának egyik legfontosabb eszközének tekinti. Néhány, ezt alátámasztó tényt is felsorol: például egy 0 éves iskolázottságú nőnek átlagosan 4-5 gyermekkel többje van, mint egy 12 éves iskolázottsággal rendelkezőnek. Egy másik ok: a természeti katasztrófák hatásainak enyhítésében a legfontosabb szerepe a nők oktatásának van.

[6] https://www.fao.org/platform-food-loss-waste/flw-data/en?utm_source=chatgpt.com (Letöltve: 2025. március 5.)

A fejezet zárásaként fel kell figyelnünk arra a lehetőségre, hogy az ESG S, azaz társadalmi oldalának a megfelelő kezelésére kaphatunk itt iránymutatásokat: milyen fejlesztések szükségesek ahhoz, hogy egy valóban fenntartható társadalmat építsünk? Megfelelő kutatásokkal alátámasztva pontosan kijelölhetők azok a területek, amelyeket a vállalat a főtevékenységétől nem idegen módon segíthet a társadalmi kohézió helyreállítása érdekében.

5.7. VÁROSI RENDSZEREK ÁTALAKÍTÁSA: FENNTARTHATÓSÁG, REZILIENCIA ÉS KÖZÖSSÉGI MEGÚJULÁS

A városok kiemelt szerepével már foglalkoztunk, és nem szorul különösebb bizonyításra, hogy nagyon fontos lenne fenntartható városokban élni. Ezzel foglalkozik a fejlesztési célokból (SDG) a 11. cél, hogy tegyük a városokat befogadóvá, biztonságossá, rezilienssé és fenntarthatóvá. Az első ilyen komoly mozgalom talán az Ökováros mozgalom volt az 1980-as évektől, amelyben Pécs is részt vett az „Ökováros-ökorégió" fejlesztéseivel, amely ma is hatékonyan működik alapítvány formájában.[7] Az ENSZ 1992-es, riói Környezet és Fejlődés konferenciája után a Local Agenda 21 lett a következő, világszinten is rendkívül népszerű fenntarthatóvárosmozgalom (Zinkernagel és mtsai 2018). Az EU-n belül az Európai Okos Városok és Közösségek (EU Smart Cities and Communities)[8] a következő nagy kezdeményezés (lásd még Wernick és munkatársai [2023] tanulmányát is). Meg kell említenünk az Átmeneti Városok (Transition Towns) mozgalmat, amely mára nagyon ismert, alulról jövő kezdeményezéssé vált.[9] Ennek a szellemi hatását és elterjedtségét is vizsgálják sokan (lásd pl. Greenspan és mtsai 2021). A városok rezilienssé tétele viszonylag új kutatási terület. Valójában a fogalom iránti igény a 2001-es, New York-i Világkereskedelmi Központ elleni támadást követően jelent meg – amit szinte kivétel nélkül csak „9/11"-ként emlegetnek (Mendonça és Wallace 2015; Annarelli és Nonino 2016). A kifejezés eredete azonban ennél korábbra, az 1990-es évekre nyúlik vissza (Lu és Stead 2013).

Hogyan lehetne ezeket a hatalmas városokat fenntartható módon működtetni, amikor látható és mérhető, hogy az igényeik sokszorosan meghaladják a területük eltartóképességét? Hogyan lehetne rezilienssé tenni a városokat? A városok igényeit ugyan lehet korlátozni egy bizonyos szintig, de ez a problémát nem oldja meg. Meg lehet tenni, hogy a városok reziliens struktúrában működjenek, hogy a beérkező anyagokat, energiát a lehető legjobban hasznosítsák, azaz forgassák a városon belül. Ezt a legjobb esetben olyan szintre fejleszthetik, hogy a városból nem is megy ki semmilyen szemét, hiszen minden, ami bejut: érték, és mint ilyen, hasznos és hasznosítható. Egy ilyen irányú fejlesztési folyamat hatással lehet arra, hogy a városba

[7] https://www.facebook.com/okovarosokoregio/?locale=hu_HU (Letöltve: 2025. március 10.)

[8] https://commission.europa.eu/eu-regional-and-urban-development/topics/cities-and-urban-development/city-initiatives/smart-cities_en (Letöltve: 2025. március 10.)

[9] https://www.transitiontowntotnes.org (Letöltve: 2025. március 10.)

beáramló dolgok olyan összetételűek és minőségűek legyenek, hogy ezeket valóban teljesen fel tudják dolgozni. Lehet, hogy ez önző célnak tűnik, hiszen minden élő rendszer kiadja a számára már felesleges dolgot a környezete számára, hogy azok abból éljenek, de emiatt aggódjunk később.

Először nézzük azt, hogy hogyan lehet reziliens struktúrát kialakítani a városokban, és vázoljunk fel néhány, ehhez kapcsolódó tartalmi elemet is (5.14. doboz).

D

5.14. DOBOZ
A VÁROSOK REZILIENS STRUKTÚRÁJÁNAK KIALAKÍTÁSA

Kiss és Kiss (2018) alapján

A tanulmány célja egy olyan városfejlesztési módszer bemutatása, ami a fenntarthatóságon alapuló fejlesztési tervet az ökológiai elveknek megfelelő, reziliens struktúrában képes megvalósítani. Pécs városfejlesztési stratégiáján keresztül mutatják be a reziliens városi struktúra kialakítását. A stratégiaalkotás során a város működését öt funkcionális területre bontják: természet, társadalom, gazdaság, építészet és kormányzás. A stratégiai célokból és részcélokból kiindulva projekteket határoznak meg, melyek kölcsönhatásokat (hatásáramlások) hoznak létre a funkcionális területek között. Ezeket a kölcsönhatásokat elemzik az ökológiai hálózatelemzés (ENA) módszertanával (lásd 2.3. fejezet) Az 5.4. táblázat bemutatja azokat a hatásáramlásokat, amelyek az eredeti fejlesztési elképzelések alapján, az összes projektelképzelést figyelembe véve rajzolódtak ki.

5.4. táblázat: A város öt funkcionális területe közötti teljes hatásáramlás, az összes javasolt projektet figyelembe véve

	Természet	Társadalom	Gazdaság	Építészet	Kormányzás	Összesen
Természet	1,6206	1,0806	0,3911	2,884	0,9119	6,8881
Társadalom	0,6599	2,1965	1,026	1,3688	0,9504	6,2016
Gazdaság	0,7981	2,4568	3,2235	1,5543	1,8036	9,8362
Építészet	0,8717	2,4105	1,7521	3,8862	2,3225	11,2431
Kormányzás	2,2639	3,1822	4,011	4,6166	2,727	16,8006
Összesen	6,2142	11,3265	10,4036	14,3099	8,7154	

Forrás: Kiss és Kiss (2018)

A táblázat értelmezése megegyezik az input-output elemzés logikájával. Az első oszlop negyedik sorában szereplő 0,8717-es érték azt jelenti, hogy az Építészet funkcionális terület 0,8717 egységnyi hatást gyakorol a Természet területére. Ez jelentheti a kék-zöld infrastruktúra kialakítását a város számára, ami járhat ivókutak vagy parkok építésével. A Természet oszlopa jelenti azt, hogy mely területek hatnak a Természet területére, a Természet sora pedig azt, hogy

a Természet mely funkcionális területek számára nyújt szolgáltatást. A Természet sorában lévő 2,884-es érték (Építészet oszlopa) a természet által az építészetnek nyújtott szolgáltatást fejezi ki, pl. fákat szállítanak a parkokba, vagy az utak melletti fasorok számára. Ha az összes elképzelést megvalósítanák, akkor látható, hogy egy nagyon redundáns rendszert kapnánk, csekély működési hatékonysággal (2.3. fejezet). Ráadásul nagyon pénzigényes is lenne az összes projekt megvalósítása (gyakorlatilag kivitelezhetetlen). Az ENA eszköztárát használva, az erre a mátrixra kiszámított *a* értéke 0,016 (FE = 0,18) (2.4. ábra), ami mutatja a nagyfokú redundanciát.

Az ENA változtatási javaslatai, illetve a szakmai megvalósíthatóság együttesen eredményezett egy olyan táblázatot, ahol az *a* megközelítette a 0,368-at, az optimális szintet. Ez a következőképpen néz ki (5.5. táblázat):

5.5. táblázat: A város öt funkcionális területe közötti optimális hatásáramlás

	Természet	**Társadalom**	**Gazdaság**	**Építészet**	**Kormányzás**	**Összesen**
Természet	2,028			2,462		4,4893
Társadalom		1,762				1,762
Gazdaság		0,882	3,02		0,451	4,353
Építészet		0,072		1,891	0,946	2,9083
Kormányzás	0,688		1,596	0,404		2,688
Összesen	2,715	2,715	4,616	4,756	1,397	16,2

Forrás: Kiss és Kiss (2018)

Ökölszabályként meghatározható, hogy a lehetséges kapcsolatoknak mintegy a felére érdemes projekteket indítani, és hogy minden funkcionális terület oszlopában legyen legalább egy, nagy értékkel rendelkező kapcsolat. A kevesebb, de hatékonyabb projektek kedvezőbbek egy jól működő városstruktúra számára.

A reziliencia nem azonos a fenntarthatósággal, különösen a társadalmi rendszerekben, ezért a tanulmány kettős megközelítést javasol: egyrészt a helyi célkitűzésekből kiindulva kell projekteket létrehozni, másrészt a globális szinten már bevált fenntarthatósági megoldásokat is integrálni lehet a városi folyamatokba. Milyen megoldások lehetnek ezek?

Először nézzük a Természet-Társadalom kapcsolatot. A természet sokat tehet az éghajlatváltozás mérsékléséért, például zöld és kék infrastruktúrákkal. A természet segítette a túlélésben Havannát is a 90-es évek válsága idején a permakultúrával (Wright 2009: 235). A Természet-Gazdaság kapcsolat terén megjelenhetnek a kékgazdaság-típusú projektek (Pauli 2010). A kékgazdaság számos példája alkalmazható az építészet területén is – lásd például a termeszek építkezéséből inspirált épületterveket (Pauli 2010: 207–208).

A társadalom erőfeszítései az újrahasznosítás, valamint a víz- és energiatakarékosság terén a Társadalom-Természet kapcsolatát erősítik. Az úgynevezett Living Lab-ok (élő laboratóriumok) olyan felhasználóközpontú innovációs és fejlesztési megközelítések, ahol az emberek állnak a középpontban – ez a Társadalom-Építészet kapcsolat. A társadalmi aktivistáknak érdemes lenne támogatniuk a társkormányzás (co-governance) kérdését is (Ackerman 2004).

A helyi gazdaság fejlesztése munkahelyeket és jövedelmet teremthet a lakosok számára, míg Prahalad (2006) olyan eseteket ír le, ahol multinacionális vállalatok társadalmilag is előnyös, „win-win" megoldásokat kínálnak (Gazdaság-Társadalom kapcsolat). Ugyanakkor fontos, hogy a gazdaság ezeket a tevékenységeket beépítse a működés mindennapi gyakorlatába (Gazdaság-Gazdaság kapcsolat).

Paquot és munkatársai (2012) több olyan fenntartható esetet is összegyűjtöttek, amelyek az Építészet-Társadalom kapcsolatot illusztrálják – ilyen például hajléktalan emberek bevonása az építészeti tervezési folyamatba (WinziRast esete, Paquot és mtsai 2012: 42). A forrás- és energiahatékony épületek (pl. LifeCycle Tower, Paquot és mtsai 2012: 45) az Építészet-Építészet kapcsolathoz tartoznak.

A Kormányzás feladata a környezetvédelem és az éghajlatváltozás mérséklését célzó intézkedések (Kormányzás-Társadalom kapcsolat), végül pedig a társadalmi aktivisták, akik a helyi kormányzat tagjaivá válnak, előmozdíthatják vagy lehetővé tehetik a társkormányzást (Ackerman 2004), ez szintén a Kormányzás-Társadalom kapcsolatot jelenti.

Az 5.14. dobozban ismertetett eszközrendszer alapján olyan módszertan áll rendelkezésünkre, amely lehetővé teszi a városszerkezetek reziliensebbé tételét (Kiss és Kiss 2018 és Kiss és Kiss 2021). A funkcionális elemek közötti kapcsolatokról is sokat tudunk, de további ismeretek szükségesek ahhoz, hogy a város a teljes potenciálját kiaknázza. A fenti (5.14. doboz) példa ugyanis egyáltalán nem tér ki arra, hogyan lehet a beérkező anyagokat úgy feldolgozni, hogy az az egész város számára egyre élhetőbb környezetet teremtsen, miközben mindent szinte teljes mértékben hasznosít. Az, hogy egy város élhetőbb legyen, nem elsősorban anyagi jellegű, de anyagi, energiaigényes infrastruktúra is szükséges hozzá. Egy ilyen összetett szemléletmódot alkalmazott Curitiba városában Jamie Lerner polgármester, akinek az irányítása alatt a város a fenntartható városfejlesztés egyik modelljévé vált. Az esetet hosszabban ismertetjük, mert nagyon sok jó, használható kezdeményezést indítottak el (5.15. doboz).

D

5.15. DOBOZ
CURITIBA PÉLDÁJA

Hawken és munkatársai (1999) alapján

Curitiba Brazília délkeleti részén fekszik, vonzáskörzetében 2,1 millió ember él, a 18 évnél fiatalabb népesség aránya 42%. A legtöbb, hasonló helyzetű brazíliai város a szegénység, a munkanélküliség, a szennyezés, az írástudatlanság, betegségek, az egyenlőtlenség, a korrupció, közlekedési dugók és a környezetszennyezés fészke lett. Curitiba városának azonban, a felelősségteljes kormányzatnak és az élénk vállalkozói kedvnek köszönhetően, éppen ennek ellenkezőjét sikerült megvalósítania. Noha a régióra jellemző előnytelen gazdasági profil volt a kiindulási alap, a város nem egészen három évtized leforgása alatt jelentősen magasabb színvonalat ért el az oktatás, az egészségügy, az emberi jóllét, a közbiztonság, a részvételi demokrácia, a politikai integritás, a környezetvédelem és a közösségi szellem területén, mint szomszédai. Mindezt több száz, egyszerre több célt szolgáló, olcsó, gyors, egyszerű, helyi fejlesztésű, emberközpontú kezdeményezés segítségével érte el. Sikerének záloga nem kizárólag a központi tervezés volt, hanem a stratégiai szemléletű és pragmatikus vezetés elegyítése egy integrált városfejlesztési folyamattal, erőteljes lakossági részvétellel. A város megújulása 1972-ben kezdődött, amikor a város történelmi sugárútjából 48 óra leforgása alatt több tízezer virággal díszített sétálóutcát alakítottak ki. A sugárút merész új életre keltése volt a legszimbolikusabb a számos kezdeményezés közül. A jó városvezetés egymással kölcsönösen összefüggő, interaktív, folyamatos fejlődést mutató megoldások egész sorát eredményezte, legnagyobbrészt a civil szféra és a lakosság kezdeményezésére. Az újító jellegű megoldások mindig jelentős támogatást kaptak. Néhány példa a valóban sok, megvalósított jó kezdeményezés közül.

Közlekedés

Csúcsforgalom idején a buszok percenként közlekednek, a buszvezetők a buszból irányítják a közlekedési lámpákat. A korábbi érték háromszorosára emelkedett az egy óra alatt a buszokon megforduló utasok száma és az átlagos sebesség. Minden buszsáv körülbelül húszezer utast szállít óránként, ez körülbelül megfelel egy metró teljesítményének. Valójában pont olyan, mint egy metró, azzal a különbséggel, hogy századannyiba kerül, és hat hónap leforgása alatt üzembe helyezhető. A buszközlekedési rendszer teljes mértékben a menetdíjakból tartja fönn magát, a város csupán az infrastruktúrát – az utcákat és a megállókat – biztosítja. Curitibában a személygépkocsi-használat mellőzésének következtében nincsen közlekedési probléma, itt a legalacsonyabb az autóvezetési arány, és itt a legalacsonyabb mértékű a levegő szennyezettsége. Közel 32 millió liter üzemanyagot takarítanak meg évente, és fejenként 25%-kal kevesebbet használnak, mint más brazil városok lakói.

A biciklisták több mint 160 kilométernyi, forgalomtól elzárt kerékpárúton közlekedhetnek.

Ivóvíz, szennyvíz és zöld területek

Curitiba két nagy folyó között fekszik, öt kisebb pedig átfolyik rajta. Ezeknek ártereiben a migránsok az 50-es és 60-as években nyomornegyedeket hoztak létre. A városközpontot mindeközben a nem vízáteresztő felületek és a talaj természetes vízháztartásába való beavatkozások miatt árvizek fenyegették. Curitiba vezetői szigorú törvényeket hoztak a part menti területek védelméről. A folyópartokon szalagparkokat létesítettek, apró árkok és gátak segítségével új tavakat alakítottak ki, melyek mind egy-egy új park magját jelentették. A használaton kívüli folyóparti épületeket kulturális vagy szabadidős létesítményekké alakították át. A lakossági építkezést a mindenkori telek felére korlátozták, és megtiltották a nem vízáteresztő burkolatok használatát a szabadban. Csökkentették az erdőkre és kertekre kiszabott adóterheket. A város egyhatod része erdősített. Engedély nélkül senki nem vághat ki fát, még a saját telkén sem, és minden kivágott fa helyett két másikat kell ültetni. A városban közel 18 négyzetkilométernyi park, kilenc erdő, egy botanikus kert, öt környezetvédelmi kert, a két nagyobb folyó mentén összesen 13 négyzetkilométernyi természetvédelmi terület áll védelem alatt.

Ipar és társadalom

Curitiba gazdasága hagyományosan egy mezőgazdasági piacként és élelmiszerfeldolgozóként funkcionáló város gazdasága volt, az elmúlt húsz évben azonban egyben ipari és kereskedelmi központtá is vált. 1975-ben a város vezetése a központtól 10 kilométerre fekvő ipari parkot hozott létre. A város olcsó bérű lakásokat, iskolákat, szolgáltató egységeket, kulturális intézményeket, utcákat és buszközlekedést alakított ki, és törekedett a nyílt terek védelmére, így az ipari park területének körülbelül felét borítja erdő. A város ezután több mint ötszáz nem szennyező ipari létesítményt toborzott, amelyek az összes munkahely egyötödét teszik ki. Annak érdekében, hogy a cégek takarékosságra és újrafelhasználásra motiváltak legyenek, mindegyikük saját területén köteles elhelyezni a keletkező szilárd hulladékát.

A „tudás világítótornyai": ezek olyan, világítótorony formájú közösségi könyvtárak, amelyek körülbelül 7000 darabos könyvállománnyal rendelkeznek, és az alapfokú oktatás meghatározó elemei. A szegény diákok hulladék-újrahasznosításért cserébe vehetik igénybe. Curitiba városában mindent újrahasznosítanak. Egy lőporraktárból színház lett, egy udvarházból tervezési központ, a szemétlerakóból botanikus kert, egy elhagyott kőbányában környezetvédelmi szabadegyetem működik. A leselejtezett buszok gyakran átképzőközpontoknak adnak helyet, vagy tantermekké, ingyenkonyhákká alakítják át őket.

Gyermekek és egészségügy, hulladék és táplálkozás
A városi gyermekközpontúság diszkrét családtervezési szolgáltatás biztosításával kezdődik. A szegény gyermekeket rendszeresen látogatják egészségügyi dolgozók. A városban 88 egészségügyi állomás létezik, amelyek közül 5 éjjel-nappal nyitva tart. Mindegyikhez tartozik egy gyógyszertár, ami havonta hárommillió adag gyógyszert oszt szét ingyen.

A „Zöld csere" program keretén belül egy kis méretű teherautó áll meg a város több mint száz eldugott körzetében. A környéken lakók odahozzák szemeteszsákjaikat, hogy élelemre cseréljék őket: hatvan kilogramm hulladékért hatvan utalvány jár, ami egyhavi élelemre elegendő az egész családnak. Ezek az élelemcserék egyszerre több szükségletet elégítenek ki. A szétosztott rizs, bab, burgonya, hagyma, narancs, tojás, fokhagyma, banán, sárgarépa és méz a helyi földművesektől felvásárolt szezonális termékfelesleg.

A nehezen elérhető, főleg folyóparti területek hulladékmentesítésének támogatása a közegészséget szolgálja. A tisztaság közösségi büszkeséget is teremt: egyre szaporodnak az egykori hulladéklerakók helyén az iskolából kimaradt gyerekek által felásott és az erre a munkára alkalmazott földművesek által gondozott zöldségeskertek. Tőkeigényes beruházások helyett ezek a kezdeményezések mind a lakossági együttműködés gyümölcsei. A város 700 000 legszegényebb lakóját megcélzó Közösségi gyümölcsöskert program keretében a város peremén levő kiskertekben saját fogyasztásra és eladásra lehet élelmet termelni.

Oktatás, gyermekmegőrzés és munkahelyek
Naponta közel száz gyermek jön világra Curitibában, ezért a város költségvetésének 27%-át oktatásra fordítják. A városban százhúsz iskola van, melyek közül éjjel sok a felnőttoktatás helyszínéül szolgál. Sikerült elérni, hogy az olvasni tudók aránya az egyik legmagasabb Braziliában (94% feletti). A környezettudatosságra nevelés is kisgyermekkorban kezdődik, nem elkülönítetten, hanem az alaptanterv integrált részeként.

Több mint kétszáz, alacsony jövedelmű család számára ingyenes, napi tizenegy órán át nyitva tartó napközi van az iskolák körzetében, ahol közel 12 000 olyan gyermek jut napi négyszeri étkezéshez, akik egyébként a nyomornegyedekben csavarognának. A társadalmi szolidaritás szemléletes példája, hogy türelmes tárgyalással – a rendőrség bevonása nélkül – sikerült elérni, hogy a helyi bandák, amelyek kezdetben megrongáltak néhány napközit, mára részt vállalnak azok munkájában.

Ezekkel a módszerekkel változtatja tehát Curitiba kreatív, következetes és erőteljesen integrált tervezési megközelítése a különálló problémákat (a tömegközlekedést és a lakásügyet, a hulladékot és élelmezést, munkahelyeket és oktatást) az új erőforrások és a társadalmi kohézió kölcsönösen összefüggő

katalizátorává. Még egy olyan feladat, mint a parkok füvének nyírása is egy integrált filozófia célkitűzéseit tükrözi: zajos, büdös, olajjal működő fűnyíró gépek helyett a városi juhász szükség szerint tereli ide-oda harminc birkából álló nyáját. Amikor eljön az ideje, a gyapjút és a birkák húsát is hasznosítják, a fűfelesleggel a szociális programok költségkeretét növelve.

Curitiba nem kulcsra kész, lépésről lépésre lemásolható modellnek tartja magát, hiszen nincs két olyannyira egyforma város, hogy a másolás működhetne. Lerner inkább „inspirációt nyújtó példának", mintsem modellnek nevezi a várost. Meggyőződése szerint *„ha az emberek úgy érzik, tisztelik őket, felelősséget vállalnak, hogy segítsenek más problémák megoldásában"*. Ez az elv a szegényeket és éhezőket, közönyösöket és tanulatlanokat aktív szerepet vállaló polgárokká teszi.

Van még számos hasonló kezdeményezés, amelyek közül itt még egyet emelünk ki: Bogotát. Az 5.8. ábra mutatja a város egyik jellemző beruházását.



5.8. ábra: Utak a közösségek számára
Forrás: https://epiteszforum.hu/egy-kis-seta-bogotaban (Letöltve: 2025. március 3.)

Az 5.8. ábrán látható, hogy a gyalogosoknak, kerékpárosoknak már elkészült egy kiváló minőségű aszfaltozott út, az autók azonban még rossz földúton haladnak. A polgármester által szem előtt tartott prioritásnak megfelelően a városvezetés az emberi, közösségi szempontokat helyezte előtérbe. A szűkösen rendelkezésre álló pénzt először a fontosabb dolgokra költik, ebben az esetben az elmaradott városnegyedeket összekötő olyan útra, amelyet minél több ember használni tud biciklivel vagy gyalog. Minden valószínűség szerint ez is hozzájárult ahhoz, hogy Bogotában

jelentősen csökkent a bűnözés: az erős infrastrukturális, fizikai kapcsolati elemek segítettek a gyenge hálózati elemek, az emberi kapcsolatok kiépítésében. Az 5.8. ábra forrásaként megjelölt weblap még számos egyéb kezdeményezésről is beszámol.

Nem minden anyagnak, illetve energiának kell kívülről érkeznie, mivel a város nemcsak fogyasztó, hanem földterületekkel és tetőterekkel rendelkező, élettel teli termelőegység is. Így ezt is fel lehet használni a lakosok ellátására. Kuba példájában már említettük röviden az élelmiszerellátási gondokat (5.4. doboz), ami jelezte, hogy az éhség elkerülése érdekében kénytelenek voltak mindent megtenni az élelmiszer-előállítás érdekében. Az 5.16. dobozban ismertetett módon alakult ki Havannában a városi kertészet vagy másnéven: a városi mezőgazdaság.

5.16. DOBOZ
KUBA VÁROSI MEZŐGAZDASÁGA

D

Az élelmezési problémákra a megoldás a városi mezőgazdaság kialakítása volt. Ha valaki rendelkezett egy észszerű üzleti tervvel, hogy mit fog termelni és hogyan, akkor termelhetett az adott területen, megkapta a földet a termeléshez. Állami szinten kiemelt prioritást kapott az új típusú agrotechnikai fejlesztés, amely magában foglalta a környezeti nevelést, az organikus gazdálkodást, a megújuló energiák és energiahatékonysági módszerek terjesztését. A kiemelkedően jó oktatási rendszer, ami kiterjedt a vidékre is, nagy segítséget jelentett ebben a folyamatban (Choe 2007). A földterület már megvolt, amivel lehetővé vált, hogy a városokban minden szabad, növénytermesztésre alkalmas területet hasznosíthattak. Ez lehetővé tette a közösségek erejének a kibontakozását. A termelési módszerre adott választ nagyrészt a körülmények alakították: mivel gyakorlatilag megszűnt a műtrágyaellátás, ezért az organikus módszer vált majdnem az egyedüli lehetséges művelési móddá. A permakultúrát, ami a fenntartható fejlődésnek teljes mértékben megfelelő, helyi erőforrásokra építő mezőgazdálkodási módszer, ausztrálok kezdték el tanítani a kubaiaknak 1993-ban. Maal-Bared (2006) szerint ebbe a környezettudatossági folyamatba még az 1992-es riói konferencia is besegített, ami tovább erősítette ezt a folyamatot, és ez az irányvonal jogszabályi szinten is megjelent az intézményrendszerben, az oktatásban és a védett területek kezelésével kapcsolatban. Voltak azonban hagyományai is a környezettudatosságnak Kubában, hiszen már 1987-ben (az újraerdősítési programmal) erősen korlátozták és ellenőrizték, hogy a fákat és a bokrokat ne vágják ki (Cherni és Hill 2009).

A városi agrártermeléssel sikerült megszüntetni a feszítő élelmiszer-gondokat. Még 2004-ben is az ország friss zöldségeinek 46%-a, a gumós és gyökérterméseknek 13%-a, és a nem citrusféle gyümölcsöknek 38%-a városi agrártermelésből származott. Jelentős foglalkoztatást is jelentett, több mint 326 000 új munkahellyel (Kost 2004). A lokális mezőgazdasági termelésben a permakultúra alkalmazása során fejlődött sokat a közösségalkotási

készségük, ahol megtanulták, hogy hol és hogyan segíthetnek a közösség tagjain. A növényvédő szerek és a műtrágya hiányát biogazdálkodással hidalták át. Kuba több mint 95%-kal csökkentette a növényvédőszer-felhasználását, biotrágyát használ (Choe 2007), elsősorban vidéken. A farmereket biodiverzitásra mint termelési stratégiára tanítják (Wolfe 2004). Olyan legeltetési rendszert vezettek be, amely megelőzte a terület felélését, és még a trágyázást is biztosította (Maal-Bared 2006). Az energiaigény csökkentésének egyszerű módja a traktorok ökrökkel való felváltása, ami azon kívül, hogy kényszerű lépés üzemanyag- és alkatrészhiány esetén, egészségesebb is, és trágyát is biztosít. Kuba az egyike azon keveseknek, akik támogatják nemzeti szinten az alternatív mezőgazdaságot (Körner és Saborit-Sánchez 2008).

Ez az eset arra is jó példa, hogy azt a földet művelték meg a közösségek a városokban is (amire a szállítási eszközök olajhiánya is kényszerítette őket), ami rendelkezésükre állt, nem azt, amit szerettek volna (Wolfe 2004). Részletes beszámolókat is olvashatunk erről, lásd pl. Piercy és munkatársai (2010).

Ebben a fejezetben számos jó kezdeményezést olvashattunk arról, hogy van esély a nagyobb városok fenntartható átalakítására is. Ne felejtsük el, hogy Curitiba több mint 2 millió lakosú. Igaz más várostervezési háttérrel, mint mondjuk Budapest, de azért nagyon sok kezdeményezés átültethető a magyar főváros helyzetére alkalmazva, nem is beszélve a kisebb, több beépített területtel, lehetőséggel rendelkező településeinkről. A hazai városok sikerességéről írott tanulmány szerint a kicsi városok sikeresek és fejlődőképesek, mivel a rendkívül gyorsan változó globális és országon belüli folyamatokra rugalmasabban és gyorsabban képesek hatékony választ adni. A kisvárosok társadalma egységesebb, átláthatóbb, és a személyes felelősség is erősebb (Hajnal és Bugya 2006). Az egyik jelentős cél adott: minden, ami beérkezik, hasznos, így ne engedjük ki, hanem használjuk fel!

A kiegészített GDP-vel való kapcsolat közvetett: a városok jelentősen befolyásolhatják a már meglévő és újonnan alapított vállalatok célrendszerét és hozzáállását. Ha olyan termékeket engednek csak be a városba, amelyeket hulladékmentesen képesek kezelni (az engedélyezett csomagolóanyagok típusai, a mérgező anyagokkal kezelt termékek alternatív helyettesítése), akkor a vállalatok termelési szerkezete, alapanyag-használata is átalakulhat, jelentősen csökkentve ezzel a körforgásos elemek (**c**) problémáját és a környezeti szennyezést (**d'r'**). Ugyanígy terepet adhat a vállalatok ESG-tevékenysége a társadalmi oldalnak is azzal, hogy támogathatják a város közösségi kezdeményezéseit.

5.8. ÁTHANGOLT VÁLTOZTATÁSI KÍSÉRLETEK

A könyv zárásaként bemutatjuk, mennyire sikerült elérni a fő célkitűzésünket: olyan gazdasági rendszer körvonalazását, amely a kék bolygó sajátosságaihoz illeszkedik, és az emberi társadalmakat a természettel való együttműködésre hangolja. Az első fejezetben bemutattuk, hogy a tudomány (a szellem) fejlődése már elért olyan szintre – bizonyította az ember és természet együttlétezését, feltárta a természet mint élő rendszer viselkedési formáit –, hogy megalapozza az ember és a természet egymást segítő, feltételező fejlődést. A második fejezetben bemutattunk egy olyan matematikai eszköztárat, amely tudományos eszközökkel is ábrázolhatóvá teszi ennek az együttműködésnek a megfelelő formáit. A 3. fejezet azonban rámutatott arra, hogy mindezzel nem nagyon foglalkozunk: a történelem során ismétlődően érvényesülő, ellenőrizetlen emberi hajlamok most is olyan domináns civilizációs pályát formálnak, amely a korábbi társadalmak bukásához vezetett. Ennek a következményeit mutattuk be a 4. fejezetben, így adott volt a feladat: ilyen, szabadjára engedett – a vélt önérdeket követő, a természetet figyelembe nem vevő – viselkedéssel hogyan lehet mégis fenntartható világot építeni? A 4.12. ábra segítségével érzékeltettük, hogyan nyomja el az exponenciálisan gyorsuló növekedés a természeti rendszerek regeneratív képességét, ezzel aláásva a létfenntartó folyamatokat. Úgy tűnik, nem találunk olyan megoldást, amely érdemben korlátozná az ember gazdasági növekedés iránti vágyát. Ezért egy működő stratégia az lehet, hogy 360°-os fordulatot veszünk: az irány marad (mert nem tudunk mit kezdeni a növekedési kényszerünkkel), de a fordulat alatt át kell hangolnunk a rendszert a természetre. Az újraértelmezéshez meg kell mutatnunk, hogy a természeti tőke bővítésén keresztül sokkal nagyobb és tartósabb fejlődési potenciál bontakozhat ki, mint annak pusztításán keresztül. A gazdasági növekedés akkor válik igazán hatékonnyá, ha a természeti környezet állapotának javításával és regenerálásával párhuzamosan megy végbe. Ezt az átmenetet jelentősen megkönnyítheti, ha a szükséges pénzügyi forrásokat a környezetkárosítók befizetéseiből teremtjük elő, mivel ez nemcsak forrást biztosít, hanem a figyelmet is ráirányítja a fenntarthatóság felé vezető, már létező lehetőségekre.

A továbbiakban bemutattunk egy olyan keretrendszert, amely lehetővé teszi a természet, a természeti tőke beépítését a gazdasági rendszerünkbe (5.3. fejezet). A kiegészített GDP koncepciójának segítségével úgy módosítottuk a gazdaság input-output tábláját (5.1. táblázat), hogy az képes legyen nyomon követni a természeti erőforrások áramlását is. Az 5.3. táblázat gyakorlati példán keresztül is bemutatja a koncepció lényegi elemeit. A rendszer arra is rámutat, hogyan veszítjük el az értékes erőforrásainkat hulladékként – ezek a táblázatok **c** oszlopai, amelyek összege a körforgásos gazdaság indikátoraként is szolgálhat. Ez lehetővé teszi a körforgásos gazdaság számára a veszteségek lokalizálását, esetleg a súlyozását, hogy a legsürgetőbb területekre találjunk először megoldást. Az 5.1. táblázat azt is megmutatja, hogy a körforgásos gazdaság technikai természetű – ugyanakkor igen fontos és hasznos – megközelítés.

Azzal, hogy az alap- és pluszszükségleteinket (másképpen: a szükségleteinket a vágyainktól) elkülönítettük, megadtuk arra a lehetőséget, hogy a fontos dolgokra koncentráljunk, és jelentős gazdasági visszaesés esetén is megőrizhessük azokat a civilizációs vívmányokat, amelyek valóban hozzájárulnak a jóllétünkhöz. A 4.5.2. fejezet bemutatta, hogy az alapszükségletek kielégítése önmagában lehetővé teszi egy magasabb jóllétszint elérését, ha a figyelem ezekre összpontosul. További előnye az alapszükségletek kielégítésére való odafigyelésnek az, hogy megmutattuk: sokkal kevesebb is elég egy magasabb szintű jólléthez. Az 5.3.3. fejezet végén az ESG társadalmi pilléréhez fűzött megjegyzésekben jeleztük, hogy még nagy szükség van bizonyos helyeken a GDP hagyományos értelemben vett növelésére is, ami kompenzálható más területek túlfejlesztésének visszafogásával. A természet, amely folyamatos változásban van, példát adhat számunkra a növekedés és hanyatlás harmonikus egyensúlyának kezelésében. Amennyiben kiszámoljuk a valóban az alapszükségletekre vonatkozó GDP-t, úgy értelmet nyerhetnek azok a mutatók, amelyek az ország fejlettségénél figyelembe veszik a GDP-t is, mint például a HDI (Human Development Index), azaz az emberi fejlettséget mutató index.

Talán a legfontosabb kérdés, hogy mitől lesz működőképes a modell? Azt a megoldást javasoljuk, hogy ugyanúgy számoljunk amortizációt a természettel kapcsolatosan is, mint a technikai eszközöknél. Ma már több módszer is rendelkezésünkre áll a természetben okozott károk értékelésére (lásd például az 5.3.3. fejezetben a *„A* $\boldsymbol{d'}$ *számítása”* részt). Az így meghatározott károk értékét közvetlenül a kármentesítésre kell fordítani, ami azonnali jelzést adhat a vállalatoknak stratégiájuk újragondolására, és ráirányíthatja a figyelmet a sokszor hatékonyabb, környezetkímélő megoldásokra (lásd például az 5.3.6. fejezet harmadik alkalmazását). A környezetre fordított beruházásokkal megkezdődhet a környezet regenerálása. Mivel a természeti tőke bővítése által nagyobb növekedési lehetőségeink vannak (5.4. és 5.5. fejezet), ezért a rendszer fokozatosan átállhat egy olyan fejlődési pályára, amely a természet megújulásán alapul. Az 5.1. táblázatban bemutatott, természeti tőkével kiegészített GDP-modell egyelőre csak egy vázlat, amely a tényleges alkalmazhatóságig még jelentős módszertani fejlesztést igényel (lásd például az 5.3.3. fejezet becslési eljárásait). Ezt követően már csak olyan „apróságok” maradnak hátra, mint például az, hogy ki és hogyan vezeti be ezt a rendszert a gyakorlatba. Most nézzük meg, hogy hogyan néznének ki az 5.2. fejezetben ismertetett fontosabb kezdeményezéseink a kiegészített GDP esetén.

Decoupling – szétkapcsolás

A decoupling, vagyis a szétkapcsolás hatékonysága jelentősen növelhető az 5.1. input-output táblázat **c** oszlopaiban jelzett, ki nem használt nyersanyagforrások révén. Ehhez azonban elengedhetetlen, hogy túllépjünk a jelenlegi termelési struktúrákon, és új értékláncokat építsünk ki olyan nyersanyagokra alapozva, amelyeket korábban hulladékként kezeltünk – ahogyan azt a kávétermesztési példán keresztül a 5.5.2. fejezetben bemutattuk. Az 5.3. táblázat világosan megmutatja: hatalmas mennyiségű természeti erőforrást mozgatunk meg, miközben ezeknek csak a töredéke

hasznosul ténylegesen a gazdaságban. Ha ezt a töredéket sikerülne érdemben megnövelni, akár többszörösére is növekedhetne a felhasznált természeti erőforrások kihasználása – még ha nem is húszszorosára, mint azt a példa sugallja. Ezzel együtt a 4.10. ábrán bemutatott nyersanyagkitermelésünk és ezáltal a természetre nehezedő nyomás is jelentősen csökkenthető lenne. Az 5.2.1-ben tárgyalt „tükrözés" – amely azt szemléltette, hogy a GDP természetigényének csökkenése már nem elegendő a fenntarthatósághoz – már értelmét veszti, hiszen a nyersanyagfelhasználás sokkal gyorsabb ütemben mérsékelhető.

Körforgásos gazdaság
Az előzőekben már felvázoltuk, hogy a körforgásos gazdaság elmélete valójában egy elengedhetetlen módszertani eszköz, amely segít abban, hogy a gazdasági termelőfolyamat lassan felhagyjon a természetkárosító anyagok ellenőrizetlen használatával. Juttassunk vissza minden, hulladéknak tekintett természeti erőforrást a természetes körforgásba! A már meglévő szennyeződések – például a mikroműanyagok – eltávolítása már sokkal nehezebb. Ahhoz, hogy megoldásokat találjunk a természetből való visszagyűjtésére és hasznosítására, a kötelező érvényű, a természet regenerálódását elősegítő pénzbefizetések megfelelő anyagi hátteret teremthetnek. Talán ennél is nehezebb – maradva a mikroműanyagok példájánál –, hogy úgy alakítsuk át a termelési eljárásainkat, hogy azok kiküszöböljék a szennyeződéseknek a környezetbe való kijutását.

Klímaváltozás – CO_2-kibocsátás
A legígéretesebb módszer a háborítatlannak tekinthető erdők további védelme és bővítése (4.4.1. fejezet). A mezőgazdasági földterületek szervesanyag-tartalmának visszaállítása újabb hatalmas szénmegkötési kapacitást eredményezhet (5.7. doboz). A CO2-hasznosítás – például üvegházakban vagy algatavakban – kiegészítő megoldás lehet, de volumenében korlátozott. Még a legnagyobb erőfeszítések mellett is csak a kibocsátás egy kis részét tudjuk így lefedni, ezért az energiaforrások összetételének megváltoztatása és a környezetbarát energiatárolási technológiák elterjesztése továbbra is kulcsfontosságú marad (5.3.10. fejezet).

ESG
Az ESG szempontrendszere is mélyebb tartalommal tölthető meg. Az E *(környezeti)* pillérhez a kiegészített GDP révén számszerű javaslatokat tettünk (**br**), ami önmagában elégnek tűnik ennek a pillérnek a teljesítéséhez. A „szennyező fizet" elv következetes és azonnali érvényesítése ráébreszthetti a vállalatokat a természettel együttműködő megoldások keresésére, az ezzel kapcsolatos innovációkra. A természettel való szoros együttműködés révén pedig csökkenthető az a gyökértelenség, amelyet Spengler és Mumford a civilizációk hanyatlásának egyik fő okaként azonosítottak (3.2. fejezet).

Az S *(társadalmi)* pillérhez figyelembe lehetne venni a 4.3. fejezetben leírt – az emberi fejlődést veszélyeztető – folyamatokat. Amíg az iparosítás lassan robotizálta

az emberi munkát, kivéve sokak kezéből az alkotás lehetőségét, az igazi szakmai munkát, addig az MI ezeket a robotizált munkákat veszi ki lassan az emberek kezéből. Időszerűvé válik Mumford meglátása (3.2. fejezet), hogy egy dinamikus városfejlődési folyamat a nagyarányú gépesítést is képes pozitív fejlődéssé változtatni azzal, ha a városokba olyan művészetet és koncepciót visznek, amely révén az emberrel kapcsolatos központi problémákra fókuszálnak, és a létet körülvevő kozmikus és ökológiai folyamatok felé fordulnak. Ezen kívül is vannak hatalmas elmaradásaink, ahova visszahozható az emberi kreativitás, az emberhez méltó munka. A 4.5.2. fejezetben tárgyaltuk, hogy melyek azok a területek, amelyek fejlesztésével növelhető az emberi jóllét, pl. a változatos cselekvések megteremtésének lehetősége.

Az emberi fejlődést veszélyeztető folyamatokat elemezve (4.3. fejezet) szintén kibontakozhat egy olyan cselekvési terv, amely emberi tevékenységet igényel. Az 5.6. fejezetben láttuk, hogy az alulról szerveződő közösségek milyen hatékonyan képesek ellátni a közös javaink védelmét. Ráadásul a maguk területén sikeresen kezelik a kedvezőtlen emberi tulajdonságok hatását. Válság esetén a nehéz helyzetekben szintén alapvető a jól működő közösségek szerepe (lásd pl. az 5.16. dobozt, Kuba kilábalását az olajhiány okozta válságban). És akkor még nem is említettük a szociális hálónak azt a szerepét, amely kiegészíti – néhol helyettesíti – a formális szociális támogatási rendszereket (lásd például az idősgondozásban betöltött szerepéről Ho és munkatársai [2023] tanulmányát).

További megfontolandó dolog, hogy a vállalatok letelepedését elsősorban infrastrukturális szempontok befolyásolják (pl. jól működő ipari parkok megléte), tehát nem racionális, ha csak a lokális közösségeket támogatjuk. Erre megoldást jelenthet az, ha olyan – független testületek által vezetett – alapokat hozunk létre, amelyek országos szinten pontosabban látják a fejlesztésre szoruló területeket. Az ezekbe az alapokba való befizetéssel is hozzá lehetne járulni az S-pillér teljesítéséhez. Összefoglalva: az ember és a közösségek fejlődését elősegítő tevékenységekre fókuszálva lehetne pontosítani az ESG társadalmi pillérének hatókörét.

A G *(vállalati kormányzás)* fontos feladata is körvonalazódik a kiegészített GDP által. A természettel való együttműködésre történő átállás megvalósítása fontos vezetői feladat. Az 5.6. fejezetből az is láthatóvá vált, hogy a közösségek milyen hatékonyak annak megakadályozásában, hogy túlhasználjuk a természeti erőforrásainkat, és képesek a közösség tagjainak a kontrollálására is. Ez segíthet a vállalat szervezeti struktúrájának kialakításában.

Összegzés

Ebben a fejezetben olyan módszereket mutattunk be, amelyek alkalmasak lehetnek arra, hogy ha valaki felveszi az 5D-s szemüvegét, akkor találjon is valami olyat, ami kiutat jelenthet a leszűkült gazdasági-társadalmi működésből. Az egyes fejezetek tartalmát részben, persze, már leírták, vagy a szükséges módszereket már ismertették. Az 5D-s szemüveg ahhoz kell, hogy ezeket új összefüggéseikben lássuk, egységbe rendezzük, és segítségükkel működőképes rendszereket hozzunk létre.

Epilógus

A bevezetésben azt ígértük (hallgatólagosan), hogy próbálunk kiutat találni a szokásos civilizációs betegségünk okozta reménytelennek tűnő helyzetből. Az 5. fejezetben találtunk is elég sok reményt keltő lehetőséget az én 5D-s szemüvegem segítségével. Próbáltam összerakni a már létező módszertanokat, legjobb gyakorlatokat, elképzeléseket, amelyek közül már sok 5D-s szemüvegen át készült. Ez a munka is olyan lehet, amit egy következő, 5D-s szemüveget viselő már fel tud használni a saját munkájához. Mi lenne vajon akkor, ha agytrösztök, intézmények tennék fel ezt a szemüveget? Vagy a nagy szállodaláncok tervezői is feltennék, és úgy építenék a szállodákat, hogy azokat csak tiszta víz hagyja el, és értékes áruk, mint a foszfor és a nitrogén, amelyekre nagy szüksége lenne a világnak? Ha azt vesszük, hogy 1968-ban már embert küldtünk a holdra, ez a feladat csak ujjgyakorlatnak tűnik.

A szemüvegen keresztül azt lehet látni, ami már megvan, de ez nem kevés: itt is igaz, hogy „óriások vállán állunk". A gazdaság komoly dolog, nagy hatással van az életünkre. Egyszer, közvetlen hatásként is van valamennyi szerepe a jövedelemnek és a több és több birtokolt jószágnak. Az indirekt hatása azonban sokkal jelentősebb, bár nem csak pozitív értelemben. A jelenlegi gazdasági rendszer, azzal együtt, hogy nagyban leszűkíti a gazdasági tevékenységek körét, elveszi a többi élőlény elől az életteret, és elvonja a figyelmet és az időt azoktól a tevékenységektől és értékektől, amelyek valódi jóllétet okoznának – és amelyek messze jelentősebbek, mint a jövedelem vagy a társadalmi státusz. Társadalmi szinten kellene megtanulnunk örülni annak, amink van, különben azzal sem fogunk tudni mit kezdeni, amit a jövőben elérhetünk.

Gaia egy nagy élő, komplex rendszer, ami részrendszerekből áll: gazdaság, társadalom, ökológiai rendszerek, és ezek pedig – a specializálódásunk következtében – ezer és ezer egyéb (tudomány)területre osztódnak. Így, ha valaki ezt a komplexitást meg akarja ragadni, bele kell nyúlnia valamilyen szintig néhány, az egész rendszert valamennyire jellemző tudományterületbe. Ez törvényszerűen hibákat eredményez, pontatlanságokat, néhol nem teljes, esetleg félrevezető információkat. Az egyes területek szakértői könnyen kiszúrhatják ezeket a részeket, és ez a szerencse. Ez ugyanis azt jelenti, hogy a rendszer tökéletesíthető, új, jobb megoldási lehetőségek jelentkezhetnek. Ezenkívül az eddig nem érintett szakterületek (a többség) is csatlakozhatnak ennek az új felépítménynek a kidolgozásához. Ez már visszavezet bennünket ahhoz a lényeges ponthoz (mint pl. a Balin működő subakok vagy Elinor Ostromnek a közös hozzáférésű javak kormányzására irányuló kutatásainak eredményei), ahol

az egymás érdekeit figyelembe vevő döntések sokkal nagyobb hasznot hoznak, mint ha a résztvevők csak a saját érdekeiket érvényesítenék. Ezek a rendszerek alulról összehangoltak, arra figyelnek, amilyük van, és a nagyobb rendszerhez (a főrendszerükhöz) ezzel az önállóságukkal együtt csatlakoznak. Amennyiben ez a nagyobb rendszer is követi az alapvető szerveződési elveket, így kialakulhat egy olyan struktúra, mint amit az ökológiai rendszerek is követnek a kibontakozó tulajdonságaik révén: ha szükséges egy felsőbb hierarchikus szint, akkor az megjelenik, és segíti az alsóbb rendszereket.

Akár igaza van Konrád Lorenznek abban, hogy az evolúciós tulajdonságaink (a növekedés, a státusz, a hatalom iránti törekvés) most rosszul jönnek, akár nem, ezekkel kell számolnunk. Ezeket a tulajdonságokat kell használnunk az élhető jövő elérése érdekében, lehetőleg úgy, hogy pozitív hatásúvá hangoljuk át őket, hogy segíthessék az átalakulás folyamatát.

Az első fejezetekben különösen sokszor hangsúlyoztuk a szellem fejlődésének jelentőségét. Mindaz, amit eddig feltaláltunk, leírtunk, létrehoztunk, ott van valahol, a nooszférában, és ezek egyre közelebb visznek bennünket egy olyan élethez, ami már illeszkedik Gaiához. Ha valaki megfelelő paradigmafelfogással rakja őket egybe, akkor már lehetősége van egy olyan rendszer kialakítására, amilyenre az elődeinknek nem volt. Nem volt differenciálszámításuk, Leontief-inverzük, ENA-módszertanuk vagy Curitiba-esettanulmányuk. Nem ismerhették Gabe Brown sikeres talajregeneráló módszereit, nem láthatták, hogy a természet milyen hamar képes a regenerálódásra. Ezekből az eredményekből mi már össze tudunk állítani egy használható módszertant, cselekvési tervet.

Ha beépítjük a vállalatok érdekeltségi rendszerébe a természet regenerálását, és a közös javak feletti irányítást átadjuk az azt használó közösségnek, úgy a gazdasági rendszer lassan átalakulhat egy ökológiai értelemben is fenntartható gazdasággá. Mintegy kibontakozó tulajdonság, mint ahogy az erdők regenerálásával a tisztavízforrások is előbukkannak, úgy ebben a gazdasági formában a közösségek is a kibontakozás, az összefogás és a személyes fejlődést elősegítő irányba mozdulhatnak el. Ez esélyt adhat Gaiának arra, hogy egészségben élhessen még sokáig – remélhetőleg velünk, emberekkel együtt.

Irodalomjegyzék

Ackerman, J. (2004). Co-governance for accountability: beyond „exit" and „voice". *World Dev.* 32(3), 447–463. https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2003.06.015

Ali, A. I., Seiford, L. M. (1993). The mathematical programming approach to efficiency analysis. In: Fried, H. O., Lovell, C. A. K., Schmidt, S. S. (szerk.), *The measurement of productive efficiency: Techniques and applications*. Oxford: Oxford University Press, 120–159. https://doi.org/10.1093/oso/9780195072181.003.0003

Allen, K., López, E. L. R., Banwart, S. A., Evans, B. (2023). A systematic review of the effects of fecal sludge derived amendments on crop growth and soil health. *ACS ES&T Engineering* 3(6), 746–761. https://doi.org/10.1021/acsestengg.2c00438

Allesina, S., Ulanowicz, R. (2004). Cycling in ecological networks: Finn's index revisited. *Computational Biology and Chemistry* 28(3), 227–233. https://doi.org/10.1016/j.compbiolchem.2004.04.002

Andrásfalvy, B. (2019). *Az ember együttműködése a természettel. (Életgazdagság /biodiverzitás/ a magyar kultúrában). I–II.* https://karpatmedence.net/targyineprajz/gazdalkodas/990-eletgazdagsag-biodiverzitas-a-magyar-kulturaban (utolsó megtekintés: 2025. 05. 05.); https://karpatmedence.net/targyineprajz/gazdalkodas/991-eletgazdagsag-biodiverzitas-a-magyar-kulturaban (utolsó megtekintés: 2025. 05. 05.)

Andrásfalvy, B. (2007). *A Duna mente népének ártéri gazdálkodása*. Budapest: Ekvilibrium Kiadó.

Annarelli, A., Nonino, F. (2016). Strategic and operational management of organizational resilience: Current state of research and future directions. *Omega* 62, 1–18. https://doi.org/10.1016/j.omega.2015.08.004

Aronson, E. (1980). *A társas lény.* Budapest: Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó.

Artuso, A. (2002). Bioprospecting, Benefit Sharing, and Biotechnological Capacity Building. *World Development* 30(8), 1355–1368. https://doi.org/10.1016/S0305-750X(02)00040-2

Axelrod, R. (1984). *The Evolution of Cooperation.* New York: Basic Books.

Fewster, H. (szerk.) (2021). *Az ökológia nagykönyve.* Budapest: HVG Könyvek.

Badgley C, Moghtader J, Quintero E, et al. (2007). Organic agriculture and the global food supply. *Renewable Agriculture and Food Systems* 22(2), 86–108. https://doi.org/10.1017/S1742170507001640

Banerjee, S. B. (2012). Corporate Social Responsibility: The Good, the Bad and the Ugly. *Critical Sociology* 34(1), 51–79. https://doi.org/10.1177/0896920507084623

Bánhidi, Z., Dobos, I. (2024). Measuring digital development: ranking using data envelopment analysis (DEA) and network readiness index (NRI). *Central European Journal of Operations Research* 32(4), 1089–1108. https://doi.org/10.1007/s10100-024-00919-y

Banker, R. D., Charnes, A., Cooper, W. W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science* 30(9), 1078–1092. https://doi.org/10.1287/mnsc.30.9.1078

Barabási, A. L. (2003). *Behálózva (A hálózatok új tudománya).* Budapest: Magyar Könyvklub.

Barabási, A. L. (2016). *A hálózatok tudománya.* Budapest: Libri Kiadó.

Bartholy, J., Pongrácz, R., Gelybó, Gy. (2008). A Kárpát-medencére készült regionális klímaváltozási szcenáriók elemezése. In: Fodor, I., Suvák, A. (szerk.), *A fenntartható fejlődés és a megújuló természeti erőforrások környezetvédelmi összefüggései a Kárpát-medencében.* Konferenciakötet. Pécs: MTA Regionális Tudományok Központja, 93–101.

Bajzáth, A., Bereczkiné Záluszki, A., Darvay, S., Lehmann, M. (2021). *LOGEION. Együttműködő megközelítés az interkulturális nevelés támogatásához.* Budapest: Eötvös Loránd Tudományegyetem Tanító- és Óvóképző Kar. https://www.eltereader.hu/media/2021/09/Logeion_tordelt_webes.pdf?utm_source=chatgpt.com (utolsó megtekintés: 2025. 05. 05.)

Bélyácz, I., Berend, I., Kapitány, Zs., Kiss, T., Varga, J. (1999). *Az emberi tőke felhalmozásának kritikus problémái gazdaságunkban.* Pécs–Budapest: Pécsi Tudományegyetem – OMFB.

Benedek, Z., Csutora, M., Harangozó, G., Marjainé, S. Z., Szabó, Z., Tabi, A., Vetőné, M. Z. (2012). *Az ökológiai lábnyom mint hivatalos mutató magyarországi bevezetése*. Budapest: Budapesti Corvinus Egyetem.

Berezan, R. (2010). Edible Forest Gardens – A perennial agriculture alternative. *The Canadian Organic Grower* 2010/Fall. https://static1.squarespace.com/static/5680b6b80ab37790ca5d0cd8/t/56a024b922482e8e62f6e355/1453335738747/EdibleForestGardens1.pdf (utolsó megtekintés: 2025. 05. 05.)

Bianchi, G., Pisiotis, U., Cabrera, M. (2022). *GreenComp Az európai fenntarthatósági kompetenciakeret.* Luxemburg: Európai Unió JRC Publications Repository. https://doi.org/10.2760/64645

Allesina, S. (2012). Cities as ecosystems: Growth, development and implications for sustainability. *Ecologial Modelling* 245, 185–198. https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2012.02.022

Almárné Illés E. (szerk) (1994). *Britannica Hungarica Világenciklopédia.* Budapest: Magyar Világ Kiadó.

Bodnár, A., Sárvári A. (2006). *Tájrehabilitáció a Dél-Borsodi Mezőségben*, *Keszténye*n. www.creo.hu/~sattila/Fokgazdalkodas.Tajrehabilitacio.Del.Borsod.doc. (utolsó megtekintés: 2008. 11. 15.)

Borrett, S. R., Lau, M. K. (2014). enaR: An R package for Ecosystem Network Analysis. *Methods in Ecology and Evolution* 5(11), 1206–1213. https://doi.org/10.1111/2041-210X.12282

Borrett, S. (2013). Throughflow centrality is a global indicator of the functional importance of species in ecosystems. *Ecological Indicators* 32, 182–196. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.03.014

Borrett, J. (2001). Component Ecological Footprint: Developing sustainable scenarios. *Impact Assessment and Project Appraisal* 19(2), 107–118. https://doi.org/10.3152/147154601781767069

Bos, L. (2003). *Templomos lovagok régen és ma.* Budapest: Új Manifest Kiadó.

Brozović, D. (2023). Societal collapse: A literature review. *Futures* 145, 103075. https://doi.org/10.1016/j.futures.2022.103075

Brown, G. (2021). *Porból élet – Egy család útja a regeneratív mezőgazdálkodás felé.* Törökbálint: T.Bálint Logisztikai és Nyomdaipari Bt.

Cannon, W. (1932). *The Wisdom of the Body.* New York: W. W. Norton & Company INC.

Carnoy, M. (2007). Cuba's Academic Advantage. *Center for Latin American Studies* 2007/Fall. https://clacs.berkeley.edu/sites/default/files/publications/2007fall-brlas-carnoy-cuba.pdf (utolsó megtekintés: 2025. 05. 05.)

Capra, F., Luisi, L. P. (2014). *The Systems View of Life: A Unified Vision.* Cambridge: Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9780511895555

Capra, F. (1996). *The Web of Life: A New Scientific Understanding of Living Systems.* New York: Anchor Books.

Chardin, P. T. (1955). *Le phénomène humain*. Paris: Editions du Seuil. https://archive.org/details/lephenomenehumai0000teil (utolsó megtekintés: 2025. 05. 05.)

Charnes, A., Cooper, W. W., Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research* 2(6), 429–444. https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8

Cheng, K., Yang, H., Chen, Y., Yang, Z., Ren, Y., Zhang, Y., … Guo, Q. (2025). How many trees are there in China? *Science Bulletin* 70(7), 1076–1079. https://doi.org/10.1016/j.scib.2025.02.001

Cherchye, L., Moesen, W., Rogge, N., Van Puyenbroeck, T., Saisana, M., Saltelli, A., Liska, R., Tarantola, S. (2008). Creating composite indicators with DEA and robustness analysis: the case of the Technology Achievement Index. *Journal of the Operational Research Society* 59, 239–251. https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2602445

Cherni, J. A., Hill, Y. (2009). Energy and policy providing for sustainable rural livelihoods in remote locations – The case of Cuba. *Geoforum* 40(4), 645–654. https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2009.04.001

Choe, A. Y.-Y. (2007). Lessons from Cuba to North Korea. *Energïa Journal* 1(2), 11–21.

Common, M., Stagl, S. (2005). *Ecological Economics: An Introduction*. Cambridge: Cambridge University Press. http://dx.doi.org/10.1017/CBO9780511805547

Constanza, R. (2020). Valuing natural capital and ecosystem services toward the goals of efficiency, fairness, and sustainability Ecosystem Services. *Ecosystem Services* 43, 101096. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2020.101096

Cooper, W. W., Seiford, L. M., Tone, K. (2006). *Introduction to Data Envelopment Analysis and Its Uses.* New York: Springer. https://doi.org/10.1007/0-387-29122-9

Cooper, W. W., Seiford, L. M., Zhu, J. (2011). Data Envelopment Analysis: History, Models, and Interpretations. In: Cooper, W., Seiford, L., Zhu, J. (szerk.), *Handbook on Data Envelopment Analysis*. New York: Springer, 1–39. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6151-8_1

Cover, T. M., Thomas, J. A. (1991). *Elements of Information Theory*. New York: WileyInterscience.

Csermely, P. (2004). A gyenge kölcsönhatások ereje a stresszfehérjéktől a szociális hálózatokig. *Magyar Tudomány* 12, 1318–1325.

Csermely, P. (2005). *A rejtett hálózatok ereje.* Budapest: Vince Kiadó.

Csutora, M. (szerk.) (2011). *Az ökológiai lábnyom ökonómiája.* Budapest: Aula Kiadó.

Da Cunha, Í. G. F., Policarpo, R. V. S., de Oliveira, P. C. S., Abdala, E. C., Rebelatto, D. A. N. (2025). A systematic review of ESG indicators and corporate performance: Proposal for a conceptual framework. *Future Business Journal* 11, 106. https://doi.org/10.1186/s43093-025-00539-1

Daly, H. E. (2019). Growthism: Its ecological, economic, and ethical limits. *RealWorld Economics Review* 87, 9–22. https://www.paecon.net/PAEReview/issue87/Daly87.pdf (utolsó megtekintés: 2025. 05. 05.)

Daly, H. E. (2015). *Essays Against Growthism*. Bristol, UK: World Economics Association Books.

Dasgupta, P. (2021). *A biodiverzitás gazdaságtana – A Dasgupta-jelentés (rövidített változat)*. Budapest: Pázmány Péter Katolikus Egyetem – L'Harmattan Kiadó. https://doi.org/10.56037/978-963-646-086-0

Dauncey, G. (2001). *Összeomlás után – szivárványgazdaság.* Budapest: Göncöl Kiadó.

Diamond, J. (2007). *Összeomlás: Tanulságok a társadalmak továbbéléséhez.* Budapest: Typotex Kiadó.

EASAC (2016a). *Circular economy: indicators and priorities for critical materials. A summary*. https://easac.eu/publications/details/circular-economy-indicators-and-priorities-for-critical-materials (utolsó megtekintés: 2025. 05. 05.)

EASAC (2016b). *Circular economy: priorities for critical materials for a circular economy*. https://easac.eu/fileadmin/PDF_s/reports_statements/Circular_Economy/EASAC_Critical_Materials_web_complete.pdf (utolsó megtekintés: 2025. 05. 05.)

EASAC (2016c). *Circular Economy: Indicators for a Circular Economy*. https://easac.eu/fileadmin/PDF_s/reports_statements/Circular_Economy/EASAC_Indicators_web_complete.pdf (utolsó megtekintés: 2025. 05. 05.)

Enoch M., Warren, J. P., Rios, H. V., Menoyo, E. H. (2004). The effect of economic, restrictions on transport practices in Cuba. *Transport Policy* 11, 67–76. https://doi.org/10.1016/S0967-070X(03)00054-4

Ehrlich, P. R., Holdren, J. P. (1971). Impact of population growth. *Science* 171(3977), 1212–1217. https://doi.org/10.1126/science.171.3977.1212

Erdős, K. (2023). *Sustainability for Business Students.* Pécs: PTE KTK Kiadó.

Fang, Z. (2024). Application of linear regression in GDP forecasting. *Advances in Economics, Management and Political Sciences* 72(1), 92–104. https://doi.org/10.54254/2754-1169/72/20240659

Fann, S., Borrett, S. (2012). Environ centrality reveals the tendency of indirect effects to homogenize the functional importance of species in ecosystems. *Journal of Theoretical Biology* 294, 74–86. https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2011.10.030

Faragó, T. (2021). *Éghajlatváltozás – A nemzetközi és a magyarországi klímatudományi együttműködés és a klímapolitika.* Budapest: Magyar Természetvédők Szövetsége. https://mtvsz.hu/uploads/files/A5_Eghajlatvaltozas.pdf (utolsó megtekintés: 2025. 05. 05).

Farrell, M. J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society: Series A (General)* 120(3), 253–281. https://doi.org/10.2307/2343100

Farkas, J. (2023a). Vallás és ökológia. In Farkas, J. (szerk.), *Környezeti Kérdések Közösségi Válaszok*. Budapest: L'Harmattan Kiadó, 63–81.

Farkas, J. (2023b). Bevezetés a humán környezettudományba. In Farkas, J. (szerk.), *Környezeti Kérdések Közösségi Válaszok.* Budapest: L'Harmattan Kiadó, 15–32.

Fath, B (2012). Analyzing Ecological Systems Using Network Analysis. *Ecological Questions* 16, 77–86. DOI: 10.2478/v10090-012-0008-0

Fath, B. D., Patten, B. C. (1999). Review of the foundations of network environ analysis. *Ecosystems* 2, 167–179. https://doi.org/10.1007/s100219900067

Finn, J. T. (1976). Measures of ecosystem structure and function derived from analysis of flows. *J. Theor. Biol*. 56, 363–380. https://doi.org/10.1016/S0022-5193(76)80080-X

Fodor, S. (2024). Jólét vagy jóllét? A pszichés jóllét szerepe és mérése a fenntarthatóság és egy jól működő társadalom kialakításában. I. rész. *Magyar Tudomány* 185(4), 550–562. https://doi.org/10.1556/2065.185.2024.4.11

Fogarassy, Cs., Orosz, Sz., Ózsvári, L. (2016). Evaluating system development options in circular economies for the milk sector – Development options for production systems in the Netherlands and Hungary. *Hungarian Agricultural Engineering* 30, 62–74. https://doi.org/10.17676/HAE.2016.30.62

Fogarassy Cs. (2001). *Energianövények a szántóföldön.* Gödöllő: SZIE GTK Európai Tanulmányok Központja.

Foley, R. A. (2001). Evolutionary perspectives on the origins of human social institutions. *Proceedings of the British Academy* 110*,* 171–195. https://www.thebritishacademy.ac.uk/documents/3765/110p171.pdf (utolsó megtekintés: 2025. 05. 05.)

Folke, C. (2006). Resilience*:* The emergence of a perspective for social–ecological systems analyses*. Global Environmental Change* 16(3), 253–267. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.04.002

Forrester, J. (1969). *Urban Dynamics.* Portland, OR: Productivity Press.
Forrester, J. (1961). *Industrial Dynamics*. Cambridge: MIT Press.
Foster, J. B. (2002). *Ecology Against Capitalism.* New York: Monthly Review Press.
Frimer, J. A., Walker, L. J., Dunlop, W. L., Lee, B. H., Riches, A. (2011). The integration of agency and communion in moral personality: evidence of enlightened self-interest. *Journal of Personality and Social Psychology* 101(1), 149–163. https://doi.org/10.1037/a0023780
Frivaldszky, J. (2007). *Klasszikus természetjog és jogfilozófia.* Budapest: Szent István Társulat.
Gébert, J. (2012). A jólét mérésének elméleti alapjai és problémái. In: Bajmócy, Z., Lengyel, I., Málovics, Gy. (szerk.), *Regionális innovációs képesség, versenyképesség és fenntarthatóság.* Szeged: JATE Press, 303–317.
Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N., Hultink, E. (2017). The Circular Economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production* 143, 757–768. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048
Gelencsér, A. (2023). *Ábrándok bűvöletében A fenntartható fejlődés korlátai.* Budapest: Akadémiai Kiadó. https://doi.org/10.1556/9789634548584
Gerzánics, A. (2019). *MM_C – Mőcsényi Mihály centenárium.* NKA Alkotói Pályázat, kézirat. https://nka.meszorg.hu/wp-content/uploads/2020/09/gerzanics_annamaria_mocsenyi_mihaly_professzor_eletmuvene_kutatasa_MMC.pdf (utolsó megtekintés: 2025. 05. 05.)
Gesell, S. (2004). *A természetes gazdasági rend.* Piliscsaba: Kétezeregy Kiadó.
Geyer, R., Jambeck, J. R., Law, K. L (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Sci. Adv.* 3(7). https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782
Ghisellini, P., Cialanib, C., Ulgiatic, S., (2016). A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *J. Clean. Prod.* 114, 11–32. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007
Ghosh, A. (1958). Input-Output Approach in an Allocation System. *Economica New Series* 25(97), 58–64. https://doi.org/10.2307/2550694
Gladwell, M. (2000). *The tipping point: How little things can make a big difference.* Boston: MA: Little Brown.
Goerner, S. J., Lietaer, B., Ulanowicz, R. E. (2009). Quantifying economic sustainability: Implications for free-enterprise theory, policy and practice. *Ecological Economics* 69, 76–81. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.07.018
Greenspan, I., Cohen-Blankshtain, G., Geva, Y. (2021). NGO roles and anticipated outcomes in environmental participatory processes: a typology. *Nonprofit and Voluntary Sector Quarterly* 51(3), 633–657. https://doi.org/10.1177/08997640211008989
Hajdu, G. (2014). *Tanulmányok a szubjektív jóllét és a társas környezet kapcsolatáról: az összehasonlítás, a kultúra és a normák szerepe.* Budapest: ELTE PhD értekezés.
Hajnal K., Bugya T. (2006). Vizsgálatok a magyarországi városhálózat 1949-2001 közötti népességváltozásairól. *Földrajzi Értesítő* 55(1–2. Füzet), 65–86.

Hajnal, K. (2008). A fenntartható városfejlesztés humánökológiai alapelvei. In: Nagy I. (szerk.), *Városökológia.* Budapest–Pécs: Dialóg Campus, 294–298.

Hall, C. A. S., Lambert, J. G., Balogh, S. (2014). EROI of different fuels and the implications for society. *Energy Policy* 64, 141–152. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.05.049

Hall, C. A. S., Balogh, S., Murphy, D. R. (2009). What is the Minimum EROI that a Sustainable Society Must Have? *Energies* 2(1), 25–47. https://doi.org/10.3390/en20100025

Hammer, M., Hubacek, K. (2002). *Material Flows and Economic Development – Material Flow Analysis of the Hungarian Economy.* IIASA Interim Report. https://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/6729/7/IR-02-057.pdf (utolsó megtekintés: 2025. 05. 05.)

Hannon, B. (1973). The structure of ecosystems. *Journal of Theoretical Biology* 41(3), 535–546. https://doi.org/10.1016/0022-5193(73)90060-X

Harder, R., Wielemaker, R., Larsen, T. A., Zeeman, G., Öberg, G. (2019). Recycling nutrients contained in human excreta to agriculture: Pathways, processes, and products. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 49(8), 695–743. https://doi.org/10.1080/10643389.2018.1558889

Hardin, G. (1968). The tragedy of the commons. *Science* 162(3859), 1243–1248. https://doi.org/10.1126/science.162.3859.1243

Hart, S. L. (1997). Beyond Greening: Strategies for a Sustainable World. *Harward Business Review* 75(1), 66–76.

Hawken, P. (szerk.) (2017). *Drawdown.* New York: Penguin Books.

Hawken, P., Lovins, A., Lovins, H. (1999). *Natural Capitalism. The Next Industrial Revolution.* London: Earthscan Publications Ltd.

Herrmann, E., Tomasello, M. (2006). Apes' and children's understanding of cooperative and competitive motives in a communicative situation. *Developmental Science* 9(5), 518–529. https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2006.00519.x

Henderson, H. (2010). The politics of money. In: Dawson, J., Norbert-Hodge, H., Jackson, R. (szerk.), *Gaian Economics.* Permanent Publications.

Hetesi, Zs., Kiss, T. (2018). *Ember és Természet: Kiút a zsákutcából.* Budapest: NKE Kiadó.

Hetesi, Zs. (2008). *A felélt jövő.* Budapest: Fenntartható Fejlődés Egyetemközi Kutatócsoport. https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://tig.kgk.uni-obuda.hu/dl.php%3Ffileid%3D791&ved=2ahUKEwimlNbNkP6OAxWI9QIHHWg-KiMQFnoECBsQAQ&usg=AOvVaw2H2nL--A-DLK4sac2xdTJI (utolsó megtekintés: 2025. 05. 05.)

Hirsch, F. (1977). *Social Limits to Growth*. London: Routledge & Kegan Paul. https://doi.org/10.1016/S0313-5926(77)50008-2

Hitaj, C., Suttles, S. (2016). Trends in U.S. Agriculture's Consumption and Production of Energy: Renewable Power, Shale Energy, and Cellulosic Biomass. *United States Department of Agriculture Economic Research Service Economic Information Bulletin* 159. https://ers.usda.gov/sites/default/files/_laserfiche/

publications/74658/60128_eib159.pdf?v=64735 (utolsó megtekintés: 2025. 05. 05.)

Ho, I. S-S., McGill, K., Malden, S. et al. (2023). Examining the social networks of older adults receiving informal or formal care: a systematic review. *BMC Geriatr* 23(531). https://doi.org/10.1186/s12877-023-04190-9

Holling, C. S. (1973). Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecological Systems* 4, 1–24. https://doi.org/10.1146/annurev.es.04.110173.000245

Hot or Cool Institute| (2024). *The 2024 Happy Planet Index.* Berlin: Quartiersweg 4, 10829. www.hotorcool.org

Hsu, K. J., Hsu, A. (1991). Self-similarity of the "1/f noise" called music. *Proc. Natl. Acad. Sci*. 88(8), 3507–3509. https://doi.org/10.1073/pnas.88.8.3507

Hubacek, K., Giljum, S. (2003). Applying physical input/output analysis to estimate land appropriation (ecological footprints) of international trade activities. *Ecological Economics* 44(1), 137–151. https://doi.org/10.1016/S0921-8009(02)00257-4

Janssen, M. A., Ö. Bodin, J. M. Anderies, T. Elmqvist, H. Ernstson, R. R. J. McAllister, P. Olsson, P. Ryan. (2006). Toward a network perspective on the resilience of social-ecological systems. *Ecology and Society* 11(1), 15. https://doi.org/10.5751/ES-01462-110115

Jebb, A. T., Tay, L., Diener, E. et al. (2018). Happiness, income satiation and turning points around the world. *Nat Hum Behav.* 2, 33–38. https://doi.org/10.1038/s41562-017-0277-0

Jenkins, J. (2019). *The Humanure Handbook: Shit in a Nutshell*. Joseph Jenkins Inc. (4th ed.). https://humanurehandbook.com/ (utolsó megtekintés: 2025. 05. 05.)

Kakazu, H. (1994). *Sustainable Development of Small Island Economies*. Westview Press.

Kant, I. (2003). *Az ítélőerő kritikája.* Sapientia Humana. Budapest: Osiris Kiadó.

Keith, H., Kun, Z., Hugh, S. et al. (2024). Carbon carrying capacity in primary forests shows potential for mitigation: Achieving the European Green Deal 2030 target. *Communications Earth & Environment* 5(256). https://doi.org/10.1038/s43247-024-01416-5

Kellert, S. (2005). *Building for Life: Designing and Understanding the Human-Nature Connection.* Island Press.

Kerekes, S. (2018). *A környezetgazdaságtan alapjai.* Budapest: Akadémiai kiadó. https://doi.org/10.1556/9789634542261

Kiss, T., Braun, E., Sebestyén, T. (2025). Production network structure, specialization and unemployment: Measuring the structural resilience of national economies. *Structural Change and Economic Dynamics* 72, 11–28. https://doi.org/10.1016/j.strueco.2024.11.009

Kiss, T., Hartung, K., Hetesi, Zs. (2019). Termelőüzem ökológiai szempontú tervezése. *Közgazdasági Szemle* 66(7–8), 863–886. https://doi.org/10.18414/KSZ.2019.7-8.863

Kiss, T., Kiss, V. (2018). Ecology-related resilience in urban planning – A complex approach for Pécs (Hungary). *Ecological Economics* 144, 160–170. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.08.004

Kiss, T., Kiss, V. (2021). Develop resilience – a System-Level dynamic indicator for testing the Long-Term impact of planned projects based on a Watershed and a city strategy example. *Ecological Indicators* 129, 107970. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107970

Kiss, T., Popovics, S. (2021). Evaluation on the effectiveness of energy policies – Evidence from the carbon reductions in 25 countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 149, 111348. https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111348

Kiss, T., Hetesi, Zs., Kiss, V. (2024). Ecological design of a production plant. *Ecological Economics* 224, 108290. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2024.108290

Kiss, T., Szerb, L., Krabatné Fehér, Z., Rideg, A. (2023). A hatékonyság és a vállalati kompetenciák kapcsolatának vizsgálata a magyar kisvállalatoknál DEA módszer segítségével. *Szigma* 54(2), 83–103. https://doi.org/10.15170/SZIGMA.54.1185

Kiss, K. (2005). *Zöld gazdaságpolitika*, Budapest: Budapesti Közgazdaságtudományi és Államigazgatási Egyetem, Környezetgazdaságtani és technológiai tanszék, egyetemi jegyzet közgazdász hallgatóknak. https://numen.extra.hu/jegyzet/misc/KORNYPOL/zgazdpol.pdf (utolsó megtekintés: 2025. 05. 05.)

Kochhar, R., Sechopoulos, S. (2022). *How the American middle class has changed in the past five decades.* Short reads April 20 Pew Research Center. https://www.pewresearch.org/short-reads/2022/04/20/how-the-american-middle-class-has-changed-in-the-past-five-decadesnagysddddd (utolsó megtekintés: 2025. 05. 05.)

Kocsis, T. (2023). Közgazdasági válaszok a környezeti fenntarthatóság kihívásaira. In: Farkas J. (szerk.), *Környezeti kérdések közösségi válaszok*. Budapest: L'Harmattan Kiadó, 47–62.

Koltai, T. (2023). *Relatív hatékonyságvizsgálat (DEA)*. Budapest: Akadémiai Kiadó. https://doi.org/10.1556/9789634548980

Koopmans, T. C. (1951). An Analysis of Production as an Efficient Combination of Activities. In: Koopmans, T. C. (szerk.), *Activity Analysis of Production and Allocation, Cowles.* Commission for Research in Economics, Monograph, 13. Wiley, 33–97.

Korhonen, J., Honkasalo, A., Seppälä, J. (2018). Circular economy: The concept and its limitations. *Ecological Economics* 143, 37–46. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.06.041

Korten, D. C. (1996). *Tőkés társaságok világuralma*. Budapest: Magyar Kapu Alapítvány.

Kost, W. E. (2004). Cuban Agriculture: to be or not to be organic? *Cuba in Transition* 14(560). ASCE. https://ascecubadatabase.org/publications/annual-proceedings/cuba-in-transition-volume-14/ (utolsó megtekintés: 2025. 05. 05.)

Kovács, G. (1996). A bűnös város mítosza. *Pannonhalmi Szemle* 4(2), 85–96. https://phszemle.hu/wp-content/uploads/2024/03/1996_2_17_09_Kovacs.pdf (utolsó megtekintés: 2025. 05. 05.)

Kovács, G. (2021). A természet, a város, a technológia, a kölcsönös segítség elve: Lewis Mumford ökológiai kultúrkritikája. *Magyar Filozófiai Szemle* 65(3), 32–46. https://epa.oszk.hu/00100/00186/00070/pdf/EPA00186_magyar_filozofiai_szemle_2021_03.pdf (utolsó megtekintés: 2025. 05. 05.)

Körner, A., Saborit-Sánchez, I. (2008). Proposal for the integration of decentralised composting of the organic faction of municipal solid waste into the waste management system of Cuba. *Waste Management* 28(1), 64–72. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2006.12.009

Lansing, J. S., Kremer, J. K. (1993). Emergent properties of Balinase Water Templee Networks: Coadaptation on a Rugged Fitness Landscape. *American Anthropologist New Series* 95(1), 97–114. http://www.jstor.org/stable/pdf/681181.pdf (utolsó megtekintés: 2025. 05. 05.)

László, E. (2002). *Meg tudod változtatni a világot*. Budapest: Magyar Könyvklub.

Layard, R. (2003). Has social science a clue? Lecture 1: what is happiness? Are we getting happier? In: *Lionel Robbins memorial lecture series* 03–05. Mar 2003, London, UK. http://eprints.lse.ac.uk/47425/ (utolsó megtekintés: 2025. 05. 05.)

Lenzen, M. (2007). Structural path analysis of ecosystem networks. *Ecological modelling* 200, 334–342. https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2006.07.041

Lenton, T. M., Vaughan, N. E. (2009). The radiative forcing potential of different climate geoengineering options. *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions* 9(15), 5539–5561. https://doi.org/10.5194/acpd-9-2559-2009

Levit, S, G. (2000). The Biosphere and the Noosphere Theories of V. I. Vernadsky and P. Teilhard de Chardin: A Methodological Essay. *Archives Internationales D'Histoire des Sciences* 50(144), 160–176. https://www.academia.edu/3989329/The_Biosphere_and_the_Noosphere_Theories_of_V_I_Vernadsky_and_P_Teilhard_de_Chardin_A_Methodological_Essay?auto=download (utolsó megtekintés: 2025. 05. 05.)

Lewis, K. A., Christian, R. R., Martin, C. W., Allen, K. L., McDonald, A. M., Roberts, V. M., … Valentine, J. F. (2021). Complexities of disturbance response in a marine food web. *Limnology and Oceanography* 67(S1). https://doi.org/10.1002/lno.11790

Lietaer, B., Arnsperger, D., Goerner, S., Brunnhuber, S. (2012). *Money and Sustainability: The Missing Link* Triarchy Press.

Lipsey, R. G. (1979). *An introduction to positive economics.* Weidenfeld and Nicolson.

Lorenz, K. (2002). *Ember voltunk hanyatlása.* Budapest: Carthapilus Kiadó.

Louv, R. (2008). *Last Child in the Woods: Saving Our Children From Nature-Deficit Disorder.* Algonquin Books.

Lowman, M. D. (2023). *A nyolcadik kontinens: Egy élet a fák lombkoronája fölött.* Budapest: Park Könyvkiadó.

Lu, P., Stead, D. (2013). Understanding the notion of resilience in spatial planning: A case study of Rotterdam, The Netherlands *Cities* 35, 200–212. https://doi.org/10.1016/j.cities.2013.06.001

Lyubomirsky, S., Sheldon, K. M., Schkade, D. (2005). Pursuing Happiness: The Architecture of Sustainable Change. *Review of General Psychology* 9(2), 111–131. https://doi.org/10.1037/1089-2680.9.2.111

Maal-Bared, R. (2006). Comparing environmental issues in Cuba before and after the Sepcial Period: Balancing sustainable development and survival. *Environment International* 32, 349–358. https://doi.org/10.1016/j.envint.2005.08.002

Maani, K. E., Cavana, R. Y. (2007). *Systems Thinking, System Dynamics Managing Change and Complexity.* New Zealand: Pearson Education.

MacQueen, K., McLellan-Lemal, E., Metzger, D., Kegeles, S., Strauss, R., Scotti, R., …, Trotter, R. (2001). What is community? an evidence-based definition for participatory public health. *American Journal of Public Health* 91(12), 1929–1938. https://doi.org/10.2105/ajph.91.12.1929

Madarász, B., Járási, É. Z., Jakab, G., Szalai, Z., Ladányi, M. (2025). Economic comparison of conventional and conservation tillage in a longterm experiment: Is it worth shifting? *International Soil and Water Conservation Research* 13(6), 501–510. https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2025.02.012

Madarász, Cs., Nizák, P. (2022). Innovatív társadalmi részvételi módszerek és gyakorlatok Európában és Magyarországon. *Pólusok Folyóirat* 3(2). https://doi.org/10.15170/PSK.2022.03.02.04

Makarieva, A. M., Gorshkov, V. G. (2007). Biotic pump of atmospheric moisture as driver of the hydrological cycle on land. *Hydrology and Earth System Sciences* 11(2), 1013–1033. https://doi.org/10.5194/hess-11-1013-2007

Málovics, Gy. (2020). *Ökológiai közgazdaságtan, átalakulás, társadalmi részvétel.* Szeged: JATE Press.

Mankiw, N. G. (2011). *A közgazdaságtan alapjai.* Budapest: Osiris Kiadó.

Manning, R. (2010). The Impact and Design of the MDGs: Some Reflections. *IDS Bulletin* 41(1), 7–14. https://doi.org/10.1111/j.1759-5436.2010.00098.x

Mao, X., Yuan, D., Wei, X., Chen, Q., Yan, C., He, L. (2015). Network analysis for a better water use configuration in the baiyangdian basin, China. *Sustainability* 7(2), 1730–1741. https://doi.org/10.3390/su7021730

Maslow, A. (1970). *Motivation and personality.* New York: Harper and Row.

Mathew, R. T. (2024). Plastic contamination in aquatic ecosystems: a fisheries perspective. *Asian Journal of Water, Environment and Pollution* 21(3), 1–7. https://doi.org/10.3233/AJW240028

Max-Neef, M. (1991). *Human Scale Economics: Conception, Application and Further Refl ections.* New York–London: The Apex Press.

Mazhar, W., Zilahy, Gy. (2025). Understanding Green Food Consumption Behavior: A Literature Review. *Periodica Polytechnica Social and Management Sciences* 33(1), 97–111. https://doi.org/10.3311/PPso.21002

Meadows, D. (2008). *Thinking in Systems A Primer.* Chelsea Green Publishing.

Meadows, D. H., Randers, J., Meadows, D. L. (2005). *A növekedés határai.* Budapest: Kossuth Kiadó.

Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J., Behrens, W. W. (1972). *Limits to growth*. Signet.

Meadows, D. H. (1999). *Leverage points: Places to intervene in a system*. The Sustainability Institute. https://donellameadows.org/archives/leverage-points-places-to-intervene-in-a-system/ (utolsó megtekintés: 2025. 05. 05.)

McLeay, M., Radia, A., Thomas, R. (2014). Money creation in the modern economy. *Quarterly Bulletin 2014 Q1* Bank of England.

Mendonça, D., Wallace, W. A. (2015). Factors underlying organizational resilience: The case of electric power restoration in New York City after 11 September 2001. *Reliability Engineering and System Safety* 141, 83–91. https://doi.org/10.1016/j.ress.2015.03.017

Mérő, L. (1996). *Mindenki másképp egyforma.* Budapest: Tericum Kiadó.

Mesoudi, A., Chang, L., Murray, K., Lu, H. J. (2015). Higher frequency of social learning in China than in the West shows cultural variation in the dynamics of cultural evolution. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 282(1798), 20142209. https://doi.org/10.1098/rspb.2014.2209

Mészáros, M. (1994). Physics of the 21st Century. In: Gidai, E. (szerk.), *Proceedings of the Fourth Hungarian Future-Research Conference (titled "Hungary is at the Threshold of 21st Century").* Budapest: Academic Press.

Miller, R. E., Blair, P. D. (2009). *Input-Output Analysis – Foundations and Extensions.* Second Edition. Cambridge: Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9780511626982

Minx, J. C., Creutzig, F., Medinger, V., Ziegler, T., Owen, A., Baiocchi, G. (2011). Developing a Pragmatic Approach to Assess Urban Metabolism in Europe – A Report to the Environment Agency. Berlin–Stockholm: Technische Universität–Stockholm Environment Institute. http://ideas.climatecon.tu-berlin.de/documents/wpaper/CLIMATECON-2011-01.pdf (utolsó megtekintés: 2025. 05. 05.)

Miskolczy, A. (2012). A „hungarus-tudat" a polgári-nemzeti átalakulás sodrában. *Magyar Kisebbség: Nemzetpolitikai Szemle* 17(3–4), 163–204.

Mollison, B. (1981). *Introduction to permaculture*. The Rural Education Center.

Monavari, S. M., Fard, S. M. B. (2010). Application of network method as a tool for integrating biodiversity values in environmental impact assessment. *Environmental Monitoring and Assessment* 172(1–4), 145–156. https://doi.org/10.1007/s10661-010-1323-9

Mumford, L. (1985). *A város a történelemben.* Budapest: Gondolat Kiadó.

Nagy, S. A. (2018). Vizes élőhelyek rekonstrukciójának ökológiai értékelése. *Debreceni Szemle* 26(4), 444–458.

Nardo, M., Saisana, M., Saltelli, A., Tarantola, S., Hoffman A., Giovannini, E. (2005). *Handbook on constructing composite indicators: methodology and user's guide.* Paris: OECD Statistics Working Paper, JT00188147. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/533411815016

Nobilis, M., Vida, M. (szerk.) (2020). *Környezet, teremtés, felelősség.* Budapest: Pázmány Péter Katolikus Egyetem – L'Harmattan Kiadó. https://ppke.hu/storage/tinymce/uploads/Zlinszky_Urge_V.pdf (utolsó megtekintés: 2025. 05. 05.)

Nováky, E., Cserháti, I. (1996). *A magyar gazdaság és környezet kapcsolata rendszerdinamikai megközelítésben.* Jövőtanulmányok 8. Budapest: BKE Jövőkutatási Tanszék.

Nowak, M. A. (2006). Five Rules for the Evolution of Cooperation. *Science* 314(5805), 1560–1563. https://doi.org/10.1126/science.1133755

Nurk, S., et al. (2022). The complete sequence of a human genome. *Science* 376(6588), 44–53. https://doi.org/10.1126/science.abj6987

Nuss, P., Chen, W., Ohno, H., Graedel, T. (2016). Structural investigation of aluminum in the u.s. economy using network analysis. *Environmental Science & Technology* 50(7), 4091–4101. https://doi.org/10.1021/acs.est.5b05094

Odum, H. T. (1998). *Emergy Evaluation.* Conference paper was presented at the International Workshop on Advances in Energy Studies: Energy flows in ecology and economy. Porto Venere, Italy. https://archive.epa.gov/emap/aed/html/collaboration/web/pdf/emergyeval.pdf (utolsó megtekintés: 2025. 05. 05.)

Odum, H. T. (1995). *Environmental Accounting: Emergy and Environmental Decision Making.* Wiley.

Ohnsorge-Szabó, L. (2003). *Ökológiai gazdaságtan és monetarizmus.* Budapest: L'Harmattan Kiadó.

Oláh, J. (2021). Az élelmezés- és környezetbiztonság kihívásai az EU bioökonómiai stratégiájának tükrében. *MTA Doktori Értekezés.*

Ostrom, E. (1990). *Governing the commons.* Cambridge: Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9780511807763

OXFAM (2024). *Survival of the richest.* Oxfam. https://www.oxfam.org/en/research/survival-richest (utolsó megtekintés: 2025. 05. 05.)

Panek, T. Z., Zwierzchowski, J. (2024). *Subjective Well-Being in European Union Countries.* SGH Publishing House. https://www.researchgate.net/publication/362326934_Subjective_Well-Being_in_European_Union_Countries (utolsó megtekintés: 2025. 05. 05.)

Paquot, T., Masson-Zanussi, Y., Stathopolos, M. (szerk.) (2012). *Alter Architectures Manifesto.* Eterotopia, Infolio.

Pauli, G. (2023). *Diaper Solutions: How 100 Babies can change the Course of the World*. (No publisher).

Pauli, G. (2025). Palau Pristine. *TheBlueEconomy.org* https://www.theblueeconomy.org/en/palau-palau-palan/ (utolsó megtekintés: 2025. 05. 05.)

Pauli, G. (2018). *The Strongest Tree.* Dragon Shine Corporation.

Pauli, G. (2017). *The Blue Economy 3.0: the Marriage of Science, Innovation and Entrepreneurship Creates a New Business Model that Transforms Society.* XLIBRIS. The Blue Economy Paradigm Pubns.

Pauli, G. (2010). *A kék gazdaság.* Pécs: PTE KTK.

Perman, R., Ma, X., Common, M., Maddison, D., McGilvray, J. (2011). *Natural Resource and Environmental Economics.* Addison Wesley.

Peters, O., Christensen, K. (2002). Rain: relaxations in the sky. *Phys. Rev.* E 66, 036120. https://doi.org/10.1103/PhysRevE.66.036120

Peters, G., Mendelsohn, R. (1989). Valuation of an Amazonian Rainforest. *Nature,* 339, 655–656. https://doi.org/10.1038/339655a0

Piercy, E., Granger, R., Goodier, C. (2010). Planning for Peak Oil: Learning from Cuba's „Special Period". *Proceedings of the ICE – Urban Design and Planning* 163(4), 169–176. https://doi.org/10.1680/udap.2010.163.4.169

Piketty, T., Saez, E. (2003). Income inequality in the United States, 1913–1998. *The Quarterly Journal of Economics* 118(1), 1–39. https://doi.org/10.1162/
00335530360535135+4

Polányi, K. (2001). *A nagy átalakulás.* Budapest: Napvilág Kiadó.

Polányi, K. (1976). *Az archaikus társadalom és a gazdasági szemlélet.* Budapest: Gondolat Kiadó.

Porter, M., Van der Linde, C. (1995). Green and competitive. *Harvard Business Review* 73(5), 120–134. https://hbr.org/1995/09/green-and-competitive-ending-the-stalemate (utolsó megtekintés: 2025. 05. 05.)

Prahalad, C. K. (2006). *Esélyek a piramis alján.* Budapest: HVG Kiadó.

Raymond, E. S. (2000). *The cathedral and the bazar.* (online szabad hozzáférésű) http://www.catb.org/~esr/writings/cathedral-bazaar/cathedral-bazaar/ (utolsó megtekintés: 2025. 05. 05.)

Rees, W. E. (1996). Revisiting Carrying Capacity: Area-Based Indicators of Sustainability. *Population and Environment* 17(3), 195–215. https://doi.org/10.1007/BF02208489

Reese, L., Zalewski, M. (2014). Substantive and procedural tolerance. *Urban Affairs Review* 51(6), 781–818. https://doi.org/10.1177/1078087414556092

Richardson, K., Steffen, W., Lucht, W., Bendtsen, J., Cornell, S. E., Donges, J. F., Drüke, M., Fetzer, I., Bala, G., von Bloh, W., Feulner, G., Fiedler, S., Gerten, D., Gleeson, T., Hofmann, M., Huiskamp, W., Kummu, M., Mohan, C., Nogués-Bravo, D., Petri, S., Porkka, M., Rahmstorf, S., Schaphoff, S., Thonicke, K., Tobian, A., Virkki, V., Weber, L., Rockström, J. (2023). Earth beyond six of nine planetary boundaries. *Science Advances* 9(37). https://doi.org/10.1126/sciadv.adh2458

Riesman, D. (1973). *A magányos tömeg.* Budapest: Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó.

Rivera, M. C. (n. d.). *Renaissance in the tropics: Paolo Lugari or Gaviotas Age.* Centro Las Gaviotas.

Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin III, F. S., Lambin, E., Lenton, T. M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H., Nykvist, B., De Wit, C. A., Hughes, T., Van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P. K., Costanza, R., Svedin, U., Falkenmark, M., Karlberg, L., Corell, R. W., Fabry, V. J., Hansen, J., Walker, B., Liverman, D., Richardson, K., Crutzen, P., Foley, J. (2009). Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. *Ecol. Soc.* 14(2). https://www.jstor.org/stable/26268316 (utolsó megtekintés: 2025. 05. 05.)

Rodale Institute (2014). *White Paper on Regenerative Organic Agriculture*. Rodale Institute. https://rodaleinstitute.org/assets/WhitePaper.pdf (utolsó megtekintés: 2025. 05. 05.)

Roth, D. (2014). Environmental sustainability and legal plurality in irrigation: the Balinese subak. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 11, 1–9. https://doi.org/10.1016/j.cosust.2014.09.011

Sacks, J. (2002). *The Money Trail.* New Economics Foundation. https://new-economicsf.files.svdcdn.com/production/files/money-trial.pdf?dm=1601649770 (utolsó megtekintés: 2025. 05. 05.)

Scharler, U., Fath, B. D. (2009). Comparing network analysis methodologies for consumer-resource relations at species and ecosystem sscales. *Ecological Modelling* 220, 3210–3218. https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2009.02.011

Senge, P. M., Smith, B., Kruschwitz, N., Laur, J., Schley, S. (2008). *The necessary revolution: How individuals and organizations are working together to create a sustainable world*. New York: Doubleday.

Shannon, C. E. (1948). A Mathematical Theory of Communication. *The Bell System Technical Journal* 27(4). https://doi.org/10.1002/j.1538-7305.1948.tb00917.x

Simonyi, K. (1986). *A fizika kultúrtörténete.* Budapest: Gondolat Kiadó.

Spengler, O. (2011). *A nyugat alkonya.* Budapest: Noran Libro.

Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., et al. (2015). Planetary Boundaries: Guiding Human Development on a Changing Planet. *Science* 347(6223). https://www.science.org/doi/10.1126/science.1259855 (utolsó megtekintés: 2025. 05. 05.)

Steiner, R. (1924). *A mezőgazdaság gyarapodásának szellemtudományos alapjai. Előadások 1924-ben Koberwitzben.* Budapest: Genius Kiadó.

Steiner, R. (2012). *Nemzetgazdasági kurzus.* Budapest: Silmenor Kiadó.

Steiner, R. (1990). *A szociális kérdés lényege.* Budapest: Kerekasztal-Kör Tanácsadó Kft. https://kerekasztal.com/kerekasztal/download/vk_2017/Rudolf_Steiner_A_szocialis_kerdes_lenyege.pdf (utolsó megtekintés: 2025. 05. 05.)

Suh, S. (2005). Theory of materials and energy flow analysis in ecology and economics. *Ecological Modelling* 189(3–4), 251–269. https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.011

Szabados, G. (2013). Munkáslét a Magyar Gördülőcsapágy-gyárban a klasszikus szocialista rendszerben. *Metszetek* 2013(2–3), 255–275. https://ojs.lib.unideb.hu/metszetek/article/view/12355/10937 (utolsó megtekintés: 2025. 05. 05.)

Szabó, E., Pomázi, I. (2006a). Az anyagáramlás-elemzés (statisztikai) módszertani kérdései I. *Statisztikai Szemle* 84(3), 271–283.

Szabó, E., Pomázi, I. (2006b). Az anyagáramlás-elemzés (statisztikai) módszertani kérdései II. *Statisztikai Szemle* 84(4), 400–416.

Szigeti, C., Tóth, G., Szabó, R. D. (2017). Decoupling – shifts in ecological footprint intensity of nations in the last decade. *Ecological Indicators* 72, 111–117. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.07.034

Szlávik, J. (szerk.) (2012). *Környezetgazdaságtan.* Budapest: Typotex Kiadó.

Szyrmer, J., Ulanowicz, R. E. (1987). Total Flows in Ecosystems. *Ecological Modelling* 35, 123–136. https://doi.org/10.1016/0304-3800(87)90094-9

Takács-Sánta, A. (2023). A közlegelők tragédiája és komédiája. In Farkas, J. (szerk.), *Környezeti kérdések közösségi válaszok.* Budapest: L'Harmattan Kiadó, 171–184.

Tallman, S. (2012). *No-till case study: Brown's Ranch.* NCAT Agronomist Publisher.

Tanka, E. (szerk.) (2014). *A magyar föld sorsa.* Budapest: Agroinform Kiadó.

Tilly, L. J. (1968). The structure and dynamics of Cone Spring. *Ecol. Monogr.* 38(2), 169–197. https://doi.org/10.2307/1942291

Tobin, J. (1978). A Proposal for International Monetary Reform. *Cowles Foundation Discussion Papers,* 741. https://elischolar.library.yale.edu/cowles-discussion-paper-series/741 (utolsó megtekintés: 2025. 05. 05.)

Tóth, G. (2022). A bolygó legújabb határai. *Magyar Tudomány* 183(11), 1476–1487. https://doi.org/10.1556/2065.183.2022.11.9

Tóth, G. (2016). *Gazdasággép.* Budapest: L'Harmattan Kiadó – Követ Egyesület.

Totman, C. (2006). *Japán története.* Budapest: Osiris Kiadó.

Trepanowski, J., Canale, R., Marshall, K., Kabir, M., Bloomer, R. (2011). Impact of caloric and dietary restriction regimens on markers of health and longevity in humans and animals: a summary of available findings. *Nutrition Journal* 10(1). https://doi.org/10.1186/1475-2891-10-107

Tuzson, Z. (2013). Az aranymetszés és a Fibonacci számok mindenütt. *Polygon* 21(1–2), 108–121. https://www.math.u-szeged.hu/polygonlap/p242.pdf (utolsó megtekintés: 2025. 05. 05.)

Ulanowicz, R. E., Goerner, S. J., Lietaer, B., Gomez, R. (2009). Quantifying sustainability: Resilience, efficiency and the return of information theory. *Ecol. Complex.* 6(1), 27–36. https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2008.10.005

Ulanowicz, R. E. (2014). Reckoning the nonexistent: Putting the science right. *Ecol. Model.* 293, 22–30. https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2014.03.014

Ulanowicz, R. E. (2009). The dual nature of ecosystem dynamics. *Ecological Modelling* 220, 1886–1892. https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2009.04.015

Ulanowicz, R. E., Kay, J. J. (1991). A package for the analysis of eco- systems flow networks. *Environmental Software* 6(3), 131–142. https://doi.org/10.1016/0266-9838(91)90024-K

Ulanowicz, R. E. (1986). *Growth & Development: Ecosystems Phenomenology.* New York: Springer–Verlag. https://doi.org/10.1007/978-1-4612-4916-0

Ulanowicz, R. E. (1980). A hypothesis on the development of natural communities. *Journal of Theoretical Biology* 85, 223–245. https://doi.org/10.1016/0022-5193(80)90019-3

UNDP (2016). *Sustainable Development Goals.* United Nations Development Programme. http://www.undp.org (utolsó megtekintés: 2025. 05. 05.)

UNEP (2011). *Decoupling natural resource use and environmental impacts from economic growth.* UNEP–International Resource Panel. https://www.resourcepanel.org/reports/decoupling-natural-resource-use-and-environmental-impacts-economic-growth ((utolsó megtekintés: 2025. 05. 05.)

Unesco (2004). Educating rural people: a low priority. *The newsletter of Unesco's education sector* 9(87). https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000134440 (utolsó megtekintés: 2025. 05. 05.)

Van den Bergh, J. C. J. M., Verbruggen, H. (1999). Spatial sustainability, trade and indicators: an evaluation of the 'ecological footprint'. *Ecological Economics* 29(1), 61–72. https://doi.org/10.1016/S0921-8009(99)00032-4

Van Vuuren, D. P., Faber, A. (2009). *Growing within limits. A report to the Global Assembly 2009 of the Club of Rome.* Netherlands. https://www.pbl.nl/uploads/default/downloads/500201001_0.pdf (utolsó megtekintés: 2025. 05. 05.)

Varga, A. (2023). Természetvédelem és hagyományos ökológiai tudás. In: Farkas, J. (szerk.), *Környezeti kérdések közösségi válaszok.* Budapest: L'Harmattan Kiadó, 154–170.

Végh, L., Szám, D., Hetesi, Zs. (2008). *Utolsó kísérlet.* Budapest: Kairosz Kiadó.

Végh, L. (2004). A civilizáció hatása környezetére. *Acta Acad. Paed. Agriensis, Sectio Physicae* XXXI, 5–23. https://publikacio.uni-eszterhazy.hu/244/1/Sectio_pyisicae.pdf (utolsó megtekintés: 2025. 05. 05.)

Vekerdy, T. (2004). *Az iskola betegít?* Budapest: Saxum Kiadó Bt.

Vernadsky, V. I. (1926). *Biosfem.* Leningrad: NHTI.

Vernadsky, V. I. (1926) *Biosfera (The Biosphere).* Leningrad: Scientific Chemico-Technical Publishing. https://content.cosmos.art/media/pages/library/the-biosphere/cc69af7420-1595268662/vladimir-i-vernadsky-the-biosphere.pdf (utolsó megtekintés: 2025. 05. 05.)

Vitousek, P., Ehrlich, P., Ehrlich, A., Matson, P. (1986). Human appropriation of the products of photosynthesis. *BioScience* 36, 368–374. https://doi.org/10.2307/1310258

Vunnava, V., Singh, S. (2021). Integrated mechanistic engineering models and macroeconomic input–output approach to model physical economy for evaluating the impact of transition to a circular economy. *Energy & Environmental Science* 14(9), 5017–5034. https://doi.org/10.1039/d1ee00544h

Wackernagel, M., Rees, W. (2001). *Ökológiai lábnyomunk*. Budapest: Föld Napja Alapítvány.

Wahl, D. C. (2025). *Regeneratív kultúrák létrehozása és gondozása.* Budapest: Profilantrop Egyesület.

Wang, S., Yu, J., Okubo, K. (2019). Scenario analysis on the generation of end-of-life hybrid vehicle in developing countries—focusing on the exported secondhand hybrid vehicle from Japan to Mongolia. *Recycling* 4(4), 41. https://doi.org/10.3390/recycling4040041

Warneken, F., Chen, F., Tomasello, M. (2006). Cooperative activities in young children and chimpanzees. *Child Development* 77(3), 640–663. https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2006.00895.x

Weiss, J. (2008). Az „abszolút tudás" fogalma. *Világosság* 3–4, 37–48. https://epa.oszk.hu/01200/01273/00046/pdf/20080513113152.pdf (utolsó megtekintés: 2025. 05. 05.)

Weisman, A. (1999). *Gaviotas: A Village to Reinvent the World.* Chelsea Green Publishing.

Werner, K. A., Poehlein, A., Schneider, D., ElSaid, K., Wöhrmann, M., Linkert, I., Hübner, T., Brüggemann, N., Prost, K., Daniel, R., Grohmann, E. (2022). Thermophilic composting of human feces: Development of bacterial community composition and antimicrobial resistance gene pool. *Frontiers in Microbiology* 13, 824834. https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.824834

Wernick, A., Banzuzi, E., Mörelius-Wulff, A. (2023). Do european smart city developers dream of gdpr-free countries? the pull of global megaprojects in the face of eu smart city compliance and localisation costs. *Internet Policy Review* 12(1). https://doi.org/10.14763/2023.1.1698

White, R. E., Marino, G. E. G. (2007). Las Gaviotas: Sustainability in the Tropics. *World Watch Magazine* 20(3b). https://www.researchgate.net/publication/294817973_Las_Gaviotas_Sustainability_in_the_tropics (utolsó megtekintés: 2025. 05. 05.)

WHR (2025). *World Happiness Report.* https://worldhappiness.report/ (utolsó megtekintés: 2025. 05. 05.)

Wiener, N. (1948). Cybernetics. *Scientific American Magazine,* 179(5). https://doi.org/10.1038/scientificamerican1148-14

Wilber, K. (2009). *A működő szellem rövid története.* Budapest: Ursus Libris.

Wohlleben, P. (2017). *A természet rejtett hálózata: A fák és állatok titkos kommunikációja.* Budapest: Park Könyvkiadó.

Wolfe, R. L. (2004). *Rural-urban migration and the stabilization of Cuban agriculture.* Food First Organisation. http://www.foodfirst.org/node/1123 (utolsó megtekintés: 2008. 05. 15.)

Wright, J. (2009). *Sustainable Agriculture and Food Security in an Era of Oil Scarcity Lessons from Cuba.* London: Earthscan

WWF (2024). *Living Planet Report 2024 – A System in Peril.* Switzerland: WWF, Gland. https://www.wwf.org.uk/sites/default/files/2024-10/living-planet-report-2024.pdf (utolsó megtekintés: 2025. 05. 05.)

Yu, E., Luu, B., Chen, C. (2020). Greenwashing in environmental, social and governance disclosures. *Research in International Business and Finance* 52, 101192. https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2020.101192

Zhang, Y., Zheng, H., Yang, Z., Li, J., Yin, X., Liu, G. Su, M. (2015). Analysis of urban energy consumption in carbon metabolic processes and its structural attributes: a case study for Beijing. *Journal of Cleaner Production* 103, 884–897. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.07.075

Zimbardo, P. (2007). *The Luciver Effect: Understanding How Good People Turn Evil.* New York: Random House

Zinkernagel, R., Evans, J., Neij, L. (2018). Applying the sdgs to cities: business as usual or a new dawn? *Sustainability* 10(9), 3201. https://doi.org/10.3390/su10093201

Z. Karvalics, L. (1996). Az információtörténeti gondolkodás ágazatai, kiindulópontjai és kezdetei. *Világtörténet* ősz–tél, 10–25. https://real-j.mtak.hu/2125/1/Vilagtortenet_1996.pdf (utolsó megtekintés: 2025. 05. 05.)

Zorach, A. C., Ulanowicz, R. E. (2003). Quantifying the complexity of flow networks: how many roles are there? *Complexity* 8(3), 68–76. https://doi.org/10.1002/cplx.10075

Zsiborács, H., Hegedűsné Baranyai, N., Vincze, A. (2024). Energiabefektetés-energiahozam arány: a megújuló és fosszilis energiaforrások hatékonyságának és fenntarthatóságának összehasonlítása. *Magyar Tudomány* 185(4), 508–524. https://doi.org/10.1556/2065.185.2024.4.8