

## BAJMÓCY ZOLTÁN–MÁLOVICS GYÖRGY

### Az ökológiai hatékonyságot növelő innovációk hatása a fenntarthatóságra

#### Az *IPAT* formula dinamizálása

---

A fenntarthatósággal kapcsolatban folyó viták egyik központi témája az egységnyi kibocsátásra jutó környezeti terhelés csökkentése, azaz a termelés ökológiai hatékonyságának növelése. Jelen tanulmány az emberi tevékenység környezeti hatásait szemléltető *IPAT* formula dinamizálása révén olyan analitikus keret felállítására törekszik, amelyben célszerűbben elemezhetők az ökológiai hatékonyságot növelő innovációk makroszintű környezeti hatásai. A szakirodalomban gyakran megjelenő visszapattanó hatáson túl több olyan mechanizmust mutat be, amelyek miatt az ökológiai hatékonyságot növelő innovációk nem feltétlenül érik el a kívánt környezeti hatást. E probléma a jelenlegi gazdasági-társadalmi berendezkedés mellett nem pusztán technológiai kérdés. Az, hogy az ökológiai hatékonyság vált a problémák észlelésének és a megoldások keresésének egyik legfőbb keretévé, elterelheti a figyelmet az intézményi, szemléletbeli változást sürgető érvekről.\* *Journal of Economic Literature* (JEL) kód: M14, O30, Q55, Q57.

---

A fenntarthatósággal kapcsolatos szakirodalmi, politikai és közéleti vitákban az innovációk és általában a technológiai változás szerepének megítélése igen széles skálán mozog. Bizonyos megközelítésekben alapvetően a technológiai változás teszi lehetővé az elmozdulást a fenntarthatóság irányába. Jól tetten érhető ez egyes politikai dokumentumokban (*Európai Bizottság* [2005]) és nagyvállalati szövetségek megközelítéseiben (*WBCSD* [2005]). Az álláspontok másik végpontja szerint viszont a technológiai változás a probléma és nem a megoldás része. Indokolható ez azzal, hogy a technológiai változás a gazdasági növekedés legfőbb mozgatórugója (*Solow* [1957]). Gyakran szokás továbbá itt utalni a *Jevons* [1866] Szénkérdés című munkája által inspirált érvekre: a visszapattanó hatás jelenségére.

E vitákban igen hangsúlyos szerepre tett szert az ökológiai hatékonyság növelésének fenntarthatóságra<sup>1</sup> gyakorolt jótékony hatása melletti érvelés. E szerint az innovációk ugyanúgy irányulhatnak a természeti tőkével való takarékoskodásra, mint ahogy más esetben a munkával, vagy tőkével való takarékoskodásra. Azaz az ökológiai hatékonyságot\*\* növelő innovációk csökkenthetik az egységnyi kibocsátásra jutó környezetterhelést.

\* A tanulmány az NKTH Baross Gábor Program támogatásával készült: BAROSS-DA07-DAELEM-07-2008-0001.

\*\* A tanulmányban az ökohatékonyság helyett a magyar nyelvbe jobban illeszkedő ökológiai hatékonyság kifejezést használjuk (*a szerkesztő*).

<sup>1</sup> A fenntarthatóság értelmezésének részletes kifejtése messze túlmutat jelen tanulmány keretein. Arra a feltételre építünk, hogy a fenntarthatóság irányába tett elmozdulásnak szükséges, de minden bizonnyal nem elégséges feltétele az emberi tevékenység természeti környezetre gyakorolt hatásának csökkentése.

*Bajmócy Zoltán* a Szegei Tudományegyetem Gazdaságtudományi Kar Közgazdaságtani és Gazdaságfejlesztési Intézetének egyetemi docense (e-mail: bajmocyz@eco.uszeged.hu).

*Málovics György* a Szegei Tudományegyetem Gazdaságtudományi Kar Közgazdaságtani és Gazdaságfejlesztési Intézetének egyetemi docense (e-mail: malovics.gyorgy@eco.uszeged.hu).

Tanulmányunkban amellet érvelünk, hogy az ökológiai hatékonyság gondolatának középpontba állítása a problémák észlelésének és a megoldások keresésének olyan keretét eredményezte, amelyben számos, a fenntarthatóság szempontjából lényeges kérdés „partvonalon kívülé” vált. Az ökológiai hatékonyság alapvetően a vállalatok fenntarthatóságára vonatkozó megközelítést tükrözi, ami sok esetben a politika számára is vonzó, hiszen nem merül fel benne a mélyreható intézményi változás szükségessége.

Először az ökológiai hatékonyság mint megoldáskeresési mód szerepét elemezzük. Majd egy olyan elemzési keret felállítására teszünk kísérletet, amely képes lehet számos további szempontot integrálni az ökológiai hatékonyság és fenntarthatóság kapcsolatáról szóló diskurzusokba. Ezt követően felállítjuk e gondolkodási keret alapvonásait, és az úgynevezett *IPAT* formula dinamizálása révén egy olyan elemzési keret kialakítására törekszünk, amelynek segítségével vizsgálható, hogy a vállalatok által bevezetett ökológiai hatékonyságot növelő innovációk makroszinten hogyan hatnak a környezeti hatás megváltozására. Végül összegezzük az érveinket, következtetéseinket.

### Az ökológiai hatékonyság mint diskurzus

Az ökológiai hatékonyság fogalmának előtérbe kerülése nagyban összefügg azzal a képpel, amely a nagyvállalatok fenntarthatósági szerepe kapcsán kristályosodott ki, s amely a nagyvállalatok fenntarthatóságról alkotott elképzeléseit tükrözi (*Springett* [2003]). Minthogy ez az elképzelés jelentős hatással volt a politikára, a közbeszédre és a tudományos munkákra is, így joggal tekinthetünk az ökológiai hatékonyságra úgy, mint a problémaészlelés és a megoldási javaslatok keresésének kereteit megadó diskurzus központi kérdésére.<sup>2</sup>

Arra, hogy a nagyvállalati szféra esetében a vállalatok fenntarthatóságban játszott szerepét alapvetően az ökológiai hatékonyság növelésével<sup>3</sup> azonosítják, a legmeggyőzőbb példát a World Business Council for Sustainable Development (*WBCSD*) dokumentumai szolgáltatják. E szervezet mintegy 200 vezető multinacionális vállalatot foglal magában a világ minden részéről. Célja, hogy platformot teremtsen a fenntartható fejlődéssel kapcsolatos elképzelések, bevált megoldások, tapasztalatok megosztására, a fenntartható fejlődéssel kapcsolatos ügyek felkarolására, az üzleti szféra ezzel kapcsolatos álláspontjának kialakítására.

A *WBCSD* az elmúlt években számos dokumentumot tett közzé, amelyekből érzékelhető a szervezet (és így az általa képviselt üzleti szféra) *fenntarthatósági „önértékelése”*.<sup>4</sup> A *WBCSD* [2007] – a jelenlegi üzleti paradigma keretein belül maradó – megközelítése számos, a vállalat–társadalom viszonyt kutató szerző között is igen népszerű (*Porter–*

<sup>2</sup> A diskurzus fogalom a filozófia „nyelvi fordulatának” terméke, amely a társadalomtudományokra is jelentős hatást gyakorolt. Lényege, hogy a nyelvi keret nem egyszerű leképezése a vizsgált folyamatoknak, hanem önállóan is elemzendő, hiszen kijelöli a vizsgálható tárgyak, az észlelhető problémák, a felvethető megoldási javaslatok és egyáltalán az igazságként elfogadható érvek körét. A diskurzus ilyen módon társadalmi termék, társadalmi viszonyokat tükröz (*Foucault* [2001], *Habermas* [1991]).

<sup>3</sup> Ökológiai hatékonyságon a vállalat által előállított hozzáadott érték és a környezeti hatás hányadosa értendő. Míg az előbbi jellemzően valamilyen pénznemben megadott értékben, addig az utóbbit fizikai mennyiségben (például szén-dioxid) szokás megadni (*Schaltegger–Burritt* [2005]), azaz az ökológiai hatékonyság fokozása nem más, mint e hányados értékének növelése.

<sup>4</sup> Természetesen az üzleti szféra fenntarthatósági szerepének önértékelését a tudományos szakirodalom is elemzi. *Tóth* [2003] szerint például az üzleti szféra a környezeti fenntarthatóságot az ökohatékonysággal azonosítja. *Springett* [2003] megállapítja, hogy a fenntartható fejlődéssel kapcsolatos diskurzust nagyrészt a nagyvállalatok irányítják, és az főként az ökomodernizációra koncentrál. Hasonló megállapításra jut a főáramú vállalati fenntarthatóságról szóló irodalom „elhallgatásainak” elemzése alapján *Pataki* [2009], valamint a vállalatok társadalmi felelősségvállalása főáramú szakirodalmának tabuit elemző *Kallio* [2007] is.

Linde [1995], Porter–Kramer [2006], Ligeti [2007], Kotler–Lee [2007], Winter [1997]. E megközelítés lényege, hogy a vállalati társadalmi felelősségvállalási és fenntarthatósági intézkedések mind a vállalat, mind pedig a bioszféra és társadalom szempontjából kedvezők (Pataki [2000]).

Az üzleti szféra önértelmezésének egyik fő jellemzője pedig nem más, mint az *ökológiai-hatékony-ság-közpon-tosság*. Az ökohatékony-ság központi szerepe a vállalati fenntarthatóság értelmezésében már a WBCSD-dokumentumok címeiből, illetve a szervezet küldetéséből<sup>5</sup> is kitűnik (WBCSD [2005]). A fenntarthatóság a WBCSD szerint versenyképesen árazott, az emberi igényeket kielégítő és minőségi életet biztosító áruk és szolgáltatások oly módon történő nyújtása révén érhető el, amelynek során progresszíven csökkentik az ökológiai hatásokat és erőforrás-intenzitást az egész életcikluson keresztül egy olyan szintre, ami összhangban van a Föld becsült eltartó képességével. Az ökológiai hatékonyságot tartják az elsődleges és legfontosabb módnak, ahogyan az üzleti szféra hozzájárulhat a fenntartható fejlődéshez.

A szervezet dokumentumai alapján az *ökológiai hatékonyság hét összetevője* (WBCSD [1996a], [1996b], [1997], [1998], [2006]):

- a termékek és szolgáltatások anyagintenzitásának csökkentése,
- a termékek és szolgáltatások energaintenzitásának csökkentése,
- a mérgező anyagok környezetbe jutásának csökkentése,
- az anyagi újrahasznosítás növelése,
- a megújuló erőforrások fenntartható használatának maximalizálása,
- a termékek élettartamának kiterjesztése, és
- a termékek és szolgáltatások szolgáltatásintenzitásának növelése.

Az eszközök, amelyek segítségével a fenntarthatóság (ökológiai hatékonyság) elérhető: vállalatirányítási eszközök (életciklus-elemzés, környezeti irányítási rendszerek, környezeti könyvvitel stb.), ökológiai hatékonysági kutatás-fejlesztés, környezeti szempontokat figyelembe vevő tervezés, termelési ökológiai hatékonyság; ökológiai hatékonysági beszerzés és marketing, eladás utáni szolgáltatások és az anyagciklusok bezárása (WBCSD [1996a]).

Az ökológiai hatékonyságot növelő vállalat számos politikai dokumentum szerint is a felelős, fenntarthatóság ügyét előmozdító vállalat szinonimájává vált (Európai Bizottság [2002]). Emellett – de ezzel szoros összefüggésben – az ökológiai hatékonyság növelése *makrogazdasági célként is* szerepel. Erre jó példát szolgáltat az Európai Unió megújult lisszaboni stratégiája és fenntartható fejlődési stratégiája (Európai Bizottság [2001], [2005]). A fogalom ugyanis makroszinten is könnyen értelmezhető mint az egységnyi gazdasági teljesítményre jutó környezetterhelés, vagyis egy ország (térség) ökológiai hatékonysága növekszik, ha egységnyi gazdasági teljesítményt kisebb környezetterhelés révén állít elő.

Az ökológiai hatékonysági diskurzus egyik legfontosabb jellemzője a két különböző összefüggésben (mikro- és makroszinten) megfogalmazott ökológiai hatékonysági fogalom összemossa. Az ökológiai hatékonyságot növelő vállalati innováció egyben a makrogazdasági ökológiai hatékonyság növekedéséhez is hozzájárul. Pontosabban fogalmazva, ez általában úgy jelenik meg, hogy egy-egy ország (térség) környezeti hatékonyságának növelése az egyes vállalatok ökológiai hatékonyságot növelő innovációi révén valósítható meg.

<sup>5</sup> Küldetése, hogy üzleti vezetést biztosítson, mint a fenntartható fejlődés irányába történő elmozdulás katalizátora, és hogy szorgalmazza az ökológiai hatékonyság, innováció és a vállalatok társadalmi felelősségvállalásának szerepét a fenntartható fejlődésben (WBCSD [2005]).

E szemléletben egy-egy térség (ország) fenntarthatósági – ökológiai hatékonysági – céljainak eléréséhez a vállalati innovációk járulnak hozzá. Ezért a jelenlegi intézményi keret (és legfőképpen a piac) lehetővé teszi a fenntarthatóság irányába tett elmozdulást:

- csupán amúgy is zajló innovációs folyamatot kell abba az irányba terelni, hogy „ökológiai innovációk” jöjjenek létre;
- ez egybeváág az erőforrás-megtakarításokkal kapcsolatos vállalati érdekekkel is.

Az ökológiai hatékonysági diskurzus fenntartja a tartós növekedés lehetőségét, csupán felhívja a figyelmet, hogy a technológiai változásnak elég gyorsnak kell lennie ahhoz, hogy hatása ellensúlyozza a növekedés pótlólagos környezeti hatásait. Így tökéletesen illeszkedik a fenntartható fejlődés gondolatvilágához.

Az ökológiai hatékonysággal kapcsolatos gondolkodás tehát a *piaci szereplők tevékenységét* állítja a középpontba, a kérdéskörnek nem része a jelenlegi gazdasági, politikai és intézményi berendezkedés fenntarthatósághoz fűződő viszonya, sőt ezek fel sem vethetők ebben az összefüggésrendszerben.<sup>6</sup>

Az úgynevezett *IPAT* formula széles körben ismert és látszólag egyértelmű következtésekkel szolgáló *analitikus keretet* biztosít az ökológiai hatékonyság fogalomköre számára. Az eredeti formájában mintegy negyven éve leírt összefüggés (*Ehrlich–Holdren* [1971]) jelentős hatást váltott ki a szakirodalomban és a politikai szintén is (*Fischer-Kowalsi–Amman* [2001], *Ekins* [2004], *Takács-Sánta* [2008], *Kocsis* [2010]).

A formula a következő:

$$I = P \times A \times T. \quad (1)$$

*I* = az emberi tevékenység természeti környezetre gyakorolt hatása (*impact*),

*P* = a népességszám (*population*),

*A* = az egy főre jutó gazdasági teljesítmény (*affluence*),

*T* = technológia (*technology*), amely azt jelzi, hogy a gazdasági javak előállítására környezeti hatással jár.

A *T* lényegében *inverz ökológiai hatékonysági mutató*, hiszen az *I* és a  $P \times A$  hányadosaként áll elő, ahol pedig a  $P \times A$  szorzat a gazdaság összteljesítményét jelöli.

A formula *látszólag* egyértelmű következtetéssel szolgál a növekvő ökológiai hatékonyság fenntarthatósági hatásaira vonatkozóan: az ökológiai hatékonyság növelése a gazdasági tevékenység természeti környezetre gyakorolt hatását csökkenti.

Míthogy az ökológiai hatékonysági irodalom hajlamos a mikro- és makroszinten értelmezett ökológiai hatékonyságot „összemosni”, így az *IPAT* formulából adódó következtetést nemritkán az ökológiai hatékonyságot növelő innovációk szerepének demonstrálására is felhasználják. E szerint, ha egy vállalati szereplő növeli ökológiai hatékonyságát, akkor csökken az *IPAT* formula *T* értéke, és így a fenntarthatóság irányába történő elmozdulásról beszélhetünk.

Az *IPAT* formula e következtetés levonását azonban nem engedi meg. Ráadásul ebben a formájában alkalmatlannak tűnik arra, hogy segítségével az ökológiai hatékonyság megváltozásának *I*-re gyakorolt hatását elemezzük. E célból az *IPAT* formula átalakítása (dinamizálása) tűnik szükségesnek. A következőkben ennek gondolati keretét tárjuk fel, majd konkrét javaslatot teszünk arra, hogyan lehetne célszerű az ökológiai hatékonyságot növelő innovációk fenntarthatósági hatását elemezni.

<sup>6</sup> A fenntartható fejlődés kritikai elemzők szerint nem más, mint a fejlődéshez (növekedéshez) való ragaszkodás deklarálása (*Sachs* [2004]). E keretben nehezen tematizálhatók a gyökeres intézményi, szemléletbeli változást sürgető érvek (növekedésnélküliség, anyagi fogyasztás csökkentése stb.).

## Az ökológiai hatékonyság és a fenntarthatóság vizsgálatának gondolati kerete

Ahhoz, hogy az ökológiai hatékonyságot növelő innovációk (makroszinten jelentkező) fenntarthatósági hatását vizsgálni tudjuk, szükséges a technológiai változás jelenségrendszereinek néhány sajátosságát kiemelni – itt most a változás koevolúciós jellegére, illetve a technológia kontextusfüggőségére összpontosítunk.

A piacra bevezetett (üzleti gyakorlatba vett) új termelési módok, termékek gazdaság-átalakító hatását igen korán felismerték. A technológiai változás kortárs irodalmára közvetlen hatást gyakorló *Schumpeter* [1950] a kapitalista piacgazdaság alapvető mozgatórugójának tekintette ezen újdonságokat. Sőt a teremtő rombolás fogalma révén arra is rámutatott, hogy a változás át rajzolja az addig meglévő struktúrákat, intézményeket. Nemcsak újakat hoz létre, hanem a meglévők egy részét megszünteti. Ugyanakkor a változás nemcsak a gazdasági berendezkedésre, de a társadalmi folyamatokra és a gazdaság–természeti környezet viszonyra is hatással van (*Polányi* [1944], *Beck* [2003], *Kemp és szerzőtársai* [1998]).

A befolyásolás azonban nem egyirányú. A megváltozott gazdasági, társadalmi és környezeti folyamatok visszahatnak a technológiai változás menetére, az innovációs képességre, az újdonságkeresés folyamatára és az innovációk elterjedésére. Az innovációs rendszer fogalmát kidolgozó, illetve a technológia társadalmi felépítését (*social construction of technology*, *SCOT*) hangsúlyozó írások az innovációs folyamatot befolyásoló tényezők sokaságát tárják fel (*Nelson* [1993], *Ludvall* [1992], *Edquist* [2005], *Pinch–Bijker* [2005]).

Egy ilyenfajta viszony leírásakor kevésbé hasznos a technológiai változás által generált, illetve a technológiai változásra gyakorolt hatások külön-külön történő kezelése. Jóval célravezetőbb lehet egy úgynevezett *koevolúciós megközelítés* alkalmazása (*Dosi–Nelson* [1994], *Nelson* [1995], *Gowdy* [1994], *Gual–Norgaard* [2010]). Koevolúciónak nevezhetünk egy kapcsolatot:

- ha az egyik szférában zajló folyamatok részben a másik szférában végbemenő változások következményei (azokra adott válaszok), és ez fordítva is fennáll, és így
- a hatások részben a korábbi egymásra hatások következményei.

A technológiai változás elemzésünk szempontjából lényeges további sajátossága a *kontextusfüggőség*. Ez megvilágítható egyrészt a változást befolyásoló tényezőknek, másrészt az adott technológiai megoldások konkrét használatának (használhatóságának) szemszögéből.

Az innovációs rendszerek irodalma részletesen feltárja, hogy a technológiai változást szervezetek és intézmények halmaza befolyásolja. Ezen tényezők (az innovációs rendszer) *hely- és időspecifikusak*, tehát a különböző időben és helyen zajló innovációs folyamatok befolyásoló tényezői mindig egy egyedi (az összes többitől különböző) rendszert alkotnak (*Rothwell* [1994], *Nelson* [1993], *Ludvall és szerzőtársai* [2002], *Edquist* [2005]). Mindez azt jelenti, hogy a technológiai változás adott mozzanata mindig valamilyen szintű egyediséget hordoz magán, a technológiai változásról nehéz *általában* beszélni.

A technikafilozófia mélységében feltárja, hogy a technológiai tudás nem általános érvényű, hanem *helyzetfüggő* tudás (*Ropolyi* [2004]): egy adott technológiai megoldás használata valamely konkrét szituációban nyeri el az értelmét. Az adott szituációt pedig megint csak tényezők (gyakorlatilag végtelen) sokasága befolyásolja.

Végül ezzel szorosan összefügg, hogy egy adott technológiai megoldás csak a többi technológiai megoldás *egy adott rendszerében nyeri el értelmét* (használható). Ugyanis a technológiai megoldások szervesen kapcsolódnak egymáshoz, feltételezik egymás meglétét. Ha e kapcsolódások közül csupán egy-kettő is hiányzik, akkor a technológia

az adott formában használhatatlan lesz. E problémára az evolucionista közgazdaságtan a *fizikai és a társadalmi technológiai* elkülönítése révén keresi a választ (Nelson [2002]). A fizikai technológia a termék vagy szolgáltatás előállításának módját (ennek az ismeretét), míg a társadalmi technológia a munkamegosztás és koordinálás módját jelenti. Fizikai technológia például az, hogy egy pék ismeri az ízletes kenyér készítésének receptjét. Ez azonban csak bizonyos társadalmi technológiához kapcsolódva nyeri el értelmét (működnek malmok a gazdaságban, kereskedők, akitől az alapanyagot beszerzi, cégek, amelyek a kemencét javítják stb.). Egy adott helyzetben sikeresen működtethető megoldás ennél fogva nem biztos, hogy más helyzetben is ugyanolyan hatékony, avagy egyáltalán működőképes.

Mindez azt jelenti, hogy a technológiai változás is helyzetfüggő, csak az adott szituációban értelmezhető mozzanatok sokaságából épül fel, amit hely- és időspecifikus tényezők rendszere befolyásol. Ez egyben azt is maga után vonhatja, hogy a technológiai változás hatásai is speciális összefüggésben jelentkeznek.

A fenti két sajátosság *elemzésünk szempontjából* több fontos következménnyel is jár. Többek között fel kell oldani az *IPAT* formula azon implicit feltevését, hogy a környezeti hatást befolyásoló tényezők egymástól függetlenek. Továbbá a formula pontosításra szorul a tekintetben, hogy az ökológiai hatékonyságot növelő innovációk pontosan hogyan is hatnak *T* megváltozására.

### Az ökológiai hatékonyságot növelő innovációk környezeti hatásai

Az ökológiai hatékonyságot növelő innovációk mikroszinten zajló folyamata és a makroszinten értelmezett környezeti hatás változása közötti kapcsolatot az *IPAT* formula dinamizálásával kísérjük meg összekötni.<sup>7</sup> Ki kell emelni, hogy a környezet-gazdaságtani, illetve ökológiai közgazdaságtani szakirodalomban nem ritka az *IPAT* formula valamilyen célú módosítása, átértelmezése. A hazai szerzők közül Takács-Sánta András eredményeit mindenképpen ki kell emelni (Takács-Sánta [2008]). Ugyanakkor a mi célunk a formula dinamizálásával kifejezetten az, hogy vizsgálhatók legyenek az ökológiai hatékonyságot mikroszinten növelő innovációk makroszintű környezeti hatásai. Ily módon átalakításunk különbözik a korábbi kísérletektől.

A könnyebb értelmezhetőség kedvéért először is az *IPAT* formulát úgy alakítjuk át, hogy az ökológiai hatékonysággal való kapcsolat ne inverz összefüggés legyen:

$$I = PA(1/X), \quad \text{ahol} \quad X = 1/T. \quad (2)$$

A makrogazdaság ökológiai hatékonyságát tehát *X* jelzi, amely a gazdasági összeteljesítmény ( $P \times A$ ) és a környezeti hatás (*I*) hányadosa. Így ha egy innováció növeli az ökológiai hatékonyságot, akkor *X* növekedéséről és nem *T* csökkenéséről kell beszélnünk.

<sup>7</sup> Abból indulunk ki, hogy egy mikroszereplő ökológiai hatékonyságot növelő innovációt vezet be. Ám az már önmagában is vita tárgya lehet, hogy az ökológiai hatékonyságot növelő innovációk létrejötte milyen mértékben várható a jelenlegi intézményi berendezkedés (szociotechnológiai rendszer) közepette. Az ökológiai hatékonyságról szóló irodalom ugyanis abból indul ki, hogy a vállalatok számára az erőforrásokkal való takarékoskodás versenyelőnyt jelent, hiszen relatív költségcsökkenéshez vezet. Ám az kétséges, hogy a relatív szűkösségre vonatkozó piaci jelzések valóban képesek-e ökológiai hatékonyságot növelő innovációkat indukálni (Málovics-Bajmócy [2009]), valamint az is, hogy mi is valójában a piaci árak természeti erőforrásokra vonatkozó tartalma (Ropke [2005a]).

### A fizikai és társadalmi technológia elkülönítése

Az ökológiai hatékonyság korábban kifejtett mikroszintű értelmezéséből adódik, hogy az csak a vállalat szűken vett termelési módjára vonatkozik. Mint azt azonban az előzőkben kifejtettük, a vállalat technológiájának megváltozása együtt jár a technológia „kapcsolódási pontjainak”, környezetének megváltozásával is. Ráadásul semmi okunk nincs annak feltételezésére, hogy a két hatás feltétlenül azonos irányba mutat. Azaz könnyen előállhat olyan eset, amikor egy vállalat ökológiai hatékonyságot növelő innovációt hajt végre, de eközben az újdonsághoz kötődő társadalmi technológiának az ökológiai hatékonysága csökken.

Fontos azt hangsúlyoznunk, hogy a *társadalmi technológia* ökológiai hatékonyságának megváltozása nem a termelés volumenének emelkedéséből, hanem a munkamegosztás módjának változásából ered.<sup>8</sup> Például a mezőgazdaság gépesítése esetén növelhetők a terméshozamok, de eközben ki kell építeni az új gépek gyártásának, kereskedelmének és szervizelésének mechanizmusait a gazdaságban. Ez pedig pótlólagos környezetterheléssel jár. Ez tipikus probléma lehet akkor, amikor az ökológiai szempontból hatékony termelési módokat alacsony jövedelmű országokba telepítik. Ilyen esetekben gyakran hiányoznak a feltételek a technológia működtetéséhez (például a berendezések szervizeléséhez). Ez pedig a technologiaexportőr országtól való fokozott függéssel jár, ami növeli a szállításokat és az utazásokat a két ország között.

A szállítás (öko)hatékonyságának növekedése hasonlóan megváltoztatja az ökológiai folyamatokat – következtében a globális gazdasági rendszer lehetőséget nyújt a javak nagyarányú földrajzi transzferére: a fejlett országok gazdasági növekedését a természeti erőforrás fejlődőkből történő transzfere teszi lehetővé (Röpke [2005b], Schütz és szerzőtársai [2004], Giljum–Eisenmenger [2004], Andersson–Lindroth [2001]).

Nem csupán arról van szó, hogy a fokozódó szállítás növeli a környezetterhelést, hanem kikerült a rendszerből egy fontos negatív visszacsatolási mechanizmus. Miután egyes közösségek képesek maguktól eltávolítani fogyasztásuk negatív környezeti hatásait, a természeti tőke hiánya – az anyagi javak termelésének és fogyasztásának abszolút vagy relatív korlátjaként – később jelentkezik. Emellett a térbeli diszkontálás miatt a természeti javakkal kapcsolatos határhaszon kevésbé csökken, ami viszont kevésbé környezettudatos választásokhoz vezet (Boda [2004]). Ez pedig azt jelenti, hogy az ökológiai hatékonyság növekedése olyan módon változhatja meg a javak termelésének és fogyasztásának módját, hogy az összességében nem enyhíti, hanem fokozza a környezeti terhelést.

Minthogy a technológiai változás mögött akár ellentétes irányú folyamat is meghúzódhat az ökológiai hatékonyság szempontjából, célszerű a fizikai és a társadalmi technológia változását külön kezelni:

$$\Delta X = t_p + t_s, \quad (3)$$

ahol  $t_p$  az ökológiai hatékonyság innovációnak köszönhető változását jelöli a fizikai technológia esetében, míg  $t_s$  ugyanezt a társadalmi technológia kapcsán. Míg  $t_p$  vizsgálati keretünkben szükségszerűen pozitív, addig  $t_s$  negatív értéket is felvehet. Így tehát az ökológiai hatékonyságot növelő innovációk csak akkor növelhetik makroszinten is az ökológiai hatékonyságot, ha azt nem oltja ki a társadalmi technológia ökológiai hatékonyságában bekövetkező csökkenés.<sup>9</sup>

<sup>8</sup> Azaz ezt a hatást el kell különíteni a később tárgyalandó visszapattanó hatás jelenségétől.

<sup>9</sup> Itt eltekintünk annak elemzésétől, hogy az ökológiai hatékonyságot növelő technológia elterjedése előtt számos korlát állhat a gazdaságban (Kemp és szerzőtársai [1998], Málovics–Bajmócy [2009]).

## Az ökológiai hatékonyság növekedésének szisztematikus túlbecslése

Az innovációk környezeti hatásainak becslése során alapvető probléma a *bizonytalanság* szükségszerű jelenléte. Egy-egy újdonság lehetséges környezeti hatásainak felismerése az újdonság bevezetésének pillanatában korlátokba ütközik. Ez nem egyszerűen a tökéletlen informáltságból adódik, hanem az adott pillanatban a hatások egy része szükségszerűen megismerhetetlen (Hronszky [2002], Beck [2003]).

E bizonytalanság több tényezőtől fakad. Az egyik a *bioszféra-folyamatok* komplexitása, szakaszos és rendszerszerű működése (Novacek–Cleland [2001], Gowdy [2004]). E komplex rendszerbe történő beavatkozás bizonyos mértékig megjósolhatatlan változásokat idézhet elő előre nem látott helyen és időben. A másik tényező, amelyből a bizonytalanság fakad, az maga az *újdonság*. Egy technológia hatásainak felmérése kapcsán alapvetően múltbeli tapasztalatainkra tudunk támaszkodni, a lehetséges hatásokat annak alapján tudjuk felmérni. Könnyen előállhat viszont, hogy az innováció olyan új folyamatokat generál, amelyekkel kapcsolatban ezek a múltbeli tapasztalatok nem adnak eligazítást (Schot [2001], Hronszky [2002]).<sup>10</sup>

A problémát tovább bonyolítja a változás *reflexív* jellege. Egy újdonság ugyanis megváltoztathatja azokat a feltételeket, amelyek között létrejött, és így megváltoztathatja saját lehetséges hatásait is. Napjaink új technológiai megoldásainak jelentős része a korábbi megoldások által okozott (sokszor előre nem látott) problémákat igyekszik orvosolni (Beck [2003]). Például az új rovarirtó szerek alkalmazása nem kis részben amiatt vált szükségessé, hogy a mezőgazdasági kártevők ellenállóvá váltak a korábbi szerekkel szemben. A kórokozók antibiotikumokkal szembeni ellenálló képességének kialakulása is új hatóanyagok keresését kényszerítette ki. A haszonnövények genetikai módosítását is részint azzal indokolják, hogy azok a klímaváltozás bizonyos problémáira (például a szárazságra) kínálnak választ. Nem nehéz belátni, hogy ezek az innovációk újabb előre nem látott hatásokat generálhatnak (Takács-Sánta [2010], Darvas–Székács [2010]).

Tovább nehezíti a hatások kezelését, hogy ezek jó része szakasos módon (érzékszervekkel) nem észlelhető. Ezek a *modernizációs kockázatok* (Beck [2003]) oksági értelmezésen alapulnak, feltárásuk tudományos kutatást igényel, azaz felismerésüket (egyáltalán létezésük elismerése) és a megoldások keresését jelentős mértékben társadalmi folyamatok és intézmények határozzák meg. Így a bizonytalanság kezelésére a társadalom domináns hozzáállása nagyban rányomja bélyegét.

Mindennek következtében a környezeti hatások egy részét az innováció bevezetésének pillanatában szükségszerűen nem észleljük. Egy másik részük az addigi tapasztalatok és tudományos ismeretek alapján már felismerhető lenne, de társadalmi elismerésük még nem történt meg.<sup>11</sup> Mindez az ökológiai hatékonyságot növelő innovációkra is ugyanúgy igaz lehet.

<sup>10</sup> A mezőgazdaságban használt rovarirtó szerekkel kapcsolatban például könnyen megmutatható az ilyesfajta bizonytalanság jelenléte. A szénhidrogén-alapú rovarirtó szerek használata során számos olyan új mechanizmust kellett felismerni, amely jelentősen megváltoztatta a környezeti hatásokról alkotott képet. Ilyen például, hogy egyes mérgek felhalmozódnak a szervezetben, így a kis hatások az idő során összeadódnak. A következő lépés annak felismerése, hogy egyes vegyületek a talajban új típusú (addig nem ismert) vegyületekké alakulhatnak át. Ezek környezetre gyakorolt hatása előre szükségszerűen nem képzelhető el. A különböző bomlástermékek továbbá kapcsolatba léphetnek egymással (akár a talajban, akár az élő szervezetben), ami szintén tökéletesen újszerű hatásokat eredményezhet.

<sup>11</sup> Ez nem azonos azzal a kategóriával, amikor bizonyos konkrét esetekben vagy adott technológiák kapcsán különböző érdekcsoportok arról vitáznak, hogy fellép-e egy adott hatás, vagy sem. Ahogy azt például Carson [2007] is megmutatta, még viszonylag egyértelmű bizonyítékok esetén is gyakran letagadhatják a környezeti hatást, amikor az konkrét üzleti vagy politikai érdekeket sért. Ez viszont már témánk szempontjából nem döntő jelentőségű, hiszen itt az elvi lehetőség megvan arra, hogy az adott hatást számszerűsítsük.



Tehát feltételezhető, hogy bizonyos előre nem látott (mellék)hatásokkal szembesülni fogunk, még ha azt pontosan nem is tudhatjuk, hogy ezek milyen természetűek. Így az innovációk következtében a pótlólagos környezetterhelés valamilyen fokával számolhatunk. Ez azt jelenti, hogy az innováció ökológiai hatékonyságot növelő tényezője mellett megjelenik egy ökológiai hatékonyságot csökkentő faktor is (a fel nem mért pótlólagos környezeti hatások miatt). Az *IPAT* formulának az „új *technológiával* járó környezeti hatás” tényezője így további pontosításra szorul.

$$\Delta X = (u_p t_p) + (u_s t_s), \quad -\infty < u \leq 1, \quad (4)$$

ahol  $u$  az ökológiai hatékonyságot növelő hatás szisztematikus túlbecslésének mértéke (*unforeseen effects*), amely megváltoztatja az ökológiai hatékonyságot növelő innováció hatását az ökológiai hatékonyság makroszintű növekedésére. Az  $u$  akkor veszi fel a maximális 1 értéket, ha az új technológia „kockázatmentes”, azaz nem jelentkeznek előre fel nem tárt környezeti hatások. A bizonytalanságból eredő szisztematikus túlbecslés természetesen a fizikai és a társadalmi technológia változásával kapcsolatban is jelentkezhet, ráadásul nem biztos, hogy azonos mértékben. Ezért szükséges az  $u_p$  és  $u_s$  megkülönböztetése.

Az új technológiai megoldások megjelenésének gyakorisága, illetve elterjedési idejük szoros összefüggésben áll  $u$  értékével. A gyors változás és hirtelen elterjedés ugyanis csökkenti egy mellékhatás felismerésének lehetőségét a technológia mindennapivá válása előtt. Minthogy a kapitalista piacgazdaság alapvetően a változás ütemének gyorsítására ösztönöz, így *feltételezhető, hogy  $u$  értéke folyamatosan csökken*, azaz az előre nem felmérhető környezeti hatások mértéke folyamatosan nő.

#### *Az ökológiai hatékonyság növekedése és a gazdasági teljesítmény közti kapcsolat*

Az *IPAT* formula implicit módon azt feltételezi, hogy tényezői függetlenek egymástól, azaz ha  $T$  oly módon változik, hogy csökkenti az egységnyi gazdasági teljesítményre jutó bioszféra-átalakítás mértékét, akkor csökken a bioszféra-átalakító tevékenység mértéke. A technológiai változás és a gazdasági tevékenység mértéke között ugyanakkor nyilvánvaló kapcsolat áll fenn. Közgazdaságtanban elméleti és empirikus munkák sokasága támasztotta alá, hogy a technológiai változás (pontosabban a termelési tényezők összességének termelékenységnövekedése) a gazdasági növekedés legfőbb forrása (*Solow* [1957], *Nelson* [1995], *Varga* [2009]).

Ugyanakkor az ökológiai hatékonyságot növelő technológiai változás makrogazdasági hatásainak vizsgálata már korántsem tekinthető főáramú kutatási témának. Ezzel együtt a környezet-gazdaságtan és az ökológiai közgazdaságtan jelentős ismeretanyagot halmozott fel e tekintetben. Az alapvető kérdés – amelyet részletesen a *visszapattanó hatás* irodalma tárgyalt –, hogy a *természeti tőkével történő relatív takarékoskodás elvezet-e az abszolút értelemben vett takarékoskodáshoz*, azaz ténylegesen csökkenti-e a természeti erőforrások makroszintű felhasználását és a szennyezés kibocsátását.<sup>12</sup> A *visszapattanó hatás* fogalma arra utal, hogy egy természeti erőforrás termelékenységnövekedése többnyire nem csökkenti olyan mértékben a tényezőfelhasználást, mint azt a hatékonyságnövekedés mértéke alapján várhatnánk. Sőt a hatékonyságnövekedés számos esetben egyenesen az erőforrások fokozottabb felhasználásával jár együtt. Ez utóbbi esetet nevezi a szakirodalom – *Jevons* [1866] előtt tisztelve – *Jevons-paradoxonnak*.

<sup>12</sup> E kérdéskört a vállalatok környezeti teljesítményével, fenntarthatóságával foglalkozó szakirodalom is elemzi (*Schaltegger–Burritt* [2005], *Málovics* [2011]), mi azonban itt csak a makroszintű *visszapattanó* hatással foglalkozunk.

A hatékonyabb üzemanyag-felhasználás például együtt járt az autók és a megtett kilométerek számának növekedésével (Kemp és szerzőtársai [1998], York [2006]). Az energiatakarékos megoldások háztartásokba történő bevezetésével párhuzamosan nőtt a lakóegységek mérete, az szobahőmérséklet, az elektromos háztartási eszközök használata (Hanssen [1999]). Fouquet–Pearson [2006] a világítás hatékonyságának és a világításhoz kötődő energiafelhasználás együttes növekedéséről számol be több száz éves időtávon az Egyesült Királyságban. A vizsgált időszakban a világítás ökológiai hatékonysága több mint 700-szorosára nőtt, ám a világítási célú energiafogyasztás így is 6600-szor lett nagyobb.

A visszapattanó hatással foglalkozó szakirodalom legfőbb állítása tehát, hogy a hatékonyságnövekedés révén nyerhető megtakarítás egy részét a gazdasági szereplők „visszaveszik” (Alcott [2005], York [2006], Sorell [2009]). Ez számos forrásból táplálkozhat, amely alapján elkülöníthető közvetlen, közvetett és makrogazdasági hatás (Herring–Roy [2007], Bajmócy és szerzőtársai [2009]):

– *Közvetlen visszapattanó hatás* esetében a növekvő ökológiai hatékonyságú termékek és szolgáltatások kereslete nő, a felhasznált tényező relatív árának csökkenése révén. Ez összességében növelheti a felhasznált erőforrások mennyiségét. Egyrészt többet vásárolhatunk az adott termékből, másrészt újabb fogyasztók számára válhat a termék/ szolgáltatás elérhetővé.

– *A közvetett visszapattanó hatás* azt a jelenséget írja le, amikor hatékonyságnövekedés révén nyert megtakarítást más erőforrás-igényes termékekre, szolgáltatásokra költjük. Ha például nő az energiahatékonyság az acélgépjárműgyártásban, az csökkenti az acél relatív árát. Ez csökkentheti a gépkocsik árát, amely iránt így megnő a kereslet. Ez viszont várhatóan növelni fogja az üzemanyag-felhasználást.

– *A makrogazdasági hatás* arra utal, hogy az új technológia megjelenésével a tényező korábban nem ismert felhasználási módjai válnak elérhetővé. Ilyen új felhasználási lehetőségek létrejöttét a gyorsuló ökológiai hatékonyság kifejezetten elő is segítheti, hiszen a beruházási döntéseket a relatíve olcsóbbá váló technológiákra alapozzák.<sup>13</sup>

Korántsem egységes azonban a szakirodalom a visszapattanó hatás mértékével, illetve a hatékonyságnövekedés és a fokozódó felhasználás közti oksági viszonytal kapcsolatban. E vita eldöntése jelenleg nehézkes, hiszen egyrészt a Jevons-paradoxont alátámasztó esetek többnyire széles körű felhasználásra és energiaintenzív technológiákra vonatkoznak (Sorell [2009]), másrészt az empirikus adatok bizonyos időszakra, szektorra vagy országra (országcsoportha) korlátozódnak (Alcott [2005]). Mindenképpen megállapítható azonban, hogy a növekvő ökológiai hatékonyság révén nyerhető megtakarítás teljes mértékben szinte sohasem realizálható.

A visszapattanó hatás jelensége tehát az ökológiai hatékonyságot növelő innovációk mikroszintű és a környezeti hatás makroszintű jelenségének kapcsolatát vizsgálja. A két területet lényegében a gazdasági teljesítmény változásán keresztül kapcsolja össze, és egyértelműen sugallja, hogy az *IPAT* formula jobb oldalának elemei nem függetlenek egymástól.

$$\Delta I_T = r(\Delta X), \quad -\infty < r \leq 1, \quad (5)$$

ahol  $r$  a visszapattanó hatás mértéke (*rebound effect*). Tehát az ökológiai hatékonyság növekedésnek köszönhető környezeti hatás változásának ( $\Delta I_T$ ) becslésekor figyelembe kell venni a visszapattanó hatás mértékét. Ennek értéke 1, ha nem jelentkezik visszapattanó hatás, 0 és 1 közötti, amikor a megtakarítás egy részét a szereplők „visszaveszik”, de ez

<sup>13</sup> Az elektromos áram használata például számtalan olyan esetben vált általánossá, ahol korábban nem támaszkodtunk nem megújuló erőforrásokra (karóra, mozgólépcső, légkondicionáló stb.).

még nem vezet a környezeti hatások abszolút értékbeli növekedéséhez, és negatív, ha a hatékonyságnövekedés a környezeti hatás növekedésével jár együtt (azaz Jevons-paradoxon érvényesülése esetén).<sup>14</sup>

### **Az ökológiai hatékonyságot növelő innovációk hatása a fenntarthatóságra – következtetések**

A tanulmány során az ökológiai hatékonyságot növelő innovációk környezeti fenntarthatóságra gyakorolt hatását elemeztük. Az ökológiai hatékonysági diskurzusnak ugyanis központi eleme az az elképzelés, hogy a vállalatok ilyen irányú innovációi hatékonyan képesek a makrogazdasági fenntarthatósági célhoz hozzájárulni (1. táblázat).

#### *1. táblázat*

#### Az ökológiai hatékonysági diskurzus

A diskurzus „építőkövei”	A diskurzus keretén belül nehezen tematizálható kérdések
1. Az ökológiai hatékonyság mikro- és makro-szintű értelmezésének összemosása.	1. A jelenlegi intézményi berendezkedés nem feltétlenül ad erőteljes ösztönzést az ökológiai hatékonyságot növelő innovációk bevezetésére.*
2. A jelenlegi intézményi berendezkedés az ökológiai hatékonyság növelése révén lehetőséget adhat a fenntarthatóság megteremtésére: a) A vállalatok által végrehajtott ökológiai hatékonyságot növelő innovációk hozzájárulnak a környezeti hatás abszolút mértékének csökkenéséhez. b) A vállalatok alapvető érdeke, hogy erőforrásaikkal (és így a természeti tőkével is) takarékoskodjanak, hiszen az versenyelőnyt jelent számukra.	2. Az ökológiai szempontból hatékonyabb technológiák elterjedését számos mechanizmus hátráltathatja a gazdaságban.* 3. Az ökológiai szempontból hatékonyabb technológiák bevezetése együtt járhat a „kapszolódo technológiák” (a társadalmi technológia) ökológiai hatékonyságának csökkenésével.
3. Az ökológiai hatékonyság növelésével lehetőség van a növekedés fenntartására, csupán arra van szükség, hogy a technológiai változás elég gyors legyen ahhoz, hogy hatása ellensúlyozza a növekedés pótlólagos környezeti hatásait.	4. Az ökológiai hatékonyságot növelő innováció – más újításokhoz hasonlóan – újfajta környezeti kockázatokat hívhat életre, és ezzel pótlólagos környezetterhelést okozhat.
4. Az ökológiai hatékonysági diskurzus jól illeszkedik a fenntartó fejlődés diskurzusához.	5. A visszapattanó hatás miatt az ökológiai szempontból hatékonyabb megoldás révén nyert megtakarítás teljes mértékben szinte soha nem realizálható, sőt bizonyos esetekben a természeti tőke fokozottabb felhasználását, azaz a korábbinál magasabb abszolút értékű környezetterhelést eredményezhet.

\* E problémákat jelen tanulmányban nem vizsgáltuk, csupán utaltunk a velük kapcsolatban folyó vitákra.

*Forrás:* saját szerkesztés.

Elemzési keretül az *IPAT* formulát választottuk, amelyet széles körben használnak az ökológiai hatékonysággal kapcsolatos viták analitikus keretében. Számos érvet sorakoztattunk fel amellet, hogy az ökológiai hatékonyság vállalati innovációknak köszönhető

<sup>14</sup> Mindezen okfejtés nem jelenti azt, hogy a makroszintű ökológiai hatékonyság ne javulhatna (például a gazdasági szerkezet átalakulásának következtében, ahogy az Magyarország esetében is történt a rendszerváltást követően). Ám e vizsgálati keretünkön kívül marad, hiszen mi kifejezetten az ökológiai hatékonyságot növelő innovációkból indultunk ki, és törekedtünk eljutni az ezek által okozott makroszintű hatásokig.

mikroszintű növekedése nem kapcsolható egyértelműen össze az ökológiai hatékonyság makrogazdasági változásával, illetve a környezetre gyakorolt hatással.

Egyrészt, célszerűnek mutatkozott a technológiai változás két oldalának – a *fizikai és a társadalmi technológia* ökológiai hatékonyság-változásának – az elkülönítése. Miközben ugyanis az általunk középpontba állított innovációk a fizikai technológia ökológiai hatékonyságát – definíció szerint – növelik, addig a társadalmi technológia ökológiai hatékonyságát akár csökkenthetik is. Másrészt, rámutattunk arra, hogy az innovációknak köszönhető hatékonyságnövekedés mértékét szisztematikusan túlbecsüljük. Ráadásul e túlbecslés mértéke vélhetően folyamatosan nő. Harmadrészt, feloldottuk az *IPAT* azon implicit feltevését, hogy a jobb oldali szorzótényezők egymástól függetlenek. Ugyanis az innovációk gazdaságátalakító hatása következtében a környezeti hatásoknak az ökológiai hatékonyságot növelő innovációk nyomán várt csökkenése szinte sohasem érvényesül teljes mértékben (azaz a jobb oldali szorzótényezők egymástól függetlenek). Ennél fogva egy ökológiai hatékonyságot növelő innováció környezeti fenntarthatóságra gyakorolt hatásának becslése során számos tényezőt kell egyidejűleg figyelembe venni:

$$\Delta I_T = f(r, u_p, u_s, t_p, t_s), \quad (6)$$

ahol  $\Delta I_T$  a természeti környezetre gyakorolt hatásban beálló, az ökológiai hatékonyságot növelő technológiai változásnak köszönhető változás. Az  $r$  annak mértéke, hogy az innováció nyomán megváltozó gazdasági teljesítmény hogyan hat a természeti tőke felhasználására (visszapattanó hatás). Az  $u$  az ökológiai hatékonyság-növekedés szisztematikusan felülbecslésének mértéke, amely különbözhet a fizikai ( $u_p$ ) és a társadalmi ( $u_s$ ) technológiával kapcsolatban. Az innovációnak köszönhető ökológiai hatékonyság változását pedig a fizikai technológia esetén  $t_p$ , míg a társadalmi technológia esetén  $t_s$  jelzi.

Mindebből jól látszik, hogy az, ami az *IPAT* formula eredeti formájából látszólag egyértelműen következik – az ökológiai hatékonyságot növelő innovációk bevezetése a természeti környezetre gyakorolt hatás mértékének csökkenéséhez vezet –, korántsem egyértelmű. Egy új technológiai megoldás révén a  $t_p$ -ben beálló ökológiai hatékonyság növekedését ugyanis  $r$ ,  $u$  és  $t_s$  megváltozása igen könnyen (bár vélhetően nem minden esetben) közömbösítheti.

Az *IPAT* formula e dinamizálási kísérlete hozzájárulhat ahhoz, hogy az elméleti megfontolások alapján adódó következtetések empirikusan is igazolhatók legyenek. A formula átalakítása ugyanis ilyen irányú ökonometriai modellek építését teszi lehetővé.

Alapvető következtetésünk, hogy a *gazdasági tevékenység környezeti hatásának csökkentése a jelenlegi társadalmi-gazdasági keretben nem pusztán technológiai (technikai) kérdés*. Véleményünk szerint a problémát (és talán a megoldást) jóval inkább azokban az intézményi mechanizmusokban és abban szemléletmódban kell keresni, amelyek a gazdasági teljesítmény folytonos növelési igénye (avagy kényszere) mögött állnak. Ilyenek például a fogyasztás növelését elősegítő mechanizmusok (például a termékek tervezett elavulása, az anyagi fogyasztás elsődleges jólétkomponenssé válása), a hitelpénzrendszer pozitív kamatláb esetén, avagy a munkatermelékenység és a foglalkoztatottsági szint együttes növelésére való törekvés (Beck [2007], Latouche [2011]). Továbbá ilyenek azok a mechanizmusok, amelyek az ökológiai hatékonyság vállalati szintű növekedését a környezeti hatás növekedésévé konvertálhatják, illetve az újdonságok azonnali és nagy léptékű alkalmazása következtében az előre nem látott hatások gyorsuló ütemű megjelenése.

Az ökológiai hatékonyság növelése mint cél tehát attól függ, hogy az említett intézményi mechanizmusok milyen mértékben hatnak – ezért az *IPAT* formula  $P \times A$  szorzatával való érdemi foglalkozás elengedhetetlennek tűnik. Az *ökológiai hatékonysági diskurzus* viszont megnehezíti e témák felvetését, így meglehetősen veszélyes abban a tekintetben, hogy keretén belül nehezen vagy nem vethetők fel az intézményi, szemléletbeli változást érintő kérdések.

Elemzésünk természetesen számos korláttal jellemezhető. Egyrészt, eltekintettünk annak vizsgálatától, hogy az ökológiai hatékonyságot növelő innovációk következtében fel-

lépő hatások (a környezeti hatás és a gazdasági teljesítmény változása) visszahathatnak a technológiai változás menetére. Esetlegesen több vagy kevesebb ilyen jellegű innováció létrejöttét segíthetik elő. Másrészt, eredményeink annyiban érvényesek, amennyiben az általunk elemzett mechanizmusok szituációtól függetlenek, avagy elég általánosak ahhoz, hogy a piaczgazdaságokban számítani lehessen a működésükre.

Úgy véljük azonban, hogy napjaink intézményi berendezkedése általánosan elősegíti a visszapatánó hatás megjelenését, a „mellékhatások” következtében fellépő pótlólagos környezeti terhelés alulbecslését és természetesen a gazdasági növekedést. Az innovációk fokozott ütemű bevezetése, illetve a hatékonyságnövekedés révén nyert megtakarítások növekedéssé konvertálása a piaci szereplőknek ugyanis alapvető érdeke. A piaczgazdaság feltételrendszere közepette tehát az ökológiai hatékonyságot növelő technológiai változások nem feltétlenül csökkentik az emberi tevékenység környezeti hatásait, sőt adott esetben azzal ellentétes hatást is kiválhatnak.

### Hivatkozások

- ALCOTT, B. [2005]: „Jevons Paradox”. *Ecological Economics*, Vol. 54. No. 1. 9–21. o.
- ANDERSSON, J. O.–LINDROTH, M. [2001]: Ecologically Unsustainable Trade. *Ecological Economics*, Vol. 37. No. 1. 113–122. o.
- BAJMÓCY ZOLTÁN–MÁLOVICS GYÖRGY–TYETYÁK ZSUSZANNA [2009]: Technological Change and Environmental Sustainability: Limits of Techno-Optimism. Megjelent: *Bajmócy Zoltán–Lengyel Imre* (szerk.): *Regional Competitiveness, Innovation and Environment*. JATEPress, Szeged, 255–264. o.
- BECK, U. [2003]: A kockázat-társadalom. Út egy másik modernitásba. Századvég Kiadó, Budapest.
- BECK, U. [2007]: A munka szép új világa. Belvedere, Szeged.
- BODA ZSOLT [2004]: Globális ökopolitika. Helikon, Budapest.
- CARSON, R. [2007]: Néma tavasz. Katalizátor Könyvkiadó, Páty.
- DARVAS BÉLA–SZÉKÁCS ANRDÁS [2010]: A géntechnológiai úton módosított növények megítélése az Európai Unió keleti határán. *Biokontrol*, Vol. 1. No. 1. 13–23. o.
- DOSI, G.–NELSON, R. R. [1994]: An Introduction to Evolutionary Theories in Economics. *Journal of Evolutionary Economics*, Vol. 4. No. 3. 153–172. o.
- EDQUIST, C. [2005]: Systems of Innovation Approaches. Their Emergence and Characteristics. Megjelent: *Edquist, C.* (szerk.): *Systems of innovation. Technologies, Institutions and Organizations*. Routledge, London–New York, 1–35. o.
- EHRlich, P. R.–HOLDREN, A. H. [1971]: Impact of Population Growth, *Science*, Vol. 171. No. 3977. 1212–1217. o.
- EKINS, P. [2004]: „A növekedés határai” és a „fenntartható fejlődés”: megbirkózni az ökológiai változással. Megjelent: *Pataki György–Takács-Sánta András* (szerk.): *Természet és gazdaság. Ökológiai közgazdaságtan szöveggyűjtemény*. Typotex Kiadó, Budapest, 267–292. o.
- EURÓPAI BIZOTTSÁG [2001]: A Sustainable Europe for a Better World: A European Union Strategy for Sustainable Development. Commission’s proposal to the Gothenburg European Council. COM (2001) 264. [http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/en/com/2001/com2001\\_0264en01.pdf](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/en/com/2001/com2001_0264en01.pdf).
- EURÓPAI BIZOTTSÁG [2002]: Corporate Social Responsibility: A Business Contribution to Sustainable Development. COM (2002) 347. [http://trade.ec.europa.eu/doclib/docs/2006/february/tradoc\\_127374.pdf](http://trade.ec.europa.eu/doclib/docs/2006/february/tradoc_127374.pdf).
- EURÓPAI BIZOTTSÁG [2005]: Közös munkával a növekedésért és a munkahelyekért. A lisszaboni stratégia új kezdete. COM (2005) 24. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2005:0024:FIN:hu:PDF>.
- FISCHER-KOWALSKI, M.–AMMAN, C. [2001]: Beyond IPAT and Kuznets Curves: Globalization as a Vital Factor in Analyzing the Environmental Impact of Socio-Economic Metabolism. *Population and Environment*, Vol. 23. No. 1. 7–47. o.
- FOUCAULT, M. [2001]: A tudás archeológiája. Atlantisz, Budapest.
- FOUQUET, R.–PEARSON, P. J. G. [2006]: Seven Centuries of Energy Services: The Price and Use of Light in the United Kingdom (1300–2000). *The Energy Journal*, Vol. 27. No. 1. 139–177. o.

- GILJUM, S.–EISENMENGER, N. [2004]: North-South Trade and the Distribution of Environmental Goods and BURDENS: A Biophysical Perspective. *Journal of Environment and Development*, Vol. 13. No. 1. 73–100. o.
- GOWDY, J. [1994]: *Coevolutionary Economics: The Economy, Society and the Environment*. Kluwer Academic Publisher, Boston–Dordrecht–London.
- GUAL, M. A.–NORGAARD, R. B. [2010]: Bridging Ecological and Social Systems Coevolution: A Review and Proposal. *Ecological Economics*, Vol. 69. No. 4. 707–717. o.
- HABERMAS J. [2001]: A kommunikatív etika. A demokratikus vitákban kiérlelődő konszenzus és társadalmi integráció politikai-filozófiai elmélete. Új Mandátum, Budapest.
- HANSEN, O. J. [1999]: Sustainable Product Systems – Experiences Based on Case Projects in Sustainable Product Development. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 7. No. 1. 27–41. o.
- HERRING, H.–ROY, R. [2007]: Technological Innovation, Energy Efficient Design and the Rebound Effect. *Technovation*, Vol. 27. No. 4. 194–203. o.
- HRONSZKY IMRE [2002]: Kockázat és innováció. A technika fejlődése társadalmi kontextusban. Magyar Elektronikus Könyvtár. <http://mek.oszk.hu/01500/01548/>.
- JEVONS, S. W. [1866]: *The Coal Question. An Inquiry Concerning the Progress of the Nation and the Probable Exhaustion of Our Coal-Mines*. Macmillan, London.
- KALLIO, T. [2007]: Taboos in Corporate Social Responsibility Discourse. *Journal of Business Ethics*, Vol. 74. No. 2. 165–175. o.
- KEMP, R.–SCHOT, J.–HOOGMA, R. [1998]: Regime Shifts to Sustainability Through Processes of Niche Formation: The Approach of Strategic Niche Management. *Technology Analysis & Strategic Management*, Vol. 10. No. 2. 175–195. o.
- KOCIS TAMÁS [2010]: „Hajózni muszáj!” A GDP, az ökológiai lábnyom és a szubjektív jóllét stratégiai összefüggései. *Közgazdasági Szemle*, 57. évf. 6. sz. 536–554. o.
- KOTLER, P.–LEE, N. [2007]: *Vállalatok társadalmi felelősségvállalása*. HVG Kiadó, Budapest.
- LATOUCHE, S. [2011]: *A nemnövekedés diszkrét bája*. Savaria University Press, Szombathely.
- LIGETI GYÖRGY [2007]: *CSR. Vállalati felelősségvállalás*. Kurt Lewin Alapítvány, Budapest.
- LUNDVALL, B. A. (szerk.) [1992]: *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*. Pinter, London.
- LUNDVALL, B. A.–JOHNSON, B.–ANDERSEN, E. S.–DALUM, B. [2002]: National systems of production, innovation and competence building. *Research Policy*, Vol. 31. No. 2. 213–231. o.
- MÁLOVICS GYÖRGY [2011]: *A vállalati fenntarthatóság érintettközpontú vizsgálata*. Doktori értekezés. PTE Regionális Politika és Gazdaságtan Doktori Iskola, Pécs.
- MÁLOVICS GYÖRGY–BAJMÓCY ZOLTÁN [2009]: *A fenntarthatóság közgazdaságtani értelmezése*. *Közgazdasági Szemle*, 56. évf. 5. sz. 464–483. o.
- NELSON, R. R. (szerk.) [1993]: *National innovation systems. A Comparative Analysis*. Oxford University Press, Oxford–New York.
- NELSON, R. R. [1995]: Recent Evolutionary Theorizing about Economic Change. *Journal of Economic Literature*, Vol. 33. No. 3. 48–90. o.
- NELSON, R. R. [2002]: Bringing Institutions into Evolutionary Growth Theory. *Journal of Evolutionary Economics*, Vol. 12. No 1–2. 17–28. o.
- NOVACEK, M. J.–CLELAND, E. E. [2001]: The Current Biodiversity Extinction Event: Scenarios for Mitigation and Recovery. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, Vol. 98. No. 1. 5466–5470. o.
- PATAKI GYÖRGY [2000]: *Az ökológiailag fenntartható vállalat*. Doktori értekezés. BKÁE Gazdálkodástudományi Kar, Budapest.
- PATAKI GYÖRGY [2009]: Ecological Modernization as a Paradigm of Corporate Sustainability. *Sustainable Development*, Vol. 17. No. 2. 82–91. o.
- PINCH, T. J.–BIJKER, W. E. [2005]: Tények és termékek társadalmi konstrukciója, avagy hogyan segítheti egymást a tudomány-szociológia és a technika-szociológia. *Replika*, 51–52. sz. 57–87. o.
- POLÁNYI KÁROLY [1944]: *The Great Transformation: The Political and Economic Origins of Our Times*. Rinehart, New York.
- PORTER, M. E.–VAN DER LINDE, C. [1995]: Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship. *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 9. No. 4. 97–118. o.
- PORTER, M. E.–KRAMER, M. [2006]: Strategy and Society: The Link Between Competitive Advantage and Corporate Social Responsibility. *Harvard Business Review*, december, 1–14. o.

- ROPOLYI LÁSZLÓ [2004]: Technika és etika. Megjelent: *Fekete László* (szerk.): Kortárs etika. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 245–292. o.
- ROTHWELL, R. [1994]: Towards the fifth generation innovation process. *International Marketing Review*, Vol. 11. No. 1. 7–31. o.
- RÖPKE, I. [2005a]: Trends in the Development of Ecological Economics from the Late 1980s to the Early 2000s. *Ecological Economics*, Vol. 55. No. 2. 262–290. o.
- RÖPKE, I. [2005b]: Consumption in Ecological Economics. *Internet Encyclopaedia of Ecological Economics*. [http://www.ecoeco.org/pdf/consumption\\_in\\_ee.pdf](http://www.ecoeco.org/pdf/consumption_in_ee.pdf).
- SACHS, W. [2004]: A globális ökológia és a „fejlődés” árnyéka. Megjelent: *Pataki György–Takács-Sánta András* (szerk.): Természet és gazdaság. Ökológiai közgazdaságtan szöveggyűjtemény. Typotex Kiadó, Budapest, 267–292. o.
- SCHALTEGGER, S.–BURRITT, R. [2005]: Corporate Sustainability. Megjelent: *Folmer, H.–Tietenberg, T.* (szerk.): *The International Yearbook of Environmental and Resource Economics*. Edward Elgar, Cheltenham, 185–232. o.
- SCHOT, J. [2001]: Towards New Forms of Participatory Technology Development. *Technology Analysis and Strategic Management*, Vol. 13. No. 1. 39–52. o.
- SCHUMPETER, J. [1950]: *Capitalism, Socialism and Democracy*. Harmadik kiadás, Harper and Row, New York.
- SCHÜTZ, H.–MOLL, S.–BRINGEZU, S. [2004]: Globalisation and the Shifting Environmental Burden. *Material Trade Flows of the European Union – Which Globalisation is Sustainable?* Wuppertal Institute for Climate, Environment, Energy, Wuppertal.
- SOLOW, R. M. [1957]: Technical Change and the Aggregate Production Function. *Review of Economic and Statistics*, Vol. 39. No. 3. 312–320. o.
- SORELL, S. [2009]: Jevons’ Paradox Revisited: The Evidence for Backfire from Improved Energy Efficiency. *Energy Policy*, Vol. 37. No. 4. 1456–1469. o.
- SPRINGETT, D. [2003]: Business Conceptions on Sustainable Development: A Perspective from Critical Theory. *Business Strategy and the Environment*, Vol. 12. No. 2. 71–86. o.
- TAKÁCS-SÁNTA ANDRÁS [2008]: Bioszféra-átalakításunk nagy ugrásai. *L’Harmattan Kiadó, Budapest*.
- TAKÁCS-SÁNTA ANDRÁS [2010]: Szüksége van-e a világnak géntechnológiai úton módosított növényekre? *Biokontrol*, Vol. 1. No. 1. 5–12. o.
- TÓTH GERGELY [2003]: Vállalatok környezeti érdemrendje. A vállalati fenntarthatóság minősítéséről és ennek nehézségeiről. *Kovács, 7. évf. 1–2. sz. 5–26. o.*
- VARGA ATTILA [2009]: *Térszerkezet és gazdasági növekedés*. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- WBCSD [1996a]: Eco-Efficient leadership for improved economic and environmental performance. *World Business Council for Sustainable Development*, <http://www.wbcd.org/DocRoot/DIFMcUZj3ZOMj5xNMXq/eeleadership.pdf>.
- WBCSD [1996b]: Eco-Efficiency and Cleaner Production: Charting the Course to Sustainability. *World Business Council for Sustainable Development*, <http://www.wbcd.org/DocRoot/aFQps2TRHhw5tFsl5oZP/eeleanerprod.pdf>.
- WBCSD [1997]: *Signals of Change: Business Progress towards Sustainable Development*. *World Business Council for Sustainable Development*, <http://www.wbcd.org/DocRoot/hkaopUSqok425SLACneQ/signals.pdf>.
- WBCSD [1998]: *Cleaner Production and Eco-Efficiency: Complimentary Approaches to Sustainable Development*. *World Business Council for Sustainable Development*, <http://www.wbcd.org/DocRoot/R2R111WwjO2GLIAjpiLU/cleanereco.pdf>.
- WBCSD [2005]: *WBCSD Annual Review 2004. A Decade of Action and Learning*. *World Business Council for Sustainable Development*, <http://www.wbcd.org/DocRoot/4fLbdTRkS0gfTk7cq2Ov/ar2004.pdf>.
- WBCSD [2006]: *Eco-Efficiency Learning Module*. *World Business Council for Sustainable Development*, [http://cloud2.gdnnet.org/cms.php?id=research\\_paper\\_abstract&research\\_paper\\_id=12078](http://cloud2.gdnnet.org/cms.php?id=research_paper_abstract&research_paper_id=12078).
- WBCSD [2007]: *The Role of Business in Tomorrow’s Society. Regional Perspective – The Business Role Focus Area I Buenos Aires Dialogue*. *World Business Council for Sustainable Development*.
- WINTER, G. [1997]: *Zölden és nyereségesen*. Műszaki Kiadó, Budapest.
- YORK, R. [2006]: *Ecological Paradoxes: William Stanley Jevons and the Paperless Office*. *Human Ecology Review*, Vol. 13. No. 2. 143–147. o.