

## Tematikus összeállítás

# A FENNTARTHATÓSÁG ÚJ MEGKÖZELÍTÉSÉBEN

## NEW APPROACH TO SUSTAINABILITY

VENDÉGSZERKESZTŐ: HANULA BARNA

### BEVEZETŐ

### INTRODUCTION

Hanula Barna

egyetemi docens, Széchenyi István Egyetem Audi Hungaria Járműmérnöki Kar, Belsőégésű Motorok és Járműhajtások Tanszék  
hanula@sze.hu

### ÖSSZEFOGLALÁS

Az emberiség sajnos egyik legkevésbé sikeres projektje a szén-dioxid-emisszió csökkentése. Ezen cikkgyűjtemény szerzőinek az a célja, hogy válaszokat adjanak a kérdésre: a törvényi szabályzások és az óriási beruházások ellenére miért nem tudjuk csökkenteni az emissziót. A válaszok ugyan sokrétűek, de van egy közös elemük, a döntéseinket megalapozó elemzések túlságosan kicsi és túlságosan leegyszerűsített rendszereket vizsgálnak a megoldandó probléma komplexitásához képest. A szerzők megmutatják, hogy sokszor a törvénybe foglalt mérőszámok eleve nem alkalmasak a valós hatások mérésére. Nem veszik ugyanis figyelembe sem a befoglaló rendszerekkel történő kölcsönhatásokat, sem az emberi pszichológia kiszámíthatatlanságát. A szerzők javaslatokat is tesznek olyan értékelési szempontokra, amelyekkel globálisan is helyes döntéseket lehetne meghozni.

### ABSTRACT

One of the least successful project of mankind is the abatement of carbon dioxide. The goal of the authors of this thematic collection was to elaborate answers to the question why do all measures fail despite the huge effort of the legislative power and capital expenditure. The answers are complex, but they have a common element, the systems we are analysing are too small and simplified compared to the complexity of the problem. The authors show that in many cases the dimensional units of the related legislation are not suitable to measure the real effect. They consider neither the interactions of the embedding systems nor the unpredictability of the human psychology. The authors show new aspects of the evaluation, which enable globally right decisions.

**Kulcsszavak:** szén-dioxid, klímavédelem, megújuló, teljes életciklus, ökohatékonyság

**Keywords:** carbon dioxide, climate protection, renewable, lifecycle, ecological efficiency

## A FENNTARTHATÓ FENNTARTHATÓSÁG

A tudomány és a gazdaság területén kevés téma vált ki több emóciót, mint a környezet és még inkább a klímavédelem.

Ez nagyon előnyös abból a szempontból, hogy így óriási mentális energiaforrást biztosít ennek a nagyon fontos területnek, erős fókuszba helyezve a fenntarthatóságot. Azonban az ilyen erős fókusz mindig magában hordozza a látókör beszűkülésének veszélyét! Mint ahogy egy teleobjektívvel jól látjuk a részleteket, de a perifériás látásunk beszűkül, a teljes kép nem látszik. Pedig a széleken fontos dolgok történnek. Esetenként döntő fontosságúak.

Ezen tematikus cikkgyűjtemény kiindulópontja eredetileg az elektromos és hagyományos autózás összehasonlítása volt. Sok kutató publikált már a világban ebben a témában, de egyértelmű végkövetkeztetést nehéz levonni. A legtöbb megközelítés már csak azért sem tekinthető alaposnak, mert összekeverednek bennük a különböző definíciók szerinti emissziós adatok. Sok szerző csak a kipufogón/kéményen kiáramló szén-dioxidot veszi alapul, amit a szakma egyszerűen tank-to-wheel (TTW) emisszióknak nevez. (Többek között azért is, mert az európai törvényhozás ezen alapul.) Viszont ez a megközelítés a legkevésbé alkalmas a tényleges és összes emisszió meghatározására. Ennél valamivel jobb a well-to-wheel (WTW) megközelítés, ami már figyelembe veszi a tüzelőanyag kitermelése, feldolgozása és szállítása során felszabaduló CO<sub>2</sub>-emissziót is. Azonban sok esetben ez is teljesen félrevezető eredményekhez vezet. Ezért mindjárt az első cikkben (Szilágyi Artúr, Bereczky Ákos) ismertetésre kerül a teljes élettartam vizsgálat (Life Cycle Assessment, LCA) módszertana, amely az energiát felhasználó termék gyártásával, üzemeltetésével és végül a körkörös gazdaságba való visszavezetésével járó emissziót jelenti. Ennek módszertana viszonylag jól meghatározott és egységes, ugyanakkor még ez sem tud minden fontos tényezőt figyelembe venni. A feladat egyértelmű, és nem is látszik olyan nehéznek, valójában azonban minél pontosabb eredményre törekszünk, annál nehezebb lesz. Talán a Mandelbrot-paradoxonhoz hasonlítható legjobban a feladat. (Gyakorlatilag lehetetlen egy tengerparti ország partvonalának hosszúságát meghatározni, mivel minél nagyobb felbontással vizsgáljuk a pontosság érdekében, annál hosszabb lesz.)

Az ipar, a gazdaság, illetve végső soron társadalmunk egy nemlineáris kaotikus rendszer (gondoljunk a fogyasztói vagy választói pszichológiára!).

Tudományosabb megközelítésben az látszik, hogy a fenntarthatóság érdekében javasolt megoldások bár mind a bolygónk megmentését tűzik ki célként, a legtöbb esetben azonban csak egy sokkal kisebb rendszer vizsgálata alapján született döntések eredményei, sok esetben óriási anyagi és környezeti következményekkel. Nézzünk meg erre egy nagyon egyszerű példát! Képzeljünk el egy fejlett európai építőipari vállalatot, amely maga állít elő égetett meszet egy korszerű, gáztüzelésű berendezésben, a füstgázok előírt tisztításának betartásával. Mivel azonban a CO<sub>2</sub>-emisszió csökkentését fontos célnak tartjuk, bevezetjük az emissziós kötvények rendszerét. A lokális megközelítés így azt is eredményezheti, hogy elképzelt vállalatunk az égetett mész gyártását „outsourcing” formájában áthelyezi egy Európán kívüli területre, felszabadítva ezzel a CO<sub>2</sub>-kötvényekben lekötött tőkét. Így megtörténhet, hogy a beszállító a földgáz helyett a számára olcsóbb barnaszén tüzelésével állítja elő az égetett meszet, közel kétszeres CO<sub>2</sub>-emisszióval. Ehhez járul még a termék nagy távolságra való szállítása is. A káros szekunder hatásokat tovább tetézheti, ha az adott országban lazábbak az előírások a füstgáz tisztítására, egészen odáig, hogy esetleg veszélyes hulladékok kontrollálatlan égetésével (például gumiabroncsok) nyerik az energiát. Pedig jó ötletnek tűnt...

Az ember a gondolatait leginkább két dimenzióban jeleníti meg, a harmadik dimenzióban való gondolkodás képessége egyénenként már különbözik. Földünk megmentéséhez egy  $n$  dimenziós térben kellene kiigazodnunk, és az  $n$  ebben az esetben a végtelenhez tart. Mit jelent ez a gyakorlatban?

A tudomány világában hozzászoktunk ahhoz, hogy a megfelelő elméleti tudás és kellően pontos mérőeszközök birtokában nagyon nehéz mérési feladatok esetében is pontos eredményeket kapunk. Így például tudjuk, hogy a tőlünk 8,6 fényévnnyire levő Szíriusz B csillag felületi hőmérséklete 25,193  $\pm$  37 K. Azaz vita csak a harmadik értékes jegynél merülhet fel. Ezzel szemben, ha meg akarunk határozni egy pamut pólóing CO<sub>2</sub>-tartalmát, akkor tudnunk kellene minden nyers- és segédanyag, a felhasznált gépek előtörténetét, továbbá azt, hogy a munkások kerékpárral vagy autóval mennek munkába és még azt is, hogy növényi vagy állati eredetű táplálékot fogyasztanak-e.

A végeredmény az, hogy mindennapi életünk fontos termékeiről tudósaink sokszor már az első értékes jegy szintjén sem tudnak megegyezni a felhasznált energia vagy a „beépített” CO<sub>2</sub> mennyiségével kapcsolatban. Mi sem szemlélteti ezt jobban, mint az arról néhány éve folyó tudományos vita, hogy egy Svájcban alkalmazott napelem a teljes életciklus figyelembevételével termel-e annyi energiát, mint amennyit az életciklus folyamatai elfogyasztottak. Ezt jelenleg nem tudjuk teljes bizonyossággal! Annál kritikusabb, hogy a gazdaság többi területével ellentétben a környezet- és klímavédelem kapcsán akár ezermilliárdos döntéseket hozunk megalapozott tudás nélkül.

Gerald Hüther ismert német agykutató egyik könyvében írja, hogy ha egy adott nézőpontból a probléma nem látható át, akkor vagy közelebbről, vagy tá-

volabbról kell vizsgálni! Mivel az LCA-módszer további finomítása praktikusán alig kivitelezhető, ezért ilyen helyzetekben hasznos lehet egy újszerű, globális megközelítés. A második cikkünkben (Koppány Krisztián, Hanula Barna) ezért megmutatjuk azt az egyszerűsítést, hogy a világban a GDP és a CO<sub>2</sub> aránya közel állandó, 500 g/€ körüli érték. Ugyanebben a cikkben pontos adatokat találunk a különböző gazdasági tevékenységek CO<sub>2</sub> vonzatával kapcsolatban. Ezek az adatok erősen megkérdőjelezzik azt a triviálisnak tűnő alaptételt, hogy az elektromos áram „tisztá” energia lenne. Az antropogén CO<sub>2</sub>-emisszió messze legnagyobb része, kb. 40%-a éppen az áramtermelés következménye. Ennél már csak az megdöbbentőbb, hogy az elektromos áram átlagos CO<sub>2</sub>-tartalma (mintegy 560 g/kWh a világ átlagában LCA-módszerrel vizsgálva) az utolsó évtizedben a csökkentés érdekében tett óriási áldozatok ellenére sem csökkent.

A már említett tovagyűrűző hatások, illetve az energiatermelés energiafelhasználása mellett minden egyes döntés előtt meg kellene fontolni a CO<sub>2</sub>-megtakarítás fajlagos költségét, az adott gazdaság GDP-jének CO<sub>2</sub>-tartalmát (ugyanis előfordulhat, hogy egy megoldás annyira költséges, hogy a felhasznált pénz CO<sub>2</sub>-tartalma több mint a megtakarított, és itt a kamatokról is érdemes elgondolkozni!). Elegendhetlen a felhasznált energia minőségét (CO<sub>2</sub>-tartalmát) és a megtett vagy meg nem tett lépések kumulatív hatását is megvizsgálni a jövőre nézve.

Nem nehéz belátni, hogy a CO<sub>2</sub>-kibocsátás elkerülésére szolgáló műszaki megoldásoknak különböző költségvonzatuk van, és vannak olyan megoldások, amelyek a CO<sub>2</sub>-kibocsátás csökkentése mellett pénzt is képesek megtakarítani, és sok olyan, amely jelentős költséggel jár. A CO<sub>2</sub>-megtakarítás és a költségek arányát nevezzük ökohatékonyságnak. Vállalati méretekben gondolkodva a legtermészetesebb, hogy a környezet védelmére tett lépéseket ökohatékonyságuk sorrendjében tesszük meg (Koppány Krisztián), biztosítva ezzel a vállalat nyereségességét, és ezzel fennmaradását. Ezért is meglepő, hogy ez az egyszerű, de hatékony gondolkodás az egész Föld megmentésére tett erőfeszítéseknél nem látszik érvényesülni. Ezen gondolkodás jelentőségét nem lehet eléggé hangsúlyozni, hiszen minden egyes elköltött dollár vagy euró is tartalmaz CO<sub>2</sub>-t. 1 dollár GDP megtermelése ma a világ átlagában mintegy 500 g CO<sub>2</sub>-kibocsátással jár. Azaz, ha 1 t CO<sub>2</sub> elkerülése 2000 dollárba kerül egy adott módszerrel, akkor valójában nem lett kevesebb a CO<sub>2</sub>-kibocsátás, de szegényebbek lettünk 2000 dollárral.

Sokszor nem lehet nem úgy érezni, hogy az emberiség, ha nagy a baj, akkor csak a drága és keserű orvosságokban bízunk. Pedig számtalan lehetőségünk lenne olyan megoldások alkalmazására, amelyek akár anyagi vagy kényelmi előnyök mellett (Szauter Ferenc, Bedő Anett, Kőrös Péter, Friedler Ferenc) az életszínvonal csökkenése nélkül vagy akár növelésével csökkentenék a CO<sub>2</sub>-emissziót. Ilyen technológia lehet az önvezető autó is, de technikai és jogi megvalósítása még nem akadálymentes (Miskolczi Márk, Ásványi Katalin, Jászberényi Melinda, Kökény László).

Wilfredo Pareto olasz matematikus fogalmazta meg a Pareto-elvet, amely azt állapítja meg, hogy a legtöbb emberi tevékenység során a befektetés 20%-a elegendő az eredmények 80%-ának az eléréséhez. Más szavakkal: a tökéletes megoldás sokszor a legrosszabb! Így erősen megkérdőjelezhető a „karbonsemlegesség” fogalma is. Ha belegondolunk, hogy már a kerékpározás is kilométerenként legalább plusz 37 g CO<sub>2</sub>-emisszióhoz vezet, akkor beláthatjuk, hogy soha semmilyen emberi tevékenység nem lehet „karbonsemleges”.

A fenntartható fenntarthatóság cikkben (Hanula Barna, Németh Péter) a szerzők összefoglaló jelleggel elemzik napjaink legtöbbet említett fenntarthatósági projektjeit. A cikk legfontosabb üzenete, hogy a valóban megbízható eredmények érdekében az LCA-módszertanon túlmutató hatások figyelembevétele is szükséges. Az eredmény meglepő: ha a megújulóenergia-termelés esetében kiszámoljuk az így megtermelt áram hálózatba integrálásának következményeit, akkor láthatóvá válik, hogy ezeknek az eszközöknek az ökohatékonyasága olyan alacsony, hogy ez megkérdőjelezi a jelenlegi széles körű alkalmazásukat.

A szerzőkkel együtt fejezem ki abbéli reményemet, hogy ezek a cikkek nemcsak bemutatják az olvasónak a részletes elemzésekhez szükséges fogalmakat, hanem néhány közismert példán keresztül segítenek feltárni a sikerek vagy a kudarcok okait.

Összefoglalva megállapíthatjuk, hogy a klíma- és a környezetvédelem esetében óriási a kockázat, ha nem az ökohatékonyaság elvét követjük, és nem a megfelelő sorrendben, illetve nem a megfelelő prioritások alkalmazásával cselekszünk! Sikerben csak ezek helyes megválasztása esetén reménykedhetünk!