

FENNTARTHATÓ FENNTARTHATÓSÁG

SUSTAINABLE SUSTAINABILITY

Hanula Barna¹, Németh Péter²

¹egyetemi docens, Széchenyi István Egyetem Audi Hungaria Járműmérnöki Kar, Belsőégésű Motorok és Járműhajtások Tanszék, Győr, hanula@sze.hu

²MSc-hallgató, Széchenyi István Egyetem Audi Hungaria Járműmérnöki Kar Járműmérnöki angol MSc-képzés, Győr; ügyvivő-szakértő, Széchenyi István Egyetem Audi Hungaria Járműmérnöki Kar Dékáni Titkárság, nemeth.peter@sze.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

Az energiatermelés globális adatai sajnos azt mutatják, hogy az emberiség egyik legsikertelebb projektje a megújuló energiatermelés. A primer fosszilis energiahordozók aránya a világ energiatermelésében 1990-ig folyamatosan csökkent. Azóta nem sikerült ebben további jelentős csökkenést elérni, annak ellenére, hogy óriási befektetésekkel és költségekkel számottevő megújuló energiaforrás épült ki. Célunk a helyzet elemzése, annak teljes komplexitásában. A megállapításaink azt mutatják, hogy óriási energetikai beruházásokat valósítottunk meg azok teljes életciklus elemzése (LCA) nélkül. De a teljes kép még ennél is kedvezőtlenebb. Az LCA módszertanán túl olyan műszaki, szociális és természeti kölcsönhatások sejlének fel, amelyek a megújulók pozitív hatásait teljesen meg is semmisíthetik.

ABSTRACT

The global figures of energy production are showing that mankind has not performed too many projects in history with such little success like renewable energy production. The percentage of fossil primary energy in the world energy production was sinking until 1990. Since that, no more significant reduction is achieved, despite the huge financial expenditure in renewables. We analysed the situation in its full complexity. Our finding is that crucial decisions were made without analysing the whole life-cycle (LCA) of the energy systems. But the whole picture is even worse. Beyond the methodology of LCA there might be fatal interactions of technical, social and natural systems which can completely eliminate the positive effect of renewables.

Kulcsszavak: klímavédelem, CO₂-csökkentés, megújuló energiaforrások, energiaátmenet, karbonlábnym

Keywords: climate protection, CO₂ abatement, renewables, energy transition, carbon footprint

ELŐSZÓ

Az összeállítás előző cikkeiben (Szilágyi–Bereczky, 2021; Koppány–Hanula, 2021; Koppány, 2021; Szauter et al., 2021; Miskolczi et al., 2021; Hanula–Németh, 2021) bemutatott adatok és összefüggések alapján, egyszerű példákat használva igyekeztünk felhívni a figyelmet arra, hogy a környezet- és klímavédelem eszközei, illetve alkalmazásuk következményei sokkal komplexebbek, mint azt a nem tudományos médiumok, illetve az ún. általános műveltségünk alapján gondolnánk.

Ebben a cikkben megpróbálunk számot adni arról, hogy az eddigi erőfeszítések mennyire eredményesek, vagyis inkább eredménytelenek, elemezzük ennek legfőbb okait, és megpróbálunk ebből néhány fontos alapelvet levezetni, amelyek figyelmen kívül hagyása minden erőfeszítésünk eredményességét kockára teszi, viszont csak ezek betartásával lehet esélyünk jelentős eredményeket elérni a klímavédelemben.

Az egyik fontos elem az ökohatékonyág következetes szem előtt tartása, amit a második cikk tárgyal (Koppány–Hanula, 2021). Ennek az egyik gyakorlati alkalmazását mutatja jelen írás „Tisztább levegőt megfizethető módon” fejezete.

Nézzük meg, mi mindent kellene tudnunk a sikeres klímavédelemhez! Az *1. táblázat* összefoglalja a szén-dioxid-emisszió meghatározásának szokásos módszertanait, és felvet két ezen túlmutató és véleményünk szerint döntő jelentőségű szempontrendszer, amelyek jelenleg sem a köztudatban, sem a tudományos értékelésekben nem látszanak érvényesülni.

1. táblázat. Az emisszió értékelésének megközelítései

| | Kipufogókémény | Hajtóanyag- kitermelés, -előállítás | Eszközgyártás, újrahasznosítás | Kölcsönhatások a befoglaló rendszerben | Emberi pszichológia |
|---------------|----------------|--|-----------------------------------|---|---------------------|
| Tank to wheel | ✓ | | | | |
| Well to wheel | ✓ | ✓ | | | |
| Life Cycle | ✓ | ✓ | ✓ | | |
| Life Cycle+ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | |
| Life Cycle++ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |

Az első kategória az ún. *tank to wheel* (TTW, tüzelőanyag-tartálytól a kerekekig) megközelítés, amely csak a kipufogón/kéményen kiáramló CO₂ mennyiségét veszi figyelembe. Sajnos jelenleg a legtöbb törvényi szabályozásnak ez az alapja. A legtöbb termék, így például egy személygépkocsi esetében teljesen elégtelen az üzem közben a kipufogón kibocsátott CO₂ értékelése. Ennél sokkal mélyebbre kell menni, és meg kell tudni, hogy a jármű hajtásához felhasznált benzin, áram stb. mennyi CO₂ árán került el a járműig. Ez az ábra második sora a *well to wheel* (WTW, a kőolajkúttól a kerékig) megközelítés. Könnyű belátni, hogy különösen az ún. megújuló energiaforrások esetében mind a két megközelítés teljesen alkalmazhatatlan. Azaz feltétlenül vizsgálnunk kell a termékek gyártásának és megsemmisítésének a következményeit is. Ezt az 1. táblázat harmadik sorában láthatjuk, és jelenleg ez a legkomplexebb, nemzetközileg elfogadott módszertan. Azonban ez sem veszi figyelembe a vizsgált objektumot magába foglaló és azzal komplex kölcsönhatásba lépő ipari, gazdasági, társadalmi és természeti környezetet, melyek között jelentős és többnyire nemlineáris, sokszor pedig kaotikus kölcsönhatások lépnek fel. Ezt részletesen tárgyalja a „Megújuló energiaforrások” bekezdés.

Végezetül, sokszor döntő hatású lehet az emberi pszichológia is. Erre egy extrém példa a motorok hatásfoka. Negyven évvel ezelőtt egy Trabant gépkocsi tömege mintegy 600 kg volt, a teljesítménye 26 LE, a fogyasztása pedig 6–8 liter 100 km-en. A fejlesztők sikeres munkájával a járművek hatásfokát olyan mértékben sikerült növelni, hogy egy mai SUV-gépkocsi 2000 kg tömeggel és 260 LE teljesítménnyel képes ugyanilyen, 6–8 l-es fogyasztással megtenni 100 km-t. Azaz sok ráfordítással és munkával hihetetlen eredményeket értünk el, csak éppen a környezet nem profitált belőle. Ellenkezőleg, a mai, korszerű járművek gyártása lényegesen több erőforrást igényel, és időközben Magyarországon többszörösére nőtt a járművek száma is. Sőt a Jevons-paradoxon ismeretében arra is rájöhettünk volna, hogy a kisebb fogyasztású járművekkel többet autózunk, hiszen a mobilitási célra fordítható összeg a jövedelmi oldalon nem csökkent. További következmény, hogy így egyre többen választják a városokban is az egyéni közlekedési eszközöket. Ettől a tömegközlekedés rentabilitása csökken, megszűnnek vagy ritkábbak a járatok. Ennek következtében még többen közlekednek személygépkocsival. Sajnos a zöld rendszámú járműveknek is van ilyen járulékos hatásuk.

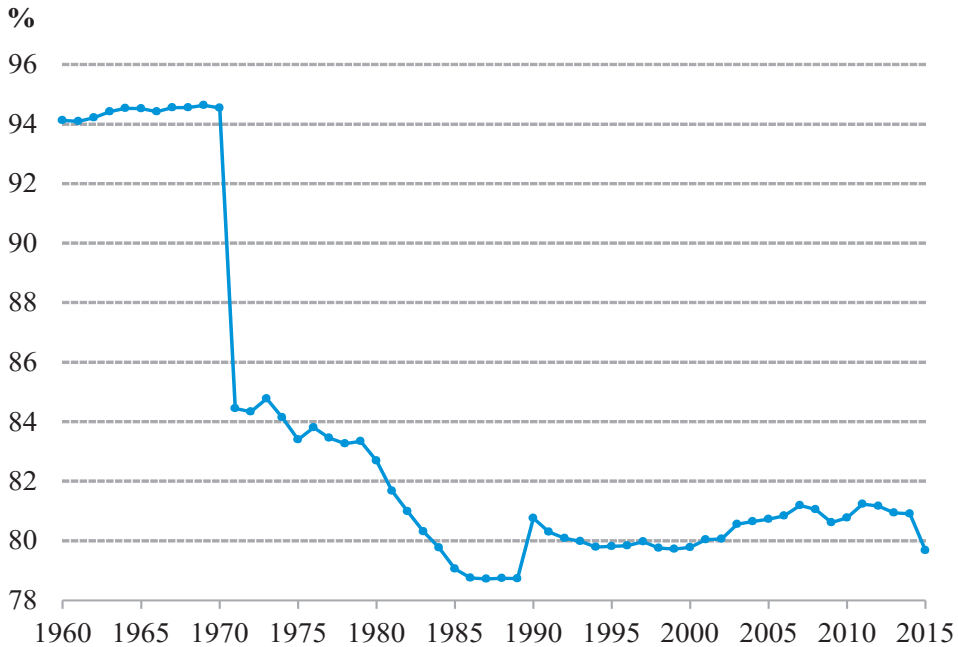
TISZTÁBB LEVEGŐT MEGFIZETHETŐ MÓDON

Az emisszió csökkentésének lényege mindig az volt, hogy az új eszközökre, járművekre vonatkozó határértékeket rendszeresen szigorítottuk. Nem fordítunk viszont kellő figyelmet arra, hogy az állományt milyen gyorsan cseréljük, és arra sem, hogy melyik részét.

Az érthetőség kedvéért egy konkrét példa: szeretnénk Budapest levegőjét tisztábbá tenni, mégpedig a járművek emissziójának csökkentésével. Persze ez is kérdés, hiszen tudjuk, hogy télen a szálló pornak csak 5–8%-a származik a helyi közlekedésből, a háztartási fűtőberendezések korszerűsítésével sokkal nagyobb javulást érhetnénk el. De maradjunk az autóknál. Ehhez tudnunk kell, hogy egy korszerű, Euro 6d-Temp szabványnak megfelelő személygépkocsi kipufogógázában ma már kevesebb a káros anyag, mint télen a budapesti levegőben. Azt is tudjuk, hogy az elektromos autókat egyelőre csak a tehetősebb réteg tudja megvásárolni. Mi történik tehát, ha 2,5 millió Ft támogatást adunk egy ilyen elektromos autó megvásárlására? Nagy biztonsággal feltételezhetjük, hogy a vásárlója eddig is Euro 5-ös vagy 6-os gépkocsival közlekedett, így a 2,5 millió Ft támogatással elért emissziócsökkenés alig értelmezhető. Viszont azt is tudjuk, hogy a még futó Euro 0-s járművek között nem egy van, amelynek károsanyag-kibocsátása a maiakét akár ezerszeresen is meghaladja, illetve még rosszabb: egy láthatóan füstölő, motorjavításra szoruló jármű a mainak egyértelműen több ezerszeresét tudja emittálni. Ha törvényileg lehetővé tennénk és ellenőrzésekkel betartatnánk, akkor az ilyen járműveket egy közúti ellenőrzés keretében azonnal ki kellene vonni a forgalomból, leselejtezni vagy megjavítani. Vagyis az elektromos autóra szánt 2,5 millió Ft-ból még akkor is tíz ilyen járművet tudnánk megjavítani, ha a javítás 250 ezer Ft-ba kerülne. Így a károsanyagok csökkenése több ezerszerese lenne ahhoz képest, mintha egy korszerű autót elektromosra cserélnénk. De nem csak a nyilvánvalóan meghibásodott gépjárművekre igaz ez a gondolatmenet. Ha egy Euro 1-es járművet kis beruházással Euro 3-asra cserélünk, akkor az tömegében kétszer több káros anyagtól szabadítja meg a várost, mintha egy Euro 3-ast cserélnénk Euro 6-osra. A Pareto-elv itt is érvényesül, a járművek kb. 20%-a felelős az emisszió mintegy 80%-áért! Vagyis az ökohatékonyság szempontjából sokkal értelmesebb és eredményesebb lenne az emisszió szempontjából legrosszabb járműveket kis költséggel jobbakkal helyettesíteni, mint a legkorszerűbbeket még korszerűbbekre cserélni. A közlekedés azonban csak egy kis része a problémának, ezért sokkal fontosabb a globális kölcsönhatásokat is vizsgálni!

MEGÚJULÓ ENERGIAFORRÁSOK

Globális összefüggések elemzésére a globális adatok a legalkalmasabbak, és ezen belül is az elektromos energia előállításáról hozzáférhető széles körű adatok. Ezt a döntést az is indokolja, hogy az antropogén (emberi tevékenység során keletkező) CO₂ mintegy 40%-át az áramtermelésnek „köszönhetjük”, vagyis minden más emberi energiafogyasztó tevékenységnél nagyobb a súlya. Az 1. ábrán a világbank adatai alapján mutatjuk be, hogy a világ energiafogyasztásában hány százalék a fosszilis energiahordozók aránya.



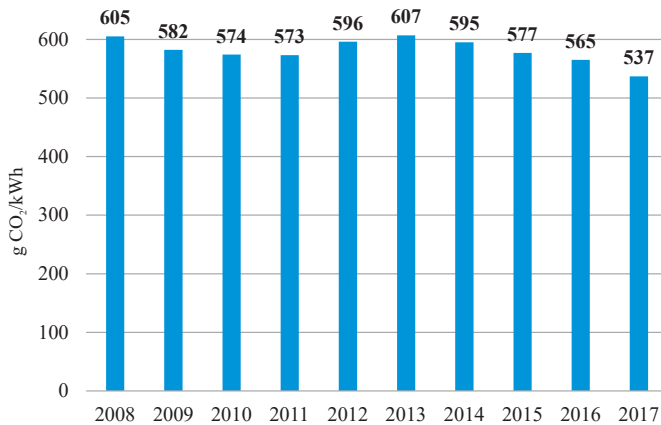
1. ábra: Fosszilis tüzelőanyagok aránya a világ energiafogyasztásában
(Az adatok forrása: URL1, saját szerkesztés)

Jól látszik, hogy az 1960-as évektől 1990-ig egyértelműen csökkenő pályán voltak a fosszilis energiahordozók, ezután azonban szinte megállt mintegy 80-81%-os értéken. Ez azért is meglepő, mert jelentős volumenben éppen az 1990-es évektől kezdődött el a „megújuló” energiaforrások népszerűsítése és telepítése. A tudomány sajátossága, hogy szereti a paradox helyzetek kihívásait. A megfejtéshez kerestünk egy olyan országot, ahol már jelentős a megújuló energiatermelés aránya, és GDP-arányosan már több mint két évtizede jelentős erőfeszítéseket tesznek a megújuló energiák támogatására. Németország az említett kritériumoknak tökéletesen megfelel, és ráadásul sokféle részletes adatot tesz hozzáférhetővé az elemzők számára.

Az eredmények a napi híradásokban igen meggyőzőek. Németország maximális elektromos energia fogyasztása 80 GW körüli, a telepített napelem-kapacitás 52 GW¹, a szélerőművi kapacitás pedig jelenleg 61,9 GW-ra tehető. Azaz, csak ennek a két megújuló energiaformának a kapacitása meghaladja a maximális fogyasztást. Ehhez pedig még hozzá kell számítani a 4,78 GW vízi energia és a 8,21 GW biomassza kapacitást. Így nem volt meglepő 2018. január 1-jén a hír,

¹ Kapacitási adatok forrása: URL2.

hogy a délelőtti órákban a megújulók adták az ország áramfogyasztásának több mint 90%-át! Ezek alapján feltételezhetnénk, hogy a németországi áram kilowatt-órája (kWh) lényegesen kevesebb CO₂-ot tartalmaz az európai átlagnál. Az európai átlag a 2017-es számok alapján 464 g CO₂e. A 2. ábrán jól látszik, hogy a Németországban felhasznált áram CO₂e tartalma ennél magasabb, és a vizsgált kilenc év alatt nem csökkent jelentős mértékben.

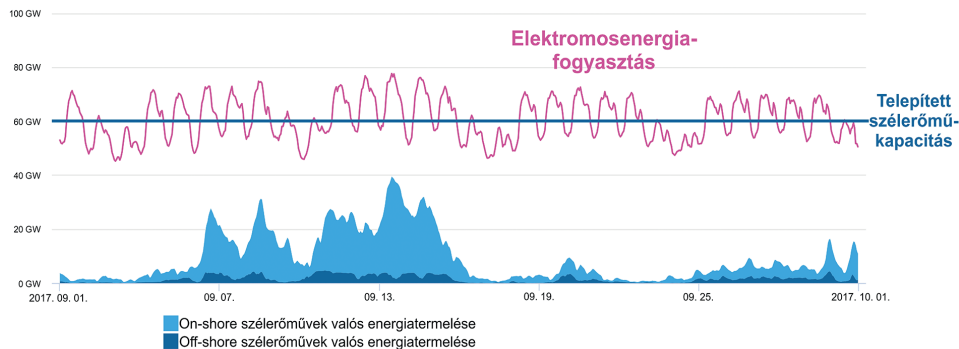


2. ábra. A Németországban felhasznált áram szén-dioxid-tartalma

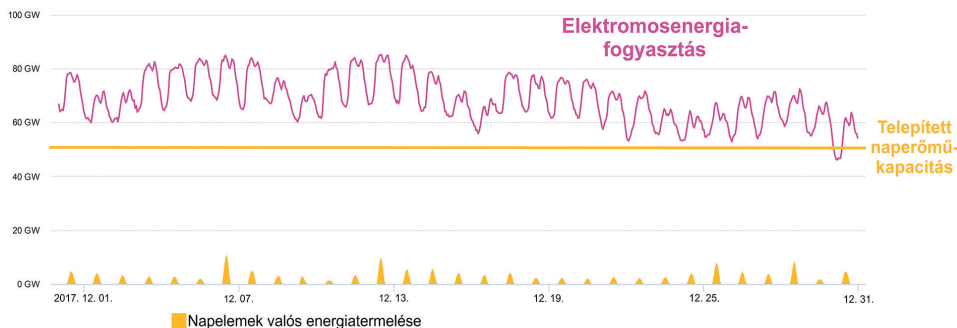
(Az adatok forrása: German Environment Agency – Umweltbundesamt, saját szerkesztés)

Ez a tény nyilvánvalóan tudományos elemzést érdemel és különösen azért, mert az elektromos áram CO₂e tartalmára vonatkozó számok leginkább az autóknál ismert well-to-wheel megközelítésnek felelnek meg (a legtöbb forrás ráadásul csak a tank-to-wheel adatokat közli), azaz hiányzik belőlük a beruházások, a kamatok vonzata vagy a beépített berendezések gyártása és reciklálása. (Például a Kínából importált napelemek gyártásával generált üvegházhatású gázok sem szerepelnek Németország mérlegében.)

A legjelentősebb ok a nap- és szélenergia véletlenszerű termelése. Az Agora Energiewende honlapon (URL3) akár napi bontásban elemezhető a németországi áramtermelés. Ezekből az adatokból könnyen kiszámolható, hogy a németországi szélenergia átlagos kihasználtsága 18% körüli, a napelemeké 11%. Azaz a maximális, 80 GW áramszükséglet kielégítésére szélenergia Németországnak $80 / 0,18 = 444$ GW kapacitásra lenne szüksége, napelemből $80 / 0,11 = 727$ GW-ra. Azonban, ha megvizsgáljuk az időbeli eloszlást, akkor találunk időszakokat, amelyekben a megújulók véletlenszerűen (2017 szeptemberében több mint két hétig, 2018 júniusában három hétig szélszél volt a teljes országban) vagy szezonálisan (a napelemek kihasználtsága decemberben 0,5% körüli) még így sem tudnák ellátni az országot energiával.



3. ábra. Németország áramtermelése 2017 szeptemberében
(Agora Energiewende [2020] Agorameter alaján)

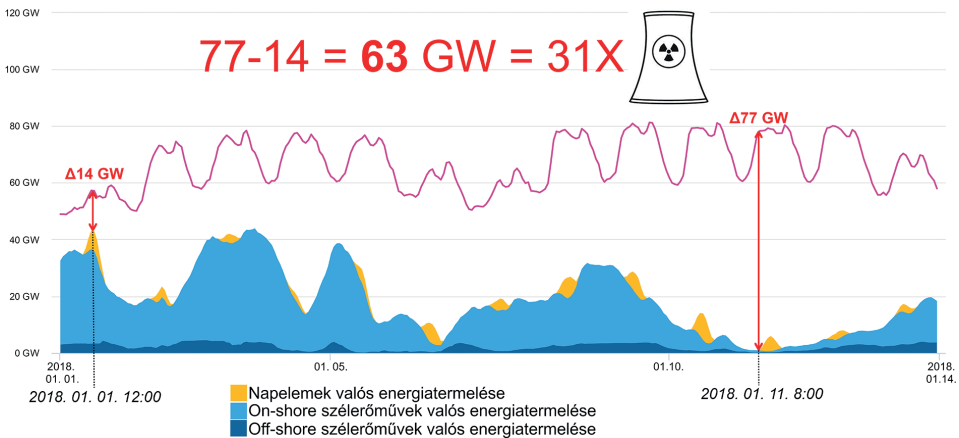


4. ábra. Németország áramtermelése 2018 januárjában
(Agora Energiewende [2020] Agorameter alaján)

Azaz a technika jelenlegi állása mellett szükséges a teljes 80 GW-nyi csúcspotyogasztást lefedő nem időjárásfüggő erőművi kapacitás kiépítése és teljes személyzettel, esetenként felfűtött állapotban történő „rendelkezésre állása”! Ami viszont visszakövethető és logikus: a fosszilis erőművek jelentős fejlődésen mentek keresztül az utóbbi évtizedekben. Az erőművek ezt a magas hatásfokot azonban csak a névleges terhelésükön érik el. Ha bármilyen okból ennél kisebb teljesítménnyel működtetjük őket, akkor hatásfokuk romlik.

A német erőműpark hatásfoka a törvényekben is előírt korszerű technológiák révén folyamatosan javul. A termikus erőművek átlagos névleges hatásfoka 1990 körül 37–38% között volt, és 2011-re már elérte a 47%-ot! A tényleges üzemi hatásfokot viszont úgy tudjuk kiszámolni, hogy a megtermelt elektromos energia mennyiségét elosztjuk az elfogyasztott tüzelőanyag fűtőértékével. A különbség 1990-ben még csak néhány tized százalék volt, azóta azonban az olló fokozatosan nyílik, és a különbség 2011-re elérte az 5%-ot!

Egyértelmű, hogy az egyre gyakoribb leszabályozás (a megújulóknak természetesen prioritásuk van) következtében a korszerűsített berendezések potenciálját egyre kevésbé használjuk ki. Ennek leglátványosabb példája éppen az említett 2018 januárjának első két hete. Január 1-jén 12 órakor a szél- és naperőművek mellett mindössze 14 GW teljesítményt kellett egyéb forrásból a hálózatba táplálni. Tíz nappal később, 11-én reggel 8 órakor viszont teljes szélcsend volt, és még a nap sem sütött, így 77 GW teljesítményt kellett más forrásból fedezni. Ez azt jelenti, hogy $77-14 = 63$ GW teljesítményt kell az időjárás változása miatt hol „bekapcsolni”, hol pedig kikapcsolni. Ez 31 db Paks méretű erőmű teljesítménye! Nem nehéz megérteni, hogy ezek megépítése, finanszírozása, személyzete, karbantartása, készenléti állapota és életük végén a lebontásuk közvetve és közvetlenül óriási mennyiségű CO₂-emisszióval jár, amit a hivatalos adatok nem tükröznek.



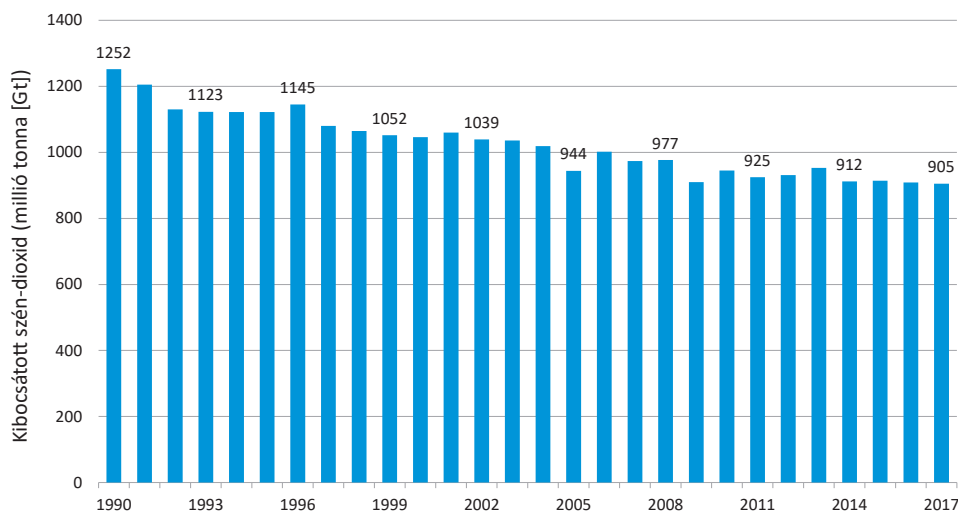
5. ábra. Megújuló energiaforrások és a német áramfogyasztás (Agora Energiewende [2020] Agorameter alapján, részben saját szerkesztés)

Azaz ebben a pillanatban be kell látnunk, hogy még a teljes életciklus-elemzés módszertana sem ad megbízható választ sorsdöntő kérdéseinkre. Az úgynevezett regeneratív áramtermelési módszerek életciklus számai már a szokásos LCA-módszertannal sem igazán jók, azaz a gyártás, szállítás, felszerelés, üzemeltetés és a karbantartás, majd a megsemmisítés CO₂e-emissziója sokat levon a pozitív hatásokból. A fent leírtak alapján látszik, hogy „regeneratívok” elektromos hálózatba történő integrálása olyan negatív kölcsönhatásokat generál, ami jelenlegi tudásunk szerint megkérdőjelezi a regeneratív áramtermelés ezen stratégiáját!

Természetesen felmerül az elektromos áram tárolásának a lehetősége is. Erre számtalan műszaki lehetőség létezik, például: akkumulátorok, olyan vízi erőművek, amelyek „fordított” üzemből vizet szivattyúznak egy magasabban fekvő

vő tározóba, amikor áramfelesleg van, és ebből termelnek áramot, amikor arra szükség van, vagy más megoldások, amelyeknél víz helyett súlyokat emelünk a magasba, vagy nagy méretű lendítőkerekeket gyorsítunk fel. Ezek azonban a legkülönbözőbb okokból jelenleg megközelítőleg sem alkalmasak például Németország elektromosenergia-igényének fedezésére.

Ezek a folyamatok máig oda vezettek, hogy Németország évente 30 Mrd €-val támogatja a megújuló energiatermelést. Ez csak az állami támogatások összege, a beruházásokba befolyó magántőke ennél magasabb összegű.



6. ábra. Németországi üvegházhatású gázok emissziója

(Az adatok forrása: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit [BMU], saját szerkesztés)

Vizsgáljuk meg, hogy ez a hatalmas anyagi áldozat milyen eredményt generál az ország CO₂-emissziójában? A 6. ábra mutatja a németországi teljes CO₂-emissziót. Ennek értéke az elmúlt évtizedben lényegében változatlan! És a számok csak well-to-wheel szintűek, azaz az energiatermelő infrastruktúra LCA-értékelése ebben nincs benne! Ha ezt figyelembe vennénk, az már önmagában növekvő pályára állítaná a németországi áramtermelés CO₂e-emisszióját. A baj azonban még ennél is nagyobb. Koppány Krisztián és Hanula Barna kifejtették cikkükben, hogy mennyire fontos a klímavédelem szempontjából az egyes lépések ökohatékonysága és sorrendisége. Nézzünk meg néhány konkrét példát! A cikk írásakor az európai CO₂-kötvény piaci ára 25 € körül mozgott, azaz ennyit „ért” 1 t CO₂-emissziója, és fordítva ennyiért lehetett a gazdaságban 1 t CO₂-emissziót elkerülni. Ha az elköltött 30 Mrd €-t ezzel a hatékonysággal költöttük volna el,

akkor azzal 1200 Mt CO₂-ot lehetett volna megtakarítani Európában, ami több mint a teljes német kibocsátás! A CO₂ azonban nem lokális, hanem globális probléma. Ha ugyanezt az összeget a világ összes elavult erőművének korszerűsítésére fordítottuk volna, és feltételezzük, hogy ezeknél 1 t CO₂ megtakarítása „csak” 5 €-ba kerül, akkor a teljes megtakarítás 6 Gt CO₂ lenne, ami hat Németország teljes emissziójának felel meg!

Vegyünk egy nagyon egyszerű példát: Tételizzük fel, hogy 500 eurót szabad akaratunkból a klímavédelem számára ajánlunk fel, de el kell döntenünk, hogy milyen technikai megoldást válasszunk.

Vegyük sorra a lehetőségeket a teljesélelciklus-számítás módszertanát alapul véve:

Egy elektromos autó esetében átlagban ez a pénz kb. 200 kg CO₂e-megtakarítást eredményez. Sajnos 500 € GDP megtermelése átlagban 250 kg CO₂e-emisszióval jár.

- Egy hagyományos gépkocsi esetében az elérhető emissziócsökkentés durván 1 t. Ez sokkal jobbnak tűnik, kérdés, hogy megéri-e?
- Egy hőerőmű kéményéből műszaki megoldásokkal ki lehet választani a CO₂-ot. A költségek még inkább csak becsültek, de a források átlagából kb. 3,5 t csökkenést prognosztizálunk. Meglepő módon a szakma egyöntetű véleménye az, hogy ez még túl drága.
- Az európai iparban a CO₂-kötvények jelenlegi 25 € körüli ára alapján azt állapíthatjuk meg, hogy a pénzünk itt 20 t CO₂e elkerülésére lenne elegendő. Nem nehéz belátni, hogy amíg ilyen lehetőség van, addig nem lenne szabad más, drágább megoldásokba belekezdeni!
- Csak becsült érték, de újságcikkekben már talákoztunk olyan kijelentéssel, hogy egy elavult lignitet égető hőerőmű korszerűsítése esetén az 500 € akár 100 t CO₂e elkerülésére lenne elegendő! Meggyőződésem, hogy akár elemi vállalatigazdaságtan-ismeretek birtokában is egyértelmű, hogy mindig csak az adott pillanatban leghatékonyabb lépések vezethetnek a probléma megoldásához. Az alacsony ökohatékonyaságú intézkedések valójában határozottan károsak, mert elvonják a forrásokat a hatékonyaktól! És ez a magyarázat a CO₂ csökkentési erőfeszítések eddigi teljes kudarcára!

Összefoglalva: a fentiekből egyértelműen látszik, hogy ha a klíma védelmére fordított pénzt magasabb ökohatékonyaságú megoldásokra fordítottuk volna, akkor már alacsonyabb lehetne mind az elektromos áram, mind pedig a pénz CO₂-tartalma. Ez pedig létfonosságú ahhoz, hogy a későbbi drágább és energiaigényesebb klímavédelmi lépéseket egyáltalán meg tudjuk valósítani, illetve, hogy a leírt látens CO₂-tartalom ne semmisítse meg az erőfeszítések eredményét. Más szavakkal: ha nem elég tág rendszerhatárokkal vizsgáljuk a klíma védelmére tett lépéseinket, akkor sok esetben nagyobb kárt okoznak, mint hasznot.

Legyen ez intő példa arra, hogy az a mondás, miszerint mindegy, hogy mit, csak az a fontos, hogy mindennap tegyünk valamit a környezetért, nem állja meg a helyét! A nem átgondolt intézkedések, a rendszerek kölcsönhatásainak figyelmen kívül hagyása, súlyos, akár fatális következményekkel járhatnak, és alapjaiban veszélyeztetik a klímaváltozás elleni harc sikerét!

Vagyis, csak a Pareto-elv figyelembevétele és a klíma védelmére bevetett technológiák helyes „sorrendben” történő alkalmazása vezethet megoldáshoz.

IRODALOM

- Koppány Krisztián (2021): A Pareto-hatékony klímavédelem és a szén-dioxid-kibocsátás csökkentési lehetőségeinek határa. *Magyar Tudomány*, 182, 3, 322–331.
- Koppány Krisztián – Hanula Barna (2021): Mennyi szén-dioxid van egy euróban? A sikeres emissziócsökkentéshez globális gondolkodás, elemzés és tervezés szükséges. *Magyar Tudomány*, 182, 3, 307–321.
- Miskolczi Márk – Ásványi Katalin – Jászberényi Melinda – Kökény László (2021): Hogyan döntson a mesterséges intelligencia? Az önvezető autók morális kérdései. *Magyar Tudomány*, 182, 3, 342–352.
- Szauter Ferenc – Bedő Anett – Kőrös Péter – Friedler Ferenc (2021): Az automatizáltság növelésével a fenntarthatóságért. *Magyar Tudomány*, 182, 3, 332–341.
- Szilágyi Artúr – Bereczky Ákos (2021): Az akkumulátoros elektromos személygépjárművek környezeti hatásainak értékelése a teljes életciklus figyelembevételével – hol az igazság? *Magyar Tudomány*, 182, 3, 292–306.

URL1: <https://data.worldbank.org/indicator/eg.use.comm.fo.zs>

URL2: electricitymap.org

URL3: agora-energiawende.de