

## Kruppa Márton\*:

### Klímaidőgéppel kellene 265 évet visszaporgetnünk, de csak fél óránál tartunk

Klímacéljaink elérhetetlenek önmagukban azzal, hogy lefaragjuk szén-dioxid-kibocsátásainkat. Olyannyira túlhevülőben van ugyanis már a bolygónk, hogy kénytelenek leszünk a korábban levegőbe pumpált CO<sub>2</sub> egy részét is visszazippantani. Ez a kellemetlen felismerés áll annak háttérében, hogy a zöldtechnológiák piacán új aranyláz tört ki, ömlik a pénz a „negatív emissziós” technikákba. A tét most az, hogy sikerül-e még időben igazán ütőképes „karbonporszívót” kifejleszteni anélkül, hogy figyelmet és befektetéseket vonnánk el hagyományos megújuló energia technológiáktól.

A decemberi dubaji klímacsúcs nem csupán nyakkendő, kosztümös diplomaták gyülekezetéből állt, akik elvont jogszabálytervek szövegezése felett görnyedtek gyakran éjszakába nyúlóan. A tárgyalótermektől karnyújtásnyira kialakított tematikus pavilonokban pezsgőbb volt az élet, és sokkal gyakorlatiasabb témák kerültek napirendre. Itt lezser zakós üzletemberek, gyűrött inges tudósok, szandálos civilek cseréltek eszmét a legújabb aggasztó tudományos előrejelzésekről, az azok elkerülését célzó legfrissebb műszaki találmányokról vagy éppen a megoldások elterjedését segítő leghatékonyabb közgazdasági ösztönzőkről.

A pavilonok slágertémája egyértelműen a negatív emisszió kérdésköre volt, amit más néven karbon-eltávolításként vagy -elnyelésként (angolul carbon dioxide removal, röviden CDR) is emlegetnek. Ez a fogalom az elmúlt évek ENSZ klímatalálkozóin jelent meg, de ott is mint valami mellékes kérdés merült csak fel. Az 1995 óta szervezett COP-tárgyalássorozat többségén említés szintjén sem került szóba.

Ehhez képest a kéthetes dubaji klímaforduló szinte minden napjára jutott valami olyan érdemi bejelentés, ami már nem csak valami homályos koncepcióra, hanem konkrét, megvalósuló projektekre vonatkozott. Íme néhány a lezser zakósok pavilonjaiban elhangzott érdekesebbek közül:

- Három legyet egy csapásra - egy kaliforniai cég [azt vállalta](#), hogy az Egyesült Arab Emírségekben már működő tengerparti sótalanító üzemeket olyan speciális berendezésekkel szereli fel, ami a levegőből ventilátorok segítségével kiszűri a CO<sub>2</sub>-t és a föld alá sajtolja. És ha még ez sem lenne elég, a sótalanítás magas sótartalmú melléktermékét is hasznosítja, így annak egy része már nem jut vissza a tengerbe és nem teszi tönkre az ottani ökoszisztémát.
- „Tudnivaló” megfogni a CO<sub>2</sub>-t - egy kanadai cég egy ausztrál nikkelbányában indított [projektet](#), ahol az akkumulátorgyártáshoz használt fém kitermelése után keletkezett meddőt használja fel a CO<sub>2</sub> levegőből való megkötéséhez.
- We will rock you – a Facebookot tulajdonló Meta, a Google mögött álló Alphabet több más nagy nevű vállalattal együtt [azzal bízott meg](#) egy amerikai céget, hogy bányásszon ki bazaltot, zúzza porrá és juttassa ki a szántóföldekre. Ez az eljárás a vulkanikus kőzeteknek azt a tulajdonságát használja ki, hogy azok csapadékkal érintkezve CO<sub>2</sub>-t kötnek meg a

levegőből. Egy bazalt szikla önmagában kevés kARBONT von ki, de kis szemcsékre tördelve, ezzel a levegővel érintkező felületet megnövelve már többet. Az angolul enhanced rock weathering-nek nevezett eljárás járulékos haszna, hogy a bazaltpor javítja a talajok pH-értékét és ezáltal a gazdák terméshozamát.

- Új pirománia - a Microsoft a biofaszénre (biochar) esküszik. Egy bolíviai céggel [kollaborálva](#) eltüzelésre szánt faipari mellékterméket pirolízis reaktorokba irányítanak át, ahol oxigénhiányos környezetben hevítve faszén keletkezik. Mivel a szén nem távozott CO<sub>2</sub>-ként a levegőbe, így ez is karbonmegfogásnak számít. A biofaszenet ugyancsak talajjavítóként hasznosítják. A biochar egyébként a legelterjedtebb negatív emissziós projektfele. Németországban három nagy biofaszénpark [működik](#) már és az elkövetkező 10 évben 200 létesülése várható.
- Tengernyi lehetőség - nemcsak levegőből lehet CO<sub>2</sub>-t kiszedni, de az óceánokból is - sőt innen még többet. Az Equinor norvég energiaóriás megint csak egy kaliforniai céggel [összefogva](#) olyan üzemet létesít a norvég tengerparton, ami áram felhasználásával tengervízből távolít el CO<sub>2</sub>-t, így képessé téve az óceánt többlet karbon megkötésére (direct ocean capture).

A befektetési kedv az elmúlt hónapokban sem csillapodott, a projektek felsorolását még hosszan lehetne folytatni.

### **Légkör = fürdőkád**

Az egyre fokozódó karbonszippantási étvágy mögött egy viszonylag friss tudományos bizonyosság áll. A tudomány aktuális állását 6-7 évente összefoglaló Éghajlatváltozási Kormányközi Testület (IPCC) a 2022-es legutóbbi [jelentésében](#) kerek-perec leszögezte, hogy a párizsi klímacélok elérése lehetetlen CO<sub>2</sub>-eltávolítás nélkül. Egészen pontosan azt mondták ki, hogy a „CDR alkalmazása ... elkerülhetetlen, ha a nettó nulla CO<sub>2</sub>-kibocsátást el akarjuk érni”.

A nettó nulla vagy más néven klímasemlegesség fogalmát, illetve a karbonkiszívás ebben betöltött szerepét a legegyszerűbb egy fürdőszobás példán keresztül bemutatni.

Képzeljünk el egy kádat, aminek a vízcsapját egyre inkább kinyitjuk, a lefolyóját pedig egyre inkább eltömítjük. E két hatás eredményeként a kádunkban a vízszint fokozatosan emelkedik. A föld légkörében is lényegében ugyanez történik. A vízszintnek a levegőben lévő CO<sub>2</sub> dúsultsága felel meg, míg a csapból ömlő víz párja az olaj, szén és földgáz elégetéséből származó CO<sub>2</sub>-kibocsátás. A szűkülő lefolyóé pedig az egyre inkább gyengülő természetes karbonmegkötési képesség, aminek hátterében a megfogyatkozó esőerdők és egyéb „földfelszíni változás” áll.

A klímatudósok azt már évtizedekkel ezelőtt kétséget kizáróan egyértelműsítették, hogy a civilizációnk megmaradását veszélyeztető, visszafordíthatatlan, elszabaduló klímaváltozást a fürdőkádunkban lévő vízszintnövekedés megfékezésével és annak biztonságos szinten való stabilizálásával előzhetjük meg. Ez a mutató a csapunk szinte teljes elzárásával és a lefolyónk áteresztőképességének bővítésével érhető el. Ennek a két dolognak az egyensúlyba kerülése hozza el a nettó zéró vagy klímasemleges állapotot.

Amit a 2022-es IPCC jelentés írói hangsúlyoztak: önmagában a csap elzárásával már nem stabilizálható a biztonságos szint, feltétlenül a lefolyónkat is tágítani kell. A kritikus vízszintet a kádban az elkövetkező években ugyanis már biztosan átlépjük (1,48 Celsius-fokot 2023-ig már melegedett az éghajlat az ipari forradalom korához képest, és jelenleg 2,5-2,9 Celsius-fokos pályán haladunk), így egy picit kénytelenek vagyunk a kádunk vízszintjét visszasülyleszteni (és így biztosítható a Párizsi klímamegállapodásban lefektetett +1,5-2 Celsius- fok közötti célsáv).

### **Erdősítés és innováció**

Mielőtt az előbbi dubaji bejelentéscunamit olvasva bárki hátradőlné, hogy most már minden sínen van és nincs miért aggódni, vessünk egy pillantást arra, hogy hol is tartunk valójában a karbonszippantásnál.

Jelenleg a világ évente csaknem 60 milliárd tonna CO<sub>2</sub>-vel egyenértékű üvegházhatást okozó gázt pöfékel a levegőbe. Ez a mennyiség néhány ritka kivételtől (pl. COVID-járvány éve, 2008-09-es pénzügyi válság, Szovjetunió összeomlásának éve) eltekintve fokozatosan nő. Első lépésként az emelkedés megfékezése a feladat (ez egyes optimista [elemzők](#) szerint már az idén megtörténhet), majd minél gyorsabb ütemű csökkentése (csapelzárás).

A kibocsátásokkal szemben áll körülbelül 2 milliárd tonna éves [CO<sub>2</sub> megkötése](#). Ennek túlnyomó része erdősítés, és csupán egy picinyke hányadot, 2 millió tonnát tesznek ki a Dubajban felvillantott innovatív módszerek. A feladat az éves karboneltávolítás minimum megötszörözése lenne 2050-re, azaz 10 milliárd tonna elérése, sőt, utána annak tovább növelése évtizedeken keresztül. Hogy ez micsoda nagy kihívás, ahhoz elég mellé tenni, hogy jelenleg évente kb. 8 milliárd tonna szénét bányásznak világszerte évente.

Ekkora CO<sub>2</sub>-mennyiségeket új erdők létesítésével képtelenség kiszívni; ebből a szempontból egyszerűen nem elég hatékony a módszer. Félreértés ne essék, erdősítésekre is feltétlenül szükség van, de az üdvösséget az innovatív módozatok felskálázásától várhatjuk.

### **Döcögő klímaidőgé**

A karbon-elnyelés fontosságát, és az ahhoz szükséges innováció felpörgetését nemcsak a tudósok húzzák alá, hanem a világ leggazdagabb emberei is felismerték azt. A Microsoft alapító Bill Gates, az Amazont kitaláló Jeff Bezos és a kínai Alibaba alapító Jack Ma több más milliárdossal összefogva évente finanszíroznak egy jelentést, amiben a dekarbonizáció felgyorsítása szempontjából kulcsfontosságú megoldásokat villantják fel.

A Breakthrough Energy néven futó formációjuk legutóbbi, Dubaj előtt két héttel megjelent [tanulmánya](#) szerint a három legfontosabb innovációs „gyorsító gomb” egyike a karbonmegkötés. (Bill Gates-ék szerint a másik két ilyen gomb az ipar megtisztítására szolgáló hidrogéntermelés, valamint a közlekedés és épületfűtés villanyosítását lehetővé tevő villamoshálózat-fejlesztés). Gyorsítani pedig nemcsak azért szükséges ezen a fronton, mert a top 3 kulcsfontosságú technológiai irányról van szó, hanem azért, mert rettentően le vagyunk maradva.

Hogy mekkora ugrás szükséges még a karbonmegkötési technológiák fejlődésében, azt jól érzékelteti egy időgépes példa. Tegyük fel, hogy a karboneltávolítási megoldások azt teszik lehetővé, hogy visszapörgessük az időt az 1760-1840-es ipari forradalom előtti időszakra, azaz 265 évvel ezelőtre. Ehhez képest a 2022-es évben természetes és mérnöki megoldásainkat összeadva is csupán 18 napot sikerült haladni. Ha pedig csak a Dubajban bejelentett és ahhoz hasonló szexi technológiákat nézzük, az új erdősítések hatását nem, akkor mindössze 30 percet.

### **Beköszönt a DAC-korszak?**

Jelen tudásunk szerint az innovatív karbonmegkötési módok széles spektrumán az egyik legnagyobb potenciál rövid távon a mezőgazdasági melléktermékekből származó biofaszén kiaknázásában van. Egy kanadai [elemzőcsapat](#) azért ezt az irányt jelölte meg, mert az ilyen projektek nem különösebben drágák és gyorsan megvalósíthatóak.

Ami drágább mulatság – és még jócskán tökéletesítésre szorul, mégis idővel a legjelentősebb kapacitású technológia lehet –, az az óceánok lúgosságának fokozása (ocean alkalinity enhancement) elnevezésű projekt típus. Ez lényegében vaspár tengerbe juttatását jelenti, ami a pH-érték módosításával fokozza a tengerekben élő fotoszintetizáló egysejtűek tevékenységét, így a CO<sub>2</sub>-megkötést. Ennek a technológiának a terjedését leginkább az gátolhatja, hogy olyan mértékű beavatkozást tesz szükségessé a természetbe, ami előre nem látható mellékhatásokkal járhat. Nem csoda, hogy [sokak](#) még az ezzel a módszerrel való kísérletezést sem tartják elfogadhatónak.

A már említett „három legyet egy csapásra” projekt és ahhoz hasonló direct air capture (DAC) projektek felfutásában is látnak fantáziát a kanadai jelentés írói, de itt leginkább az energiaigény a fő probléma. A technológia a jelenlegi fejlettség mellett 1 milliárd tonna CO<sub>2</sub> becsapdázásához és föld alá szorításához annyi áramot igényelne, mint a világ jelenlegi áramfogyasztásának a 20 százaléka. (Emlékeztetőül, 2050-ben az IPCC szerint minimum 10 milliárd tonna CO<sub>2</sub>-t kell beporszívoznunk).

### **Globális versenyfutás**

A negatív emissziós technológiák a világ nagyhatalmainak érdeklődését is felcsigázták, ami mögött két motiváció húzódik meg. Egyrészt felismerték, hogy a klímasemlegességi céljaikhoz elengedhetetlen lesz, hogy 2050-ig szükségük lesz ilyen megoldásokra. Másrészt pedig azok a kormányok, akiknek sikerül áttörést elérni a jelenleg még gyerekcipőben járó technológiáknál, és kontrollálni tudják azok elterjedését, jelentős gazdasági, illetve geopolitikai előnyre tesznek szert.

Az egyik legkorábban ébredő ország az USA, amelynek kormánya 2022-ben kifejezetten DAC-projektekre 3,7 milliárd dolláros (több mint 1300 milliárd forint) támogatási keretet [különített el](#), amiből USA-szerte máig két nagy kapacitású üzem és 19 kisebb építésére jutott pénz.

Az EU ugyanakkor egy másik utat követ és költségvetési források helyett inkább a piac láthatatlan kezét igyekszik kihasználni projektek ösztönzésére. Az Unió parlamentje és

kormányai múlt hónapban [fogadtak el](#) egy olyan tanúsítási rendszert, ami értékkel bíró karbonkreditekkel jutalmazza majd a karbonmegkötési projektek gazdáit. Az új kvótarendszer első projektjei akár már 2025-ben megjelenhetnek.

Magyarországon az egyik legígéretesebb potenciális karbonmegkötési projekt a dunaföldvári Pannonia Bio gyárában kínálja magát. Az EU-ban a legnagyobb bioetanol üzemként számontartott egységben a gyártás során évente 500 ezer tonna CO<sub>2</sub>-t [eresztenek szélnek](#) (ez kb. megegyezik hazánk kibocsátásának 1%-ával). Pedig műszakilag lenne mód a fermentáció során megcsípni ezt a karbonmennyiséget, de ez [egyes becslések szerint](#) tonnánként 108-121 eurós nagyságrendű költséggel járna. Elképzelhető, hogy az EU újonnan felálló, karbonmegkötést tanúsító keretrendszere (carbon removal certificate framework) pár éven belül rentábilissá teszi ezt a beruházást azzal, hogy a megkötésért cserébe 108-121 eurónál is értékesebb EU-s karbonkrediteket lehet kapni.

A CO<sub>2</sub> megfogása és tárolása a kormányt is foglalkoztatja. Lantos Csaba energiaügyi miniszter tavaly szeptemberben szólalt fel a Szegedi Egyetem 'Szén-dioxid-tárolási és -hasznosítási (CCU/S) lehetőségek Magyarországon' című [fehér könyvének](#) bemutatóján és hangoztatta, hogy a technológia részt fog kapni a magyar energiapolitikában. A kötet a hazai CCU/S ipar kulcsszereplői között a Pannonia Bio-n kívül olyan cégeket említett, mint a MOL, a Nitrogénművek, a BorsodChem, a Lafarge, az MVM vagy a Hungrana.

### **Dubaj után felkészül Baku**

A karbon-elnyelésnek és a CO<sub>2</sub> eltárolásának további löketet adhat egy EU-s rendszerhez hasonló, de világszintű CO<sub>2</sub> piac is. Hasonló, mint amilyen a Kiotói Jegyzőkönyv alatt működött, és ami 2005-2015 között több mint 300 milliárd dollár értékű, a klímaváltozást lassító projekt megvalósulását [tette lehetővé](#).

Az ENSZ klímátárgyalásokon – a nyakkendő-szöszmös diplomaták által benépesített tárgyalótermekben - már évek óta egyeztetnek az új, immár negatív emissziós technikákra is kiterjedő párizsi karbonpiac részleteiről. Ezeket (a nagy várakozások ellenére) Dubajban nem sikerült véglegesíteni, de a következő alkalommal, a 2024. decemberi bakui COP29 tárgyalási fordulón veszik napirendre.

Hogy Azerbajdzsánban ezúttal meglesz-e a megállapodás a párizsi új karbonpiaci mechanizmusról, az még a jövő zenéje. Amit azért szinte biztosra lehet venni, hogy a karbonmegkötés, mint témakör legalább annyira dominálja majd a tárgyalótermeket és pavilonokat, mint legutóbb.

Akárhogy is alakul, arra ügyelni kell, hogy a figyelem semmiképpen se terelődjön el a prioritást élvező kibocsátáscsökkentési törekvésekről. Hiszen hiába bukkanunk esetleg hirtelen rá tökéletes „kádlefolyó tágitó klímamegoldásokra”, ha eközben a csapot nem állítjuk mielőbb csöpögőre és túlfolyik a víz a fürdőkádunkba.

*\* A szerző a Magyar Nemzeti Bank Fenntartható pénzügyek főosztályának vezető elemzője*

*„Szerkesztett formában megjelent 2024. március 21-én a Telex.hu oldalon.”*