

A fosszilis tüzelő- és üzemanyagokból eredő légköri CO₂-feldúsulás elemzése, annak jövőbeli kiszámíthatósága és az ebből levonható következtetések

Atmospheric CO₂ from fossil fuels and combustibles: analysis of the enrichment, the future predictability of it and the conclusions to be drawn

ID. NOVÁK SÁNDOR
nyug. bányamérnök



A dolgozat témája a globális felmelegedést elsődlegesen okozó légköri szén-dioxid-koncentráció növekménye és a fosszilis üzemanyagok felhasználása közötti matematikai összefüggés vizsgálata. Az elvégzett számításokból adódik az – időben állandónak mutatkozó – szén-dioxid-elnyelődési arányszám alkalmazásával – a jövőbeli fosszilis felhasználás függvényeként – prognosztizálható a légköri CO₂ százalékos alakulása. Javaslatot teszünk a globális kitermelési korlátozások ütemezésével a globális felmelegedés lefékezésére, a klímakatasztrófa elhárítására.

Kulcsszavak: elemzés, CO₂-dúsítás, fosszilis tüzelőanyagok

In this study, I describe the effects of fossil fuel combustion, (which results CO₂ concentration increase in the atmosphere) with the usage of the mathematical differential equation used in mine ventilation. By applying this method, I came to the conclusion, if in a short period of time (approx. 10 years) the emission would be reduced to 1/3 of the current level, atmospheric carbon-dioxide concentration would fall below 400 ppm and could be stabilized around 370 ppm in the longer term. This way, hopefully, irreversible global warming processes would not trigger, which are threatening currently, because of the concentration is reaching to 500 ppm.

The fact that a significant global warming has not yet occurred is due to the large terrestrial climate control systems, by the melting of the Antarctic ice caps that formed about 8 million years ago and the Arctic ice caps which formed 2 million years ago – with causing a latent heat sink of 79.4 kcal/kg of melting.

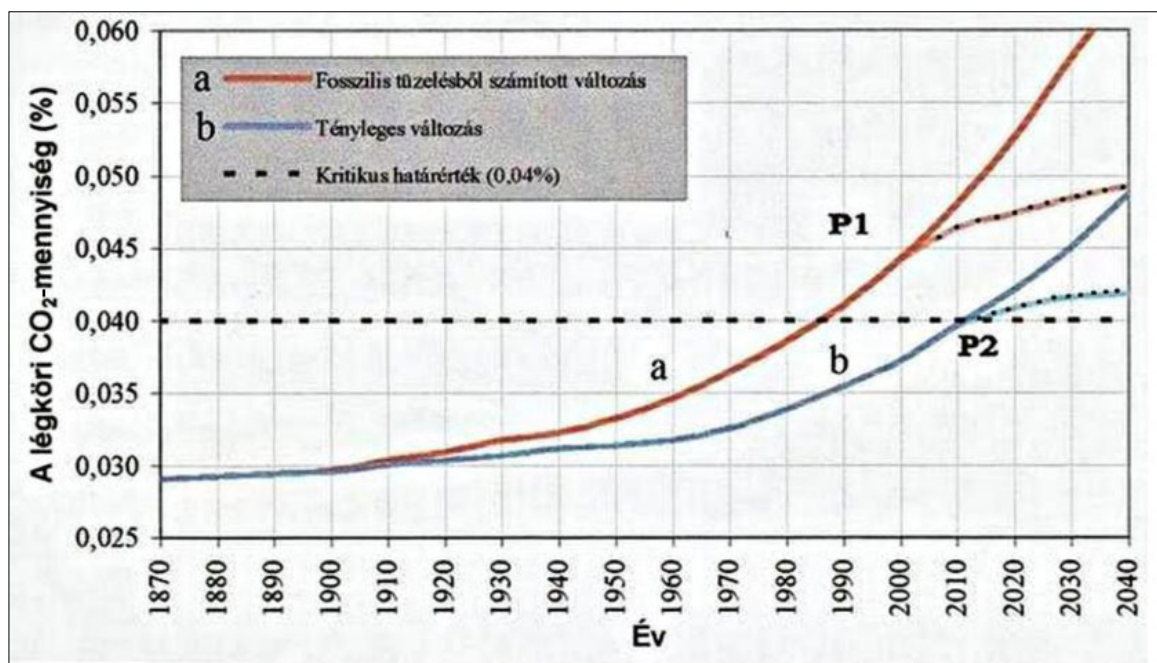
We are currently experiencing the most severe melting in recent times, about 420 billion tonnes of ice per year, of which about 280 billion tonnes came from the Arctic (Greenland). The present melting trend looks like that the ice will disappear from the Arctic within 10 years. Currently there is still 2.6 million km³ of ice in the Arctic and about 29 million km³ in the Antarctica.

If we were to limit the use of fossil fuels now – hopefully in time – based on possible UN agreements, we would have a good chance of protecting the biosphere (and ourselves) and avoiding a global warming catastrophe.

Keywords: analysis, CO₂ enrichment, fossil fuels

Előző, 2000-ban elkészült tanulmányomban [1] elemeztem a globális fosszilis energiakorlátozás bevezetésének szükségszerűségét, amelyet véleményezésre eljuttottam dr. Mészáros Ernő és dr. Pető Szilveszter professzorokhoz. Az ő ajánlásuk alapján elküldtem az akkori Környezetvédelmi Minisztériumba, ahonnan levélben jelezték a tanulmányban foglaltakkal való elvi egyetértésüket.

Az abban a tanulmányban közölt ábrán a fosszilis alapú szén-dioxid-kibocsátásból számított (280 ppm + fosszilis CO₂ ppm), ill. a mért (tényleges) légköri CO₂-növekményt 2000-ig a valós adatok alapján, a 2000-tól 2040-ig várható értékeket pedig az eddigieket és a várható növekményt figyelembe véve – csak statisztikai elemzéssel – szerkesztettem meg (1. ábra). Erre alapozva javasoltam a szén-dioxid-kibocsátás



1. ábra.

radikális és sürgős lecsökkentésének szükségességét 2001 és 2010 között – évi 10%-os lépésekben – mintegy egyharmad részre (az ábrán pontozott görbeszakaszok), hogy a légköri CO₂ 0,04% körül stabilizálódjon.

A globálissá vált pénzuralmi világrendszer a gyorsan mélyülő környezeti-ökológiai problémákat képtelen kezelni, orvosolni. Az IPPC (Intergovernmental Panel on Climate Change [6]) statisztikai elemzések-jelentések alapján összeülő, klímavédelmi ENSZ-konferenciák sem hoztak eredményeket. Pedig a számok és tények a globális felmelegedésről, és az időjárás szélsőségek fokozódásáról szólnak [4].

Az IPPC-tanulmányok a fosszilis felhasználásától függő CO₂ %-os mennyiségének jövőbeli alakulását szintén statisztikai elemzések alapján számolják. Az elemzések petagramm (pg) nagyságrendű (1 pg = 10¹⁵ g = 10 milliárd tonna) számításokon alapulnak. Jelen tanulmányban ezt közvetlenül a légköri CO₂-tartalom %-os formában (ppm-ben) való jelenlétével, ill. alakulásával vizsgálom. (1 ppm = 1 milliommód résznek – a légkör 0,0001%-ának megfelelően, 7,75 milliárd tonna CO₂-t jelent [1], és 1 pg = 1,29 ppm.)

A statisztikai elemzéseken alapuló előrejelzés a jövőbeli légköri CO₂-növekményt azon az alapon számolja, hogy ez az elmúlt években a fosszilis CO₂-kibocsátás hányad része volt. Mivel ez átlagosan 0,4-ed részre tehető, ezt úgy értelmezik, hogy a természeti CO₂-kibocsátás is az eredeti (XIX. század végi) 280 ppm 0,4-ed része lehet, azaz mintegy 116 ppm/év, ami a jelenlegi 4,5 ppm körüli fosszilis CO₂-kibocsátás 116/4,5 = 25-szöröse. Ez tévesen azt sugallja, hogy a fosszilis CO₂-kibocsátás az éghajlat alakulásában sem lehet perdöntő tényező, azaz nem sürgős a korlátozás.

Ennek a nagy globális tévedésnek nemcsak a valóság (gyors felmelegedés), de a tudományos légköri mérések is ellentmondanak, amelyek – bár tág határok között – 50–200 éves légköri CO₂-tartózkodási időt mutatnak ki. A tartózkodási időknél mért nagy különbségek a mérési helyek és az időpontok változóságából adódhatnak. De értelemszerűen a világszerte csak ebbe a 50–200 év közötti intervallumba eshet, szemben IPPC által tévesen kalkulált 2,5 évvel.

A fosszilis energiahordozók növekvő felhasználásából adódóan a légkör szén-dioxid-tartalma a XX. század eleji 0,028%-ról mára 0,042%-ra (280 ppm-ről 420 ppm-re) nőtt. A földtörténeti közelmúltban – 1,8 millió éve, a pleisztocénben, a glaciális és interglaciális időszakokban – a sarki fúrású jégmintákban talált légbuborékok radiokarbonos elemzése alapján ez csak 0,008–0,028% között ingadozott.

A maihoz hasonlóan magas (gyorsan növekedő) CO₂-%-okat a földtörténeti korszakváltások idején fellépő nagy klímaváltságot, globális kihalásokat idejére jeleznek a radioizotópos elemzések – pl. 200 millió éve, a Kamp idején, Triász–Júra határon – 500–2000 ppm [3]. Sajnos jelenleg gyorsan közeledünk az 500 ppm-es határhoz.

A jelen tanulmányban az elmúlt évtizedekben mért légköri CO₂-növekményt a fosszilis felhasználás függvényeként matematikai (nem statisztikai) alapokon elemzem. Ehhez szükség van a szén-dioxid átlagos légkörben való tartózkodási idejére, amelyre a mérések (nagy szórással) 50–200 évet jeleznek. A számítások kiinduló alapja, hogy például átlagos 100 éves tartózkodási idő esetén az éppen légtérben lévő CO₂-nek évente 1/100 része távozik, nyelődik el aszsimiláció, kiázás stb. formájában.

A szén-dioxid légköri tartózkodási idejének (vagyis az elnyelődési arányszámnak) a pontosítására, annak időbeli változásainak vagy változatlanságának bizonyítására alkalmasnak kínálkozott a BKL-ban megjelent tanulmányomban közölt (4) differenciálegyenlet [4]. A számításokhoz felhasznált fosszilis kitermelési adatok, ill. a légköri CO₂-% (1960 és 2020 közötti) alakulását pedig a BKL közleményei és a Mauna Loa Obszervatórium mérései alapján vettem figyelembe.

Az említett (4) egyenlet [4]:

$$y = \frac{V}{Q} \left[M_{di} - \frac{M_{di} - (Q/V)y_0}{\exp\{(Q/V)x\}} \right]. \quad (4)$$

Ezzel az egyenlettel a bányabeli diffúziós (parciális szellőztetésű) légterekben üzemelő dízelgépek mérgező gázainak az ABBSZ-ben előírt felhígításához szükséges friss légmennyiséget számíthatjuk ki. Az egyenlet felhasználható bármely térbeli és időbeli dimenziális intervallumban (itt a légkör, ill. év), és a CO₂-gázra vonatkoztatva is, ha a V/Q (tisztulási arányszám) és az M_{di} (gázképződés) az adott időintervallumban változatlan, vagy közel az. Esetünkben az ismeretlen a $V/Q = Z = T$ a tartózkodási idő meghatározásához. A fenti képletben szereplő mennyiségek:

- y és y_0 a vizsgált folyamat végén, ill. elején bent lévő gáz mennyisége – itt a légkörnél ppm-ben. (1 ppm CO₂ = a légköri gáz – levegő – 1 milliommód része, azaz 0,0001%-a = 7,75 mrd tonna CO₂) [5].
- V a térség térfogata és Q a befűtatott friss levegő mennyisége (m³/s). A légkörnél a képletben csak ez (a V/Q elnyelődési arány) az ismeretlen – pl. ha a CO₂ légköri tartózkodási ideje (T) 100 év: $V/Q = Z = 100$.
- M_{di} az egységnyi idő (sec) alatt keletkezett (pl. kipufogott) gáz mennyisége. A légkörnél a vizsgált 10 éves időszakokban (dekádokban) keletkező CO₂ éves átlagmennyisége ppm-ben. Itt az $M_{di} = M_{di1} + M_{di2}$, ahol
 - M_{di1} a 10 éves fosszilis CO₂-kibocsátások éves átlaga ppm-ben [5].
 - M_{di2} a természetes éves CO₂-kibocsátás, amikor az ipari korszak előtti légköri CO₂-tar-

alom csak 280 ppm volt, és a mostani CO₂-kibocsátást is változatlanak tekintjük, így 280/Z-nek vesszük.

- x az idő (sec). Itt év, a vizsgált időszak adott 10 éve: t (idő).

A fentieknek megfelelően behelyettesítve, a (4a) egyenlet:

$$y = Z \left[M_{di1} + \frac{280}{Z} - \frac{M_{di1} + (280/Z) - (1/Z)y_0}{\exp\{t/Z\}} \right]. \quad (4a)$$

A $V/Q = Z$ meghatározását eredményező számításokat 1960-tól 2020-ig 10 éves ciklusokra (dekádokra) vonatkoztatva végeztem el. A $Z/10$ -ed rendű (exponenciális jellegű) egyenletből az ismeretlen Z -t közelítő számításokkal határozhatjuk meg, mivel az $\exp\{t/Z\}$ tényezőbe a bizonytalan 50–150 év közötti Z értékeket 10-es léptékekben behelyettesítve, az egyenlet egyszerű elsőfokúvá válik, és alulról, illetve felülről közelítve pedig az egyenletekből számított Z értékek alapján pontosíthatunk.

Azért célszerű 10 éves időszakokkal számolni, mivel ezen belül a CO₂-kibocsátást (M_{di1}) még jó közelítéssel átlagosnak vehetjük. Másrészt feltételezhetjük, hogy ilyen kis időn belül nem változhatott az elnyelődés, azaz a tisztulási arány, Z sem. Harmadrészt az $\exp\{(Q/V)t\}$ számítása így egyszerűvé válik.

Az éves fosszilis CO₂-kibocsátást az adott évtized átlagából számolhatjuk [5]. Például a 2010-es években a 2016-os évvel számolva:

szén: 4,8 mrd SKE t (tonna);

kőolaj: 6,1 mrd SKE t;

földgáz: 3,9 mrd SKE t;

összesen: 14,8 mrd SKE t.

(1 SKE t = 1 t 7000 kcal-s, azaz 29,3 GJ-os feketeszén)

Az 1 t 8150 kcal-s tiszta feketeszén elégeésekor 3,65 t CO₂; 1 t átlagosan 10000 kcal-s kőolajból 3,2 t CO₂; 1 t átlagosan 11000 kcal-s földgázból 2,25 t CO₂ keletkezik.

Az energiahordozók átlagos energiatartalma és CO₂-kibocsátása, valamint a felhasználási arányok alapján az 1 SKE t-ra jutó súlyozott, átlagos CO₂-

1. táblázat. Az 1960 és 2020 közötti 6 dekád adatai

	1. 1960–1970	2. 1970–1980	3. 1980–1990	4. 1990–2000	5. 2000–2010	6. 2010–2020
y_0 (ppm)	317	324	337	353	373	390
y (ppm)	324	337	353	373	390	413
M_{di1} (ppm)	1,8	2,2	2,6	3,4	3,74	4,2
M_{di2} (ppm)	280/Z	280/Z	280/Z	280/Z	280/Z	280/Z

kibocsátás 2,27 t. Azaz, a 2010-es években: $14,8 \cdot 2,27 = 33$ mrd t/év-vel (4,4 ppm) számolhatunk.

Az y_0 és y a vizsgált évtized eleji, ill. végi légköri CO_2 -tartalmak: a Mauna Loa-i Observatórium mérései alapján [5].

A közelítő számítások elvégzéséhez célszerű az $\exp\{(Q/V)t\}$ értékeket az 50–150 éves tartózkodási idő T (10 éves léptékben) és a $t = 10$ évnek megfelelően kiszámítani. Azaz, $e^{10Z} = 1,22; 1,181; 1,155; 1,135; 1,12; 1,105$ (ahol $T = 50; 60; 70; 80; 90; 100$ év).

A számításokat a (4a) egyenlet felhasználásával (szükség esetén 100 év feletti tartózkodási időkre is) el kell végezni.

Számítási metódusként itt csak az 1980–1990 közötti ciklusidőre vonatkozó Z meghatározást mutatjuk be. Mivel – 80 és 50 éves tartózkodási időkkel számolva – ezek Z -re még elég jelentős mínusz, ill. plusz értékeket adtak – (73,5 és 55,7 év, azaz, –6,5 és +5,7 év). Így el kell végezni a $Z = 70$ és $Z = 60$ tartózkodási időre vonatkozó számításokat is:

a) $Z = 70$ évre, behelyettesítve az ismert $y, y_0, M_{di} = M_{di1} + M_{di2}$ értékeket:

$$353 = Z \left[2,6 + \frac{280}{Z} - \frac{2,6 + (280/Z) - (337/Z)}{\sqrt[3]{e}} \right];$$

$$\sqrt[3]{e} = 1,155,$$

$$353 = 2,6Z + 280 - 2,25Z - 242,4 + 292$$

$$\rightarrow Z = 66,8 \text{ év}$$

b) $Z = 60$ évre számolva:

$$353 = Z \left[2,6 + \frac{280}{Z} - \frac{2,6 + (280/Z) - (337/Z)}{\sqrt[6]{e}} \right];$$

$$\sqrt[6]{e} = 1,181,$$

$$353 = 2,6Z + 280 - 2,2Z - 237,1 + 285,3$$

$$\rightarrow Z = 62 \text{ év}$$

Így a számítások alapján $Z = 66,8$ -at és 62 -t kapunk, és az átlag $(66,8 + 62)/2 = 64,4$ évnek vehető.

Ugyanezzel a módszerrel másik három (2, 4, 6) ciklusidőszakokra is ilyen 60 év körüli érték adódott.

A 2., 3., 4., 6. számú ciklusidőkből a közelítéssel számolt $(58,2 + 64,4 + 63,25 + 56,5)/4 = 242,35/4 = 60,6$, ill. a számítógépes megoldással kapott 59,9 átlagérték alapján, jó közelítéssel $Z = 60$ -nal számolhatunk. Az ezzel visszszámolt y értékek pedig jól egyeznek, csak max. 1 ppm-mel tértek el a valós (mért) értékektől (1. táblázat).

A 60-as évekre az egyenlet nem volt alkalmazható – nem adott közelítő értékeket. Ez abból adódhat, hogy a légköri CO_2 -növekedés mértéke csak pár éves késéssel követte a felgyorsuló fosszilis CO_2 -kibocsátás növekedési ütemét (mellékelt ábrák) – „Gaia ráfékezett”. A 2000–2010 közötti időszakokra pedig a számítások szerint Z értéke csak 45,3 év körülnek adódott. Ez a CO_2 -kibocsátás növekedési ütemének jelentős mérséklődéséből származhatott, amire a Gaia [2] még negatív visszacsatolással ráerősített.

Érdekes módon az 1960–1970, ill. 2000–2010 között jelentkező „tisztulási” javulások nem húzódtak át a következő évtizedekre, így nagy valószínűséggel ezek viszonylag rövid ideig (max. pár évig) tartó változásokból adódtak, és nem módosították a hosszú távú tisztulási szabályt.

A 2010–2020-ra a számolt Z érték már újból 60 év körül volt. Ezt állandó értéknek elfogadva a természet (évenként) $280/60 = 4,67$ ppm/év, azaz $4,67 \cdot 7,75 =$

2. táblázat. A CO_2 -elnyelődési arányszám (Z) közelítő számításához (A táblázatban feltüntetjük a számítógépes szoftverrel kiszámolt értékeket is)

Z értékek \ ciklusidők (ppm) \ (évek)	1. 1960–1970	2. 1970–1980	3. 1980–1990	4. 1990–2000	5. 2000–2010	6. 2010–2020
y_0 és y	317 324	324 337	337 353	353 373	373 390	390 413
Az évtized átl. fosszilis CO_2 -kibocsátása	1,8	2,2	2,6	3,4	3,74	4,4
Z alsó érték	Nem működik az egyenlet	55,25	62	61,7	43,5	54,2
Z felső érték	Nem működik az egyenlet	61,1	66,8	64,8	47,2	58,7
Z átlagérték	–	58,2	64,4	63,25	45,3	56,5
Számítógépes szoftverrel [7]	–	57	65	59,5	50	58
$Z = 60$ -nal számolt y -k	327,6	337,2	352	372	394,8	412,9
Valós és a számolt y értékek különbsége	–3,4	0,2	1	1	–4,8	0,1

3. táblázat. A légköri CO₂-tartalom jövőbeli alakulása (ppm-ben)

Évszám	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Jelenlegi CO ₂ -kibocsátással	413	415,2	417,3	419,4	421,5	423,5	425,5	427,4
Évi 10%-os csökkentéssel	413	414,8	415,8	416,4	417	417,2	417,2	416,6
Évszám	2028	2029	2030	2040	2050	2060	2070	
Jelenlegi CO ₂ -kibocsátással	429,4	431,3	433,1	450	464	476,4	486,6	
Évi 10%-os csökkentéssel	416,2	415,2	414,4	408	402,6	397,8	393,6	

36,2 mrd t CO₂-t „termel”. A fosszilis CO₂-kibocsátás pedig 2015–2016 között 4,4 ppm volt (azaz 4,4·7,75 = 34,1 milliárd t), ami mára már közel azonos a hosszú távon változatlanul vehető természeti kibocsátással. (Ez gyökeresen különbözik az IPCC [6] elemzésektől, amely szerint az antropogén CO₂-kibocsátás csak töredéke (1/25 része) a természeti kibocsátásnak, azaz, a 60 éves tartózkodási idővel szemben, tévesen csak 2,5 évvel számol!) Így a jelenlegi éves összes CO₂-kibocsátás $M_{di} = M_{di1} + M_{di2} = 4,67 + 4,4 = 9,07$ ppm-nek adódik.

Adott CO₂-kibocsátás (M_{di}) és a számított elnyelődési arány (Z) esetén a légköri CO₂-tartalom addig növekszik, ameddig az elnyelődő gáz mennyisége nem egyezik meg a kibocsátással [1]. Így a jelenlegi aszimptota (határérték): $y_{max} = (V/Q)M_{di} = Z \cdot M_{di} = 60 \cdot 9,07 = 544,2$ ppm-nek adódik.

Ha a fosszilis üzemanyagok elégetése a jelenlegi szinten maradna, a légköri CO₂-tartalom 30–40 év alatt már 0,05% közelébe, a természetes állapot közel duplájára növekedne (2. ábra). A maihoz hasonlóan gyorsan változó és magas CO₂-százalékokat a nagy kihálások idején, a korszakhatárokon (közetréteg-változások) mutatnak ki a paleontológusok radioizotópos vizsgálatai [3]. Gondolni kell a kapcsolódó, a felmelegedést erősítő pozitív visszacsatolási folyamatokra: a légköri páratartalom növekedésére, az olvadó permafrosztból és a tengeri üledékből elszökő, ill. kiszabaduló szénhidrogének, CO₂ és freonok hatására. Hosszabb távon pedig a fogyó sarki jégsapkák (a nagy földi klímaszabályzók) olvadásából adódó (79,4 kcal/kg-os) látens hő és a tengervíz felmelegedéséből adódó hőelnyelődés (negatív visszacsatolások) gyengülésére [2]. Ezzel egyidejűleg az erdőirtások, az elsivatagosodás, az állóvizek, tengerek elszennyeződéséből adódóan bekövetkezhet a CO₂-elnyelődés csökkenése is.

Nagyon veszélyessé és megállíthatatlanná válhat az É-szibériai fagyott permafroszt talajok (a tundra) olvadásával a légkörbe kiszabaduló sokszáz milliárd tonnányi üvegházhatású gáz megjelenése (CO₂ és freonok).

Az, hogy eddig még jelentős globális felmelegedés nem következett be, a nagy földi klímaszabályzó rendszereknek, a kb. 8 M (millió), majd 2 M éve kialakult hatalmas földszarki jégsapkáknak köszönhető. Az Antarktisz kb. 29 M km³ (1992-ben még 35 M), Grönland + Északi-sarkon kb. 2,6 M km³ (1992-ben még kb. 4 M) [8]. A jég olvadásánál, ill. a víz fagyásánál jelentkező hatalmas (79,4 kcal/kg) elnyelt, ill. leadott látens hő szabályozta a földi klímát (negatív visszacsatolással) a növényi-állatvilági egyensúlyozását. Az elmúlt 2 millió évben a légköri CO₂-százalék – a sarki jégfúrési mintákban található légbuborékok elemzése szerint – 0,018–0,028% között mozgott a glaciális és interglaciális ún. Milankovics (100 ezer éves) ciklusokban.

A számításokon alapuló elemzésből is az adódik, hogy – 10 év alatt, évente 10%-kal – kb. a jelenlegi 1/3-ára kellene csökkenteni a fosszilis + természeti energiahordozók kitermelését, hogy a légköri CO₂ mielőbb 0,04% alá kerüljön.

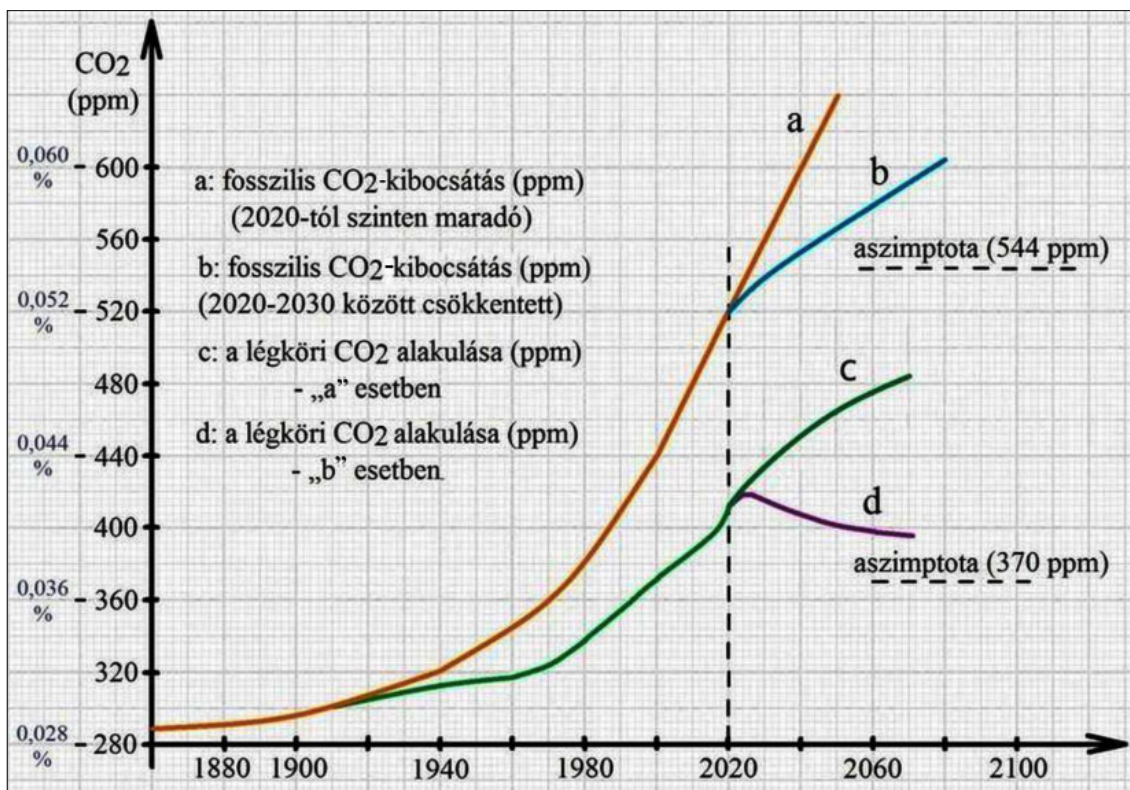
A táblázat elkészítéséhez (4a) egyenletet használtam fel. Kiindulásként a jelenlegi összes fosszilis kibocsátás ($M_{di} = M_{di1} + M_{di2} = 4,4 + 4,67 = 9,07$ ppm); a jelenlegi légköri CO₂-tartalom ($y_0 = 413$ ppm); a kiszámolt tisztulási arány ($Z = 60$); és $t = 10$ év (azaz $e^{t/z} = \sqrt[6]{e} = 1,181$). Ezen adatok felhasználásával az egyenlet:

$$y = Z \left[M_{di} - \frac{M_{di} - (y_0/60)}{1,181} \right].$$

Az egyenletből 10 évre ($t = 10$) kiszámolt Δy értékváltozásokkal kell számolni.

Az éves kibocsátáscsökkentések miatt – a 2020–2030 időszakra – a változást is 1 éves lépésekben kell kiszámolni. Mivel a kiszámolt y értékek 10 évre vonatkoznak, a vizsgált egy-egy évre csak az $y_1 - y_0 = \Delta y$ érték 1/10 részével kell számolni, azaz $y_1 = y_0 + \Delta y/10$ -zel.

A 2. ábrán látható grafikonok 2020-ig az eddigi adatok, 2020-tól pedig a fosszilis CO₂-kitermelés alakulásának függvényeként – a fenti számításoknak megfelelően – mutatják be a légköri CO₂ jövőbeli ala-



2. ábra.

kulását. (Az ábra adatai jó közelítéssel alkalmazhatók a jelenleg számolható, 2024-től 2034-ig tartó csökkentésre is.)

Ezt a beláthatatlanul veszélyes kísérletet tovább folytatni nem lenne szabad – a fenyegető pozitív visszacsatolások miatt sem [2]. Nem tudjuk, hol a küszöb! Halogatásra nincs idő, ezt tükrözi az EU-bizottság közelmúltban kiadott előirányzata a 2050-ig való 0 kibocsátási értékre történő lecsökkentésről. De hogy ez még hatásos legyen, késedelem nélkül már 2024-től meg kellene kezdeni, radikális évi 10%-os csökkentéssel, azaz 2034-re 1,5 ppm-re (11,3 mrd t CO₂-re). A további csökkentés szükségességéről az időszak végéig lehetne dönteni. Így 2034-re az összes CO₂-kibocsátás csak 1,5 + 4,67 = 6,17 ppm lenne.

A légköri CO₂-% 2026-ig még így is 420 körüli ppm-re növekedne, és csak ezt követően (2060-ra) csökkenne a számított 400 ppm alá. De ez a csökkenés (javulás) a számítottnál akár 10–20 ppm-mel is több lehet, azaz gyorsabban közelíthet az egyensúlyi helyzethez (aszimptotához). Ez történhetett „Gaia” negatív visszacsatolások ráségítésével az 1960-as és a 2000-es években. Remélhetőleg az időjárási szélsőségek is gyengülnek, visszaszeliődülnek.

A dinamikus (téli–nyári) egyensúly pedig az $y_a = (V/Q)M_{di} = Z \cdot M_{di} = 60 \cdot 6,17 = 372$ ppm körül állna be (aszimptota).

Ha a bizonytalanabb eredményű és ellenőrizhetőségű, 20 évig tartó évi 5%-os csökkentéssel számolunk (2024-től 2044-ig 4,4-ről 1,58 ppm-re), akkor is

1/3 részére esne vissza a fosszilis CO₂-kibocsátás. Ebben az esetben 2032-re 423 ppm-re növekedne, majd ezt követően csak 2070-re csökkenne 400 ppm alá a légköri CO₂-tartalom. Ilyen globális szintű energiapolitika – kitermelési és felhasználási korlátozás – csak szigorúan ellenőrzött és szankcionált, nemzetközi (ENSZ) egyezményen alapulva valósulhatna meg.

IRODALOM

- [1] Novák Sándor: Tervjavaslat a gyorsuló légköri változások, a globális felmelegedés lefékezésére, a katasztrófa elhárítására (kézirat, 2001).
- [2] James Lovelock: Gaia halványuló arca – Utolsó figyelmeztetés (2019).
- [3] Pálfy József: Kihaltak és túlélők (2000); 200 millió éves történet (A Föld a Triász–Júra határon). Akadémiai székfoglaló előadás (2013).
- [4] Novák Sándor: A dízelgépek kipufogógázainak felhígításához szükséges légmennyiség meghatározása BKL Bányászat, 141. évf., 2008/5. sz.
- [5] A légköri CO₂-tartalom – a hawaii Mauna Loa Observatórium mérése – és a fosszilis eredetű (globális) CO₂-kibocsátás számai (ppm-ben) a BKL Bányászati Lapokban található adatok alapján.
- [6] IPCC – Éghajlatváltozási Kormányközi Testület (1988-ban alakult az ENSZ égisze alatt).
- [7] A számítások a Microsoft Math Solver szoftver segítségével történtek.
- [8] Greendex szemle 2023 ápr. 23; Earth System Science Data folyóirat 2024. július.