

A FOSSZILIS TÜZELŐANYAGOK ENERGETIKAI FELHASZNÁLÁSÁNAK HATÁSA A LÉGKÖR ÖSSZETÉTELÉRE

Reményi Károly

az MTA rendes tagja
remeni@freemail.hu

Az 1990-es évek óta egyre több kutatás foglalkozik a földi rendszerben oxigént és széndioxidot is tartalmazó folyamatoknak a teljes légkör vegyi összetételére való hatásával. A legfontosabb folyamatok: a fotoszintézis, a talaj légzése, a fosszilis tüzelőanyagok égése – tüzelése, az óceánok CO₂-felvétele és az óceánokban folyó fotoszintézissel járó légzés (Hillier, 2011). Korábbiakban az oxigénbőség miatt nem fordítottak a témára nagy figyelmet. Az O₂/CO₂-arány mérése is problémás, mert a két gáz koncentrációja között nagyon nagy a különbség, ezért általában az O₂/N₂- és a CO₂-arány mérést alkalmazzák. A korábbi cikkek (Keeling, 1995; Ishidoya, et al., 2003) a különböző folyamatoknál az O₂/CO₂-fluxusarányt vették elsősorban figyelembe, ami azonban nem ad választ a két gáz tényleges koncentrációváltozására. A tüzelőanyagok energetikai hasznosításánál, tehát az emberi tevékenységnél a cél a hőfejlesztés, amikor az adott tüzelőanyag összetételének figyelembevétele (az energiafejlesztési reakció) alapvetően fontos a ténylegesen felhasznált oxigénmennyiség megismerése szempontjából. Erre az O₂/MJ-jellemző alkalmas. Oxigénfelvétel szempontjából egy nagy fluxusú folyamat energiaszempontú oxigén-

igénye kedvezőbb lehet egy kis fluxusúnál. (1. táblázat):

A tüzelőanyagok energetikai értékeléséhez fel kell írni a mérlegegyenleteket, és meg kell határozni számszerűen a reakciófolyamatokban részt vevő komponenseket, továbbá az energetikai jellemzőket.

A számításokhoz figyelembe vett alapértékek: C – 32,808 MJ/kg; H – 121,0 MJ/kg; CO – 10,11 MJ/kg (2. táblázat).

Az O–CO₂-fluxusaránya alapján viszonylagosan legnagyobb oxigénfogyasztónak a metán (földgáz) mutatkozik 2 aránnyal. Ralph F. Keeling valószínűleg a táblázatban lévő folyamatok alapján számolta a fosszilis tüzelőanyagok égésére az 1,42 arányértéket. Annak értékeléséhez, hogy a fosszilis tüzelőanyagok felhasználása hogyan hat a légköri oxigénmennyiségre, nem elég a folyamatfluxusok ismerete, még a különböző tüzelőanyag-fajtákból összeállított energiamérleg összetételének ismeretében sem. Az energetika feladata tüzeléssel hő előállítás. Az összes oxigénfelhasználás meghatározásához adott energiahordozó egységnyi tömegének elégetéséhez szükséges fajlagos oxigéntömeg ismerete szükséges. A reakciófolyamatok ismeretében ezek a paraméterek számíthatók (3. táblázat).

folyamat	az O ₂ -fluxus és a CO ₂ -fluxus aránya
fotoszintézis és talajlégzés $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{CH}_2 + \text{O}_2$	-1,05 ^a
fosszilis tüzelőanyag égése $\text{CH}_y + (1 + y/4) = y/2\text{H}_2 + \text{CO}_2$	-1,42 ^b
az óceánok többletfelvétele $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 + \text{CO}_3^{2-} \rightarrow 2\text{HCO}_3^-$	0
az óceáni fotoszintézis és légzés $106\text{CO}_2 + 16\text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{PO}_4^- + 17\text{H}^+ \leftrightarrow \text{C}_{106}\text{H}_{263}\text{O}_{110}\text{N}_{16}\text{P} + 138\text{O}_2$	-2 – 8 ^c

1. táblázat • a – a fluxusarány átlaga, amennyiben a földi szerves anyag némileg több szénhidrátot redukál, akkor, ha a talajban az O₂/CO₂-arány nagyobb, mint 1 (Keeling, 1988) • b – az 1991. évre várt tüzelőanyag-felhasználás alapján számított fluxusarány átlagértéke (Marland - Boden, 1991), felhasználva a különböző tüzelőanyagokra számítható O₂/CO₂-arányokat (Keeling, 1988) • c – A tengervízben az óceáni fotoszintézis által keletkezett többlet O₂ és a tengervízből eltávolított CO₂ aránya közelítőleg 1,3 : 1. Az értéket a tenger szerves anyagának összetétele határozza meg (Redfield et al., 1963). A levegő és a tenger közötti kapcsolat relatív fluxusa függ a gázcsere folyamat hatásosságától és erősen függ az időléptéktől (Keeling - Severinghaus, 1993).

tüzelőanyagok és reakciók	hidrogén és karbon aránya (H/C)	oxigénfluxus és széndioxid-fluxus aránya (O ₂ /CO ₂)	fejlesztett hő MJ/mól
$2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O}$	—	—	242
$\text{C} + \text{O}_2 = \text{CO}_2$	0	1	394
$\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$	4	2,0	878
$\text{C}_3\text{H}_8 + 5\text{O}_2 = 4\text{H}_2\text{O} + 3\text{CO}_2$	2,7	1,7	2149
$\text{C}_4\text{H}_{10} + 6,5\text{O}_2 = 5\text{H}_2\text{O} + 4\text{CO}_2$	2,5	1,6	2785
$\text{C}_2\text{H}_4 + 3\text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{CO}_2$	2	1,5	1271
antracit C 86% H 3,7%	0,25	1,25	
lignit C 19,7% H 1,7% O 8,5%	0,26	1,0	
biológiai anyagok			
$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 = 6\text{H}_2\text{O} + 6\text{CO}_2$ (glükóz)	2	1	3814
$\text{C}_2\text{H}_6\text{O} + 3\text{O}_2 = 3\text{H}_2\text{O} + 2\text{CO}_2$ (etanol)	3	1,5	1513
$\text{CH}_4\text{O} + 1,5\text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ (metanol)	4	1,5	878
kérges fa C 47% H 6% O 43%	0,77	1,4	

2. táblázat

fosszilis tüzelőanyag	fűtőérték MJ/kg	fajlagos oxigénigény $10^6 \cdot O_2$ mól/MJ
H ₂	121	2066
C	32,808	2538
CH ₄	54,9	2279
C ₃ H ₈	48,8	2326
C ₄ H ₁₀	48,0	2334
C ₂ H ₄	45,4	2360
antracit C 86% H 3,7%	35,3	2540
lignit C 19,7% H 1,7% O 8,5	8,52	1813
biológiai anyagok		
C ₆ H ₁₂ O ₆ (glükóz)	21,2	1573
CH ₄ O (metanol)	27,4	1710
C ₂ H ₆ O (etanol)	32,9	1980
kérges fa (nedvesség- és hamu-mentes) C 47% H 6% O 43%	18,1	1492

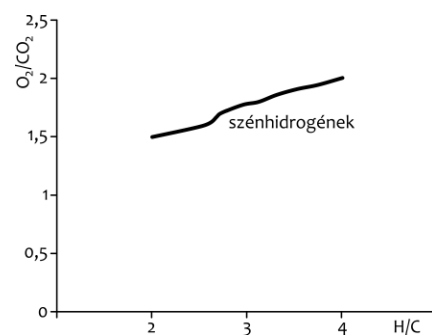
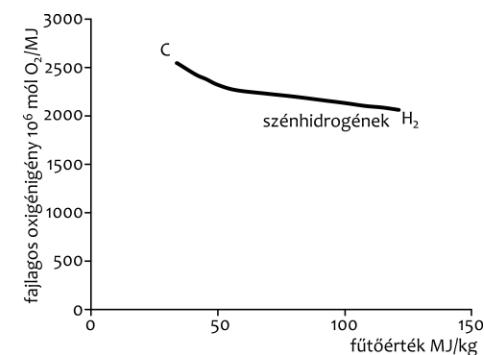
3. táblázat

A táblázatokban található értékek elemzése alapján fel kell hívni a figyelmet arra, hogy nagyon fontos előre rögzíteni az elemzés célját. Cél lehet a tüzelőanyagok rangsorolása a hasznosításuk során a légköri oxigénkoncentrációra gyakorolt hatásuk alapján. A következő elemzést e célkitűzés alapján végezzük.

Megállapítások

1. A tüzelőanyagok H/C arányának növekedésével az O₂/CO₂-fluxusarány is növekszik, ami természetes, mert a hidrogénégéshez is oxigén szükséges. Ezt figyelembe véve az oxigénfluxus szempontjából a metántüzelés (földgáz) kedvezőtlen, és a folyamatban az O/CO₂-arány értéke magas. Még jobban növeli az arányt az a tény, hogy a kibocsátott széndioxid 50%-át a természet maga is elnyeli, csökkentve a légköri széndioxid-koncentráció várt növekedését.

2. A metántüzeléssel kapcsolatban, energetikai szemléletben, az előbbivel ellentétes vélemény alakult ki. A tüzelőanyagok felhasználásának energetikai célja: a hőfejlesztés. Ebből a szempontból értékelve a tüzelőanyagokat, az egységnyi hőmennyiség fejlesztéséhez szükséges oxigéntömeg a mértékadó

1. ábra • A H/C és az O₂/CO₂-fluxusarány kapcsolata2. ábra • A C, a szénhidrogének és a H₂-égés fajlagos oxigénigénye

paraméter. E szempont szerint vizsgálva az adatokat az látszik, hogy a H/C-érték növekedésével csökken az egységnyi hőmennyiség fejlesztéséhez felhasználásra kerülő oxigén mennyisége. A földgáznak egyéb hasznossága mellett, a szénhidrogének között viszont a legkedvezőbb az értéke.

3. A szilárd fosszilis tüzelőanyagok között a szénülés növekedésével növekszik a fajlagos

oxigénszükséglet. Feltűnő a lignitnél az alacsony érték. A lignitet nevezhetjük átmenetnek a bio-tüzelőanyagok és a szén között, mert a fajlagosan magas hidrogéntartalom mellett jelentős az oxigéntartalom is (a fás szerkezet is jelentős).

4. Külön csoportot képeznek a biológiai rendszerhez kapcsolható tüzelőanyagok. Ezek maguk is tartalmaznak oxigént, aminek jelentős részét az égés során felhasználják. A természet a saját rendszerének optimalizálására törekszik. A bio-tüzelőanyagok, tehát mind a szén-dioxid-, mind az oxigéngazdálkodás szempontjából a legkedvezőbbek. Sajnos egyéb szempontból az energetikai hasznosításuk kedvezőtlen.

5. A hidrogéntüzelés fajlagos oxigénfelhasználásban megelőzi a szénhidrogéneket, de kedvezőtlenebb a bio-tüzelőanyagoknál.

Kulcsszavak: *fosszilis tüzelőanyagok, tüzelés, a légkör összetétele*

IRODALOM

- Hillier, Warwick (2011): *Something in the Air We Breathe*. Research School of Biological Sciences, Australian National University Canberra ACT 0200 Australia
- Ishidoya, Shigeyuki – Aoki, S. – Nakazawa, T. (2003): A High Precision Measurements of the Atmospheric O₂/N₂ Ratio on a Mass Spectrometer. *Journal of the Meteorological Society of Japan*. 81, 1, 127–140. • https://www.jstage.jst.go.jp/article/jmsj/81/1/81_1_127/_pdf
- ISIS Report 19/08/09 (2009): *O₂ Dropping Faster than CO₂ Rising*. • <http://www.i-sis.org.uk/O2DroppingFasterThanCO2Rising.php>
- Keeling, Ralph (2006): *Atmospheric O₂ Concentration, Reported as the O₂/N₂ Ratio*. University of California at San Diego Institution of Oceanography (SIO)
- Keeling, Ralph F. (1988): Measuring Correlation between Atmospheric Oxygen and Carbon Dioxide Mole Fractions: A Preliminary Study in Urban Air. *Journal of Atmospheric Chemistry*. 7, 153–176.

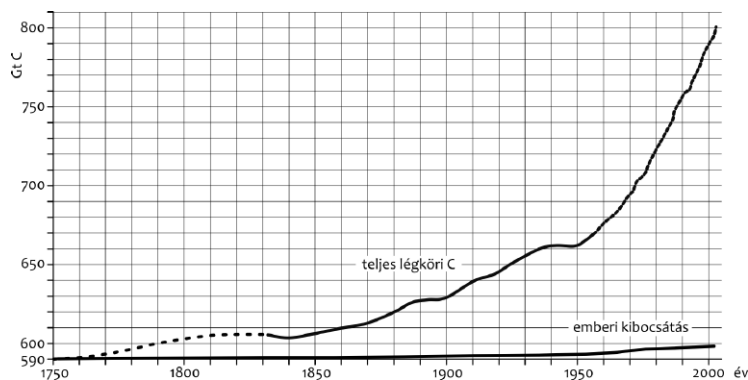
- Keeling, Ralph F. (1995): The Atmospheric Oxygen Cycle: The Oxygen Isotopes of Atmospheric CO₂ and O₂ and the O₂/N₂ Ratio. *Reviews of Geophysics, Supplement*. July, 1255–1263.
- Keeling, Ralph F. - Severinghaus, Jeffrey P. (1993): *Atmospheric Oxygen Measurements and the Carbon Cycle. (Proceedings of the 1993 Global Change Institute, The Carbon Cycle)* Cambridge University Press, 134–140
- Marland, Gregg – Boden, Thomas (1991): *CO₂ Emissions Modern Record Trend 91*. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge, TN
- Mészáros Ernő: *Különleges egyensúly a levegőben*. MTA, Miskolci Akadémiai Bizottság, 2010. június 2.
- Redfield, Alfred C. – Ketchum, B. H. – Richards, F. A. (1963): The Influence of Organisms on Composition of Sea Water. In: Hill, Maurice N. (ed.): *The Sea*. Vol. 2, Interscience, New York

Reményi Károly: Kiegészítés *Az oxigén, a szén-dioxid és az energia* című, a *Magyar Tudomány* 2012. februári számában megjelent cikkemhez • (<http://www.matud.iif.hu/2012/02/11.htm>)

A cikk a légköri oxigénkoncentráció és az emberi tevékenység során kibocsátott CO₂ közötti kapcsolatot elemzi. A közelmúltban több tanulmányban olvasható volt, hogy a légköri oxigénkoncentráció a CO₂-koncentráció növekedésénél jobban csökken, amire nem találtam kielégítő magyarázatot. A cikkben, a *European Science and Environment Forum*-on is említett, A. Siddons és J. D'Aleo által írt *Carbon Dioxide: The Houdini of Gases. White Paper for International Climate and Environmental Change Assessment Project (ICECAP), Washington, DC*, először 2007 szeptemberében közölt munkában szereplő ábrával mutattam be a légköri karbon mennyiségének változását. A cikkben lévő szöveg: „A 3. ábrán két skálát kell értelmezni. A felső vonal a teljes légköri karbonmennyiséget mutatja (a CO₂ gigatonna C-ben kifejezve). Az alsó vonal az emberi tevékenység következtében keletkező karbonmennyiséget jellemzi, de e mennyiség számításakor az 1750-es évnél nulla értékből kell kiindulni (a leolvasott ordinátaértékből 590 Gt értéket mindig le kell vonni).”

Olvasói észrevételeket figyelembe véve, jogosnak tartom az igényt, hogy az ábrával kapcsolatban bővebb ismertetést adjak. Enélkül többek a CO₂-kibocsátás jelentőségének elhanyagolását vélték felfedezni, ami korántsem volt szándékom. Az ábrához a következőket kell hozzáfűzni: Az ábrán szereplő két görbét valójában kétféle módon kell értelmezni: a teljes légköri C görbe az ipari

forradalom kezdetétől a CO₂-koncentrációváltozás tényleges értékeit ábrázolja, míg az *emberi kibocsátás* görbe az adott évben összesen kibocsátott mennyiséget mutatja. Utóbbi mennyiségekből a légkörben maradó értékeket a „teljes légköri C” görbe már tartalmazza. Nem szerencsés a két görbét azonos méretarányú diagramon ábrázolni, mert az értékek között nagyságrendi különbségek vannak, továbbá magyarázat nélkül valóban a kibocsátások lekezelésének érzetét keltheti. Megjegyzem: az emberi tevékenység révén keletkező kumulált kibocsátást és az általa okozott CO₂-koncentráció növekedés görbét több helyütt egy általam szerkesztett ábrával szemléltettem (pl. Reményi, K.: *The Fossil-Fuels and the Global Warming. Journal of Energy and Power Engineering*, 2012. 6.). E cikkek közlik a fosszilis energiahordozók hasznosításakor keletkezett CO₂ mennyiségét, továbbá a természetben lekötött mennyiséget figyelembe véve a légkörben maradó CO₂-t, és az így létrejövő koncentrációváltozást. Az 1860 és 2005 között felhasznált fosszilis tüzelőanyagból 1777,5 Gt CO₂ keletkezett. Az általam kimutatott természetes lekötés mértéke 59%, így a légkörben maradó mennyiség 728,5 Gt CO₂, azaz 198,7 Gt karbon. A légköri karbon mennyisége 1860-ban 610 Gt volt, tehát a felhalmozódással a jelenlegi érték 808,7 Gt. Az irodalomban a jelenlegi légköri karbon mennyiségére közölt értékeket 750–810 Gt tartományban találjuk.



Interjú

GÁBOR DÉNES-DÍJ, 2012

Egyed László beszélgetése Gyulai József akadémikussal

Decemberben, a Parlamentben adták át a Gábor Dénes-díjakat. A díjat odaítélő Novofer Alapítványt (NOVOFER Alapítvány a Műszaki-Szellemi Alkotásért) 1989-ben alapította Jamrik Péter, a Novofer Zrt. vezérigazgatója. Az alapítvány a széles értelemben vett innovációs folyamatban alkotó módon részt vevő műszaki és természettudományos képzettségű szakemberek, aktív kutatók, fejlesztők, feltalálók, egyetemi oktatók, műszaki-gazdasági menedzserek társadalmi elismertetését tűzte ki célul.

A Nobel-díjas tudósról, a holográfia feltalálójáról (és a környezetvédelem iránt elkötelezett humanista gondolkodóról) elnevezett hazai és nemzetközi díjat minden évben nyilvános pályázaton hirdetik meg, és a bíráló bizottság javaslatára, az arra méltó szakembereknek a kuratórium ítéli oda. A *Magyar Tudomány* számára külön öröm, hogy most a kitüntetettek közt volt lapunk állandó segítője, szerkesztője, Csermely Péter. A díjátadás után a kuratórium elnökével, Gyulai József akadémikussal Egyed László beszélgetett.

Igazából miből gazdálkodik az alapítvány?

Az állami pályázati lehetőségek beszűkülése és a vagyon hozadékából származó kamatbevételek alacsony szintje miatt mindenképpen

rákényszerülünk a gazdálkodó szervezetek támogatására. Előnyösebb lenne a díjak kiadásának anyagi fedezetét állami pályázatokból biztosítani, a társadalom számára is meggyőzően elkerülve ezzel a részrehajlás gyanúját.

Vagyis az alapítvány kap egy állami „apanaszt”?

Az alapítvány a kezdetek óta pályázott és kapott is állami forrásokból pénzeket. Például az egykori OMFB-től, illetve annak utódaitól, a Mecénatúra pályázat keretében.

Ma is?

2012-ben a Nemzeti Fejlesztési Ügynökség a Kutatási és Technológiai Innovációs Alapból támogatta a „reguláris” Gábor Dénes-díjakat. A nevesített díjak költségéhez a névadók járultak hozzá. Elődöm, Garay Tóth János, aki egészségi okok miatt lemondott, 2010 végéig sikeresen szervezte az anyagi háttérrel. Tőle vettem át a kuratóriumi elnökséget. A kuratórium is eléggé átalakult; új tagjai vannak, például Tóth Klára (Pungor Ernő utóda) vegyész, akadémikus. Folytonosságot biztosító tag Ginszler János gépészmérnök, akadémikus és Drozdy Győző villamosmérnök.

... neki van is Gábor Dénes-díja...

Igen, a hattagú kuratórium két tagjának van Gábor Dénes-díja. Drozdy Győző 1999-ben,