

NÉHÁNY MEGJEGYZÉS A KLÍMASZKEPTICIZMUS KAPCSÁN

Dr. Hetesi Zsolt, tudományos főmunkatárs,
Nemzeti Közszolgálati Egyetem¹ H-1083 Budapest, Ludovika tér 2.

Kivonat.

Megosztó kérdés manapság az éghajlatváltozásról, annak emberi eredetéről írni, különböző érvek és ellenérvek születnek a területen. Azonban nem szabad figyelmen kívül hagyni, hogy a légköri energiáttranszfer, valamint az üvegházhatás jelenségét leíró fizikai elméletek nem képezik vita tárgyát, hanem a jelenleg elfogadott természettudományos világkép részei. Így az éghajlatváltozással kapcsolatos szkepticizmus akkor megalapozott, ha ezen elméletek keretei között maradva egy, a létezőnél jobb leírást ad a tapasztalati tényekre. Ha olyan elképzelések kerülnek elő, amelyek a mögöttes fizikát hiányosan használják, azok nem tekinthetők sem cáfolatnak, sem pedig vitaalapnak, hanem hibáknak. A Magyar Energetika több cikket is közölt, amely a klímaváltozás szkepticus megközelítését tűzte ki célul. Ezek közül az egyik, a 2015/5-6 számban megjelent, *Klímaváltozás és szén-dioxid* című cikk (Héjjas, 2015)² több olyan félreértést, vagy tévedést is tartalmazott, amelyek tisztázása egy szaklap hasábjain feltétlenül szükséges, ezek közül az egyik a marsi légkör üvegházhatására vonatkozott, a másik a földi légkör CO₂ infravörös elnyelése szempontjából vitatta a jelenleg elfogadott üvegházhatás elméletét. A cikk kísérletet tesz ezen kérdések megfelelő tisztázására.

Az üvegházhatás alapjai

Az üvegházhatás (ÜH) megértése alapvető feladat, amennyiben erről a kérdésről szeretnénk érvelni pro, vagy kontra. Itt nincs arra lehetőség, de remélhetőleg nem is szükséges, hogy alapvető ismeretekről írjak. Arról azonban mindenképpen szükséges írni, hogy mi az emberi eredetű ÜH lényege. A továbbiakban erre teszek kísérletet.

Amikor az emberiség elkezdte növelni a légkörben a CO₂ mennyiségét, egy éghajlati szempontból rövid távon dinamikus egyensúlyban lévő rendszert zavar meg. Sokszor elhangzó ellenérv, hogy az éghajlat természetes változása során előfordultak olyan időszakok, amikor a hőmérséklet emelkedése megelőzte a CO₂-koncentráció növekedését (v.ö. pl. Gács, 2013)³, azaz nem állítható egyértelműen, hogy a CO₂-többlet okozza a hőmérséklet emelkedését. Ebből azonban nem következik, hogy a mostani helyzetben kizárható lenne az oksági kapcsolat a CO₂-koncentráció jelenlegi növekedése és a napjainkban tapasztalható éghajlatváltozás között. Ez a vita az oksági sorrendről nem segít megérteni a jelenleg tapasztalható változást, ugyanis az elmúlt néhány ezer évben meglepő stabilitást mutató klíma mellett a CO₂-koncentráció is stabil volt, azt kétséget kizáróan az antropogén kibocsátás kezdte el megnövelni. Mivel a fosszilis forrásokból származó szén más izotóparányt tartalmaz, mint a természetben évi körforgást végző szén, ezért az előző állítást mérésekkel közvetlenül alá lehet támasztani (Stuiver et al⁴, 1984, Francey et al. 1999⁵).

Az emberiség által a légkörbe juttatott többlet CO₂-t a természet csak részben képes kivonni a légkörből, így az ott felhalmozódik. Ennek következménye, hogy a földfelszínről kifelé induló hőmérsékleti sugárzás egy része csapdába esik az üvegházhatású gázok (ÜHG-k), így a CO₂ molekulaszervezete miatt. Ha a troposzféra tetején mérjük meg a kifelé menő hosszúhullámú sugárzást (OLWR)⁶, abban láthatóvá válnak az ÜHG-k elnyelési vonalai, 15 mikronnál a CO₂ egyik legjellemzőbb vonala található. Ha a felszínen állva mérjük meg az OLWR-t, akkor egy abszorpciós vonalak nélküli Planck-görbét kapunk. E két görbét egymásra téve látható (1. ábra), hogy a légköri ÜHG mekkora részét ejti csapdába a kifelé induló sugárzásnak.

1 hetesi.zsolt@uni-nke.hu

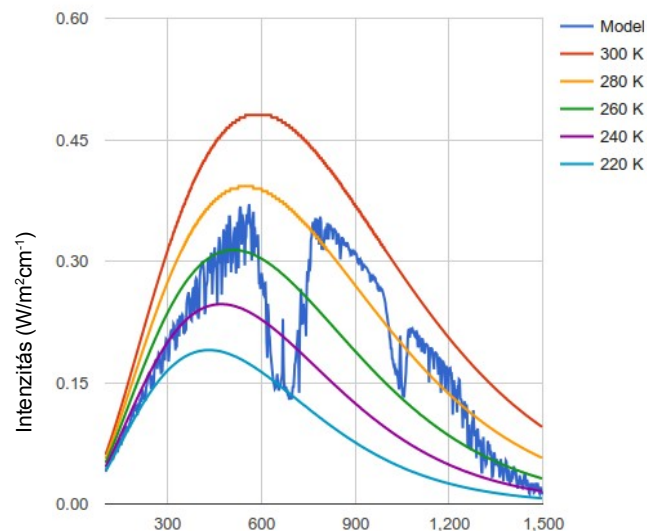
2 Héjjas István: Klímaváltozás és szén-dioxid Magyar Energetika 2015 5-6

3 Klíma és energia. 2013 február. <http://klimaszkeptikusok.hu/wp-content/uploads/2014/12/KI%C3%ADma-%C3%A9s-energia-2013-02.pdf>

4 Stuiver, M., Burk, R. L. and Quay, P. D. 1984. 13C/12C ratios and the transfer of biospheric carbon to the atmosphere. J. Geophys. Res. 89, 11,731-11,748.

5 Francey, R.J., Allison, C.E., Etheridge, D.M., Trudinger, C.M., Enting, I.G., Leuenberger, M., Langenfelds, R.L., Michel, E., Steele, L.P., 1999. A 1000-year high precision record of d13C in atmospheric CO₂. Tellus 51B, 170–193.

6 Outgoing LongWave Radiation



1. ábra. A Föld felszínéről kifelé menő hőmérsékleti sugárzás spektrális eloszlása (piros folytonos vonal, 300K-es hőmérsékleti sugárzás), és a troposzféra tetején a világűrbe kilépő sugárzás spektrális eloszlása (kék). Jól látható 665 cm^{-1} hullámszámnál a CO_2 abszorpció vonala. Adatforrás: University of Chicago, MODTRAN Model.⁷

A légkörben a szén-dioxid elég jól elkeveredik, azaz nagy magasságokon is lassan csökken csak a koncentrációja⁸, nem úgy, mint pl. a vízpáráé (Foucher et al., 2011)⁹. Ebből következik, hogy a CO_2 abszorpciója egészen nagy magasságokban is létezik. Tehát a felszínhez közel elnyelt sugárzást az elnyelő réteg ugyan izotrop módon re-emittálja, de annak kifelé induló része ismét elnyelődik kissé feljebb, ennek egy része ismét felfelé re-emittálódik ebből a rétegből, és így tovább, egészen addig, míg megszűnik az abszorbens gáz jelenléte, és a sugárzás a világűrbe jut.¹⁰

Mondhatnánk, minden rendben, csak hogy minél több szén-dioxidot juttat az emberiség a légkörbe, annál jobban nő a koncentráció nagy magasságon is, ami azt jelenti, hogy egyre magasabban lesz az a régió a troposzférában, ahonnan a világűrbe sugározhat a hó, további abszorpció nélkül. Ezt szaknyelven úgy mondják, hogy az *effektív sugárzási magasság* növekszik. Miután a troposzférában felfelé haladva a hőmérséklet csökken, így az effektív sugárzási magasság növekedése miatt a sugárzás egyre kisebb hőmérsékletű közegből indul. A Stefan-Boltzmann-törvény értelmében a kisugárzott teljesítmény a hőmérséklet negyedik hatványával arányos, tehát **a felfelé csökkenő hőmérséklet korlátozza a világűrbe sugározható hó mennyiségét, mert a sugárzás effektív magasságát egyre növeljük az atmoszférában az üvegházhatású gázok kibocsátásával.**¹¹ Ha pedig kevesebb hőt tud a Föld kisugározni, több marad a légkörben, azaz nő a hőmérséklet, így növekszik az üvegházhatás.

A marsi üvegházhatás és a szén-dioxid kérdése

A bevezetőben hivatkozott cikk (Héjjas, 2015) egyik ellenvetése a földi szén-dioxid és

⁷ A modell által kiszámított abszorpciók vonalak tökéletes egyezést mutatnak a tapasztalattal. Conrath et al (1970) a NIMBUS műhold IRIS infravörös műszerei segítségével végzett méréseket vetette össze a modellek által megjósolt abszorpciók spektrummal és teljes egyezést talált. Conrath et al. (1970): The infrared interferometer experiment on Nimbus 3. *Journal of Geophysical Research*, **75**, 5831–5857, 1970.

⁸ 70 hPa nyomáson (kb. 18 ezer méteren) még mindig 370 ppm.

⁹ Foucher et al. (2011): Carbon dioxide atmospheric vertical profiles retrieved from space observation using ACE-FTS solar occultation instrument. *Atmos. Chem. Phys.*, **11**, 2455–2470, 2011

¹⁰ Ez, természetesen túlzó leegyszerűsítés, mert a kérdés valószínűségi alapokon tárgyalható, de az állítható, hogy a földfelszínről induló 15 mikronos infravörös sugárzás gyakorlatilag nem jut el a világűrbe közvetlenül.

¹¹ A magasság növekedésével a sugárzó felület is nő (nő a gömb felszíne, mert nő a sugara), de a hőmérséklet esése a negyedik hatványnak köszönhetően erősebb csökkenést eredményez a kisugárzott teljesítményben.

éghajlatváltozás kapcsolata ellen szól, azt állítva, hogy a Marson található sokkal több szén-dioxid mégsem okoz jelentős üvegházhatást, hiszen a marsi ÜH csak tizede a földinek. Ebből a szerző arra következtet, hogy a szén-dioxid szerepe eltúlzott az ÜH folyamatának magyarázatában.

Az ellenvetés azonban nem helytálló. Amennyiben tekintetbe vesszük, hogy a marsi légkör nyomása töredéke a földinek (135-öd része), és figyelembe vesszük, hogy az abszorpciós vonalak szélességét a gázközeg nyomása befolyásolja, érthetővé válik, hogy a CO₂ elnyelési vonalai keskenyebben a Marson¹², így a jelentősen több szén-dioxid hatása mégis kisebb marad. Pontos mérések állnak rendelkezésre a marsi CO₂ abszorpciós vonalain megkötött teljesítményről. A mérésekből tudjuk, hogy a marsi ÜH 7 W/m², ami összevetve a földi 130 W/m² értékkel sokkal kisebbnek számít. Ha tekintetbe vesszük, hogy a Föld távolságában a napállandó 1370 W/m², a Mars távolságában pedig 593 W/m², és tudjuk mindkét bolygó albedóját¹³, a Stefan-Boltzmann-törvény segítségével ki lehet számítani az üvegházhatást és azt kapjuk, hogy a Földön 33 K-el van melegebb, mint az ÜH nélkül, míg a Marson ugyanez 3 K, egyezvén a tapasztalati értékekkel, azaz **a marsi ÜH teljes egészében magyarázható a Marson jelenlévő szén-dioxid mennyiségével.**¹⁴

A légköri szén-dioxid telítettségének kérdése

Az idézett cikkben, immár a Földre vonatkozóan olvasható az az állítás is, hogy „ezeken a hullámhosszakon a szén-dioxid már szinte minden energiát elnyel, ezért a CO₂-koncentráció további növekedése a bruttó üvegházhatást alig képes lényeges mértékben befolyásolni...”. Ez a mondat szintén nem helytálló. Ha valaki megérti az üvegházhatás lényegét, amit az első részben írtam le, számára nem kérdéses, hogy **a troposzféra tetején sokkal fontosabb kérdés a szén-dioxid koncentrációja, mint a felszínhez közel.** Minél több szén-dioxid jut ugyanis a légkörbe, annál nagyobb lesz a koncentráció ott is, ahol a sugárzás a világűrbe távozna és annál magasabba kerül az effektív sugárzási magasság, ezzel pedig egyre több hó esik csapdába a Földön.

Még a Vénusz esetében sem igaz, hogy további CO₂ hozzáadása a légkörhöz nem képes növelni az ÜH-t, bár a Vénusz légköre, mint egész, telítődött az infravörös elnyelés szempontjából, azonban a hó kisugárzása a világűrbe természetesen ott is a légkör egy vékony felső rétegéből történik, amely nem telített. Tehát további CO₂ hozzáadásával még a Vénusz is melegedne, hiszen növekedne az effektív sugárzási magasság (Pierrehumbert, 2011)¹⁵

Egyéb érvek és ellenérvek

Szintén az idézett cikkben található még két olyan érv, amelyekkel szükséges foglalkozni. Az első arról szól, hogy a Nap aktivitása egy 400 éves ciklus szerint is változik, és ennek köszönhetően most egy kis jégkorszak előtt állunk. A 400 éves ciklust a napfizikában Suess-ciklusnak nevezték el, de egyelőre magukban a napfolt-adatsorokban nincs nyoma ennek a ciklusnak (Hathaway, 2010)¹⁶, így arról nyilatkozni, hogy éppen milyen változás előtt áll a naptevékenység hosszabb távon, jóslás kategóriába tartozik.

A másik furcsa állítás a szén-dioxid növényekre gyakorolt hatásával kapcsolatos. A szerző azt írja, hogy a CO₂ eltávolításával megszűnne a növényi élet a Földön, miközben azt soha egyetlen, a klímaváltozás okait megszüntető javaslat sem tartalmazta, hogy az összes CO₂-t ki kellene vonni a légkörből. Az ilyen állítások feleslegesek és károsak. Hasonlóan érdekes a folytatás. Egy tájépítész professzor előadására hivatkozva a szerző azt állítja, hogy a növénytermesztés szempontjából kívánatos volna a légköri CO₂-koncentráció megűszerezése, mert ezzel „megoldódna az emberiség

12 A színképvonal félértékszélessége a nyomással egyenesen arányos.

13 Föld: 0,3; Mars: 0,22

14 A marsi légkörben vannak más üvegházgázok is, de csak nyomokban.

15 Pierrehumbert RT 2011: Infrared radiation and planetary temperature. Physics Today 64, 33-38

16 Living Rev. Solar Phys. 7, (2010), 1. <http://solarphysics.livingreviews.org/Articles/lrsp-2010-1/>

élelmezési problémája”. Úgy tűnik, hogy a klímaváltozással kapcsolatos vitában mindkét oldalon eléggé bevett tévhit, hogy legalább a növényi fotoszintézis folyamatának jót tesz a többlet szén-dioxid a légkörben, azonban a szakirodalom mélyebb megismerésével kiderül, hogy ez végzetes leegyszerűsítése a dolognak.

Anélkül, hogy a részletekbe mennénk – mivel ez messze kivezetne még jelen cikk tárgyköréből is – megállapíthatjuk, hogy más üvegházban, ellenőrzött körülmények között növelni a CO₂ koncentrációját, és más a szabadban. Az utóbbira vonatkozóan már léteznek kísérleti tapasztalatok (Free Air CO₂ Enrichment; FACE), de ezek nem erősítették meg a többlet szén-dioxid kedvező hatását (Leaky et al. 2009)¹⁷. Miután az élőrendszerek működése sok más paramétertől is függ, a CO₂-koncentráció növekedése pedig ezekre is jelentős közvetlen és közvetett hatással van, az ilyen és ehhez hasonló állítások szélsőségesen leegyszerűsítik a képet és félrevezetőek, a többlet-CO₂ kedvező hatásának propagálása pedig egyszerűen figyelmen kívül hagyja az élőrendszerek működésének komplexitását és lekicsinyli azt a valós veszélyt, amit klímaváltozás a földi ökoszisztémára jelent.

Végezetül érdemes megjegyezni, hogy az idézett cikk irodalomjegyzékében összesen 2 db referált szakfolyóiratcikk szerepel, 3 előadás-videó, amelyből egyik sem első vonalbeli konferencián készült, valamint több világhálós hivatkozás, amelyek egyike sem tudományos, egy része bulvár. Egy ilyen komoly kérdést csak tudományos szakirodalommal alátámasztva, a tudomány elfogadott eredményei alapján lehet eredményesen vitatva, érzelmek belekeverése nélkül tárgyalni.

Köszönetnyilvánítás

A szerző köszönetet mond Dr. Kiss Tibornak és Dr. Kiss Viktornak a cikk írása során tett számos javaslatáért. A cikk megírását a Pallas Athéné Geopolitikai Alapítványa támogatta.