Héjjas István

Klímaváltozás és szén-dioxid

A klímaváltozás elleni intézkedések jelentős gazdasági terheket rónak az érintett országokra, így hazánkra is. Kérdés azonban, hogy tudományos szempontból mennyire tekinthető megalapozottnak a CO_2-emisszió és a klímaváltozás közötti kapcsolat. A hivatalosan elfogadott klímaelmélet megállapításait ugyanis számos kiváló tudós vitatja, mivel abban a szén-dioxid szerepe irreálisan eltúlzott, habár a véleményüket a média általában elhallgatja. Jelen cikk a legfontosabb ellenérveket foglalja össze, amelyekből az a következtetés adódik, hogy a klímaváltozás elleni értelmetlen szélmalomharc helyett ésszerűbb lenne a rendelkezésre álló erőforrásokat az alkalmazkodás érdekében felhasználni.

A kérdéssel Gács Iván is foglalkozott a „Gazdasági növekedés és klímaváltozás" c. cikkében [18], kétségét fejezve ki a politika által támogatott klímavédelmi intézkedésekkel kapcsolatban, és nyitva hagyva a kérdést, hogy tudományos szempontból mennyire tekinthető megalapozottnak a CO_2-emisszió és a klímaváltozás közötti kapcsolat. Az mindenesetre kétségtelen tény, hogy a Földön, a bolygó keletkezése, vagyis évmilliárdok óta, folyamatosan változik az éghajlat, és ez jelenleg a felszíni hőmérséklet emelkedésében nyilvánul meg. Az is tény, hogy a melegedés mintegy 10-12 ezer év, vagyis a legutóbbi jégkorszak óta kisebb-nagyobb statisztikus ingadozásokkal folyamatosan zajlik, a korábbi jégkorszakok tapasztalatai alapján pedig ez így fog folytatódni még 30-40 ezer évig. Nem beszélhetünk ezért arról, hogy a melegedés váratlanul érte az emberiséget, legfeljebb arról, hogy a változás üteme az utóbbi egy-két évszázad során felgyorsult, ezért felmerülhet a gyanú, hogy ebben lehet szerepe az emberi tevékenységnek is. Az azonban még így is több mint kétséges, hogy a feltételezett antropogén hatásban a szén-dioxid játssza a főszerepet.

Fogalmak és definíciók

A termodinamika törvényeiből következik, hogy ha egy forró tárgy a sugárzásával melegít egy hidegebb tárgyat, a hidegebb tárgy melegedni fog, és ennek során hőmérsékleti sugárzást bocsát ki, amelynek az intenzitása addig fog növekedni, amíg be nem áll a termikus egyensúly állapota, amelynek során a besugárzásból elnyelt teljesítmény és a kisugárzott teljesítmény azonossá válik. Ugyanez vonatkozik a Nap és az általa melegített bolygók viszonyára is, ezért a naprendszerben valamennyi bolygó általában termikus egyensúlyban van, ha pedig bármilyen külső vagy belső hatás az egyensúlyt megzavarja, az előbb-utóbb magától helyre fog állni.

A Föld átmérője: $D \approx 12\,756$ km, a felszíne ennek megfelelően kb. 512 millió km^2 ($D^2\pi$), a napsugárzással szemben mutatott keresztmetszete pedig kb. 128 millió km^2 ($D^2\pi/4$), amely a felszín negyedrésze.

A Nap átlagos besugárzási teljesítménye a Föld keringési pályáján, mintegy 150 millió km távolságra a Naptól, a földi atmoszféra felett, kb. 1368 W/m^2. Ennek mintegy 30%-a a bolygóról, vagyis annak felszínéről, az atmoszféráról és a felhőkről visszaverődik, és szétszóródik a világűr felé, a többi, vagyis kb. 70%-a pedig elnyelődik a talajban, a felszíni vizekben, a felhőkben és az atmoszférában, és melegíti a bolygót. Mivel a bolygó felszíne négyszerese a keresztmetszetének, termikus egyensúly esetén, az infravörös tartományban, az egységnyi felületről kisugárzott átlagos teljesítmény az elnyelt teljesítmény negyedrésze, amit a mérési eredmények is igazolnak.

Ismert, hogy a Stefan-Boltzmann-törvény szerint az egységnyi felületről kisugárzott teljesítmény arányos az abszolút hőmérséklet negyedik hatványával, továbbá, hogy a Planck-törvény szerint elméletileg milyen a fekete test sugárzásának spektrális eloszlása, valamint hogy a Wien-féle eltolódási törvény szerint a maximális kisugárzási teljesítmény hullámhossza fordítottan arányos a sugárzó objektum hőmérsékletével. Mindezek ismeretében, a kisugárzás mérése alapján megmérhető egy tetszőlegesen távoli égitest külső, ún. emissziós hőmérséklete. Hasonló mérés lehetséges a világűrből a Föld esetében is, de ki is számítható különféle légkörfizikai adatok alapján, amiből az adódik, hogy a Föld emissziós hőmérséklete kb. 255 K, azaz kb. -18 °C. Másik fontos adat a bolygó felszínének éves átlagos hőmérséklete, amely nemzetközi előírásoknak megfelelően határozható meg számos mérési adat alapján, ez jelenleg kb. 288 K, azaz kb. +15 °C. E két adat különbsége az ún. üvegházhatás, amely jelenleg kb. $288-255 = 33$ fok.

A klímamodellek kritikája szempontjából két fontos kérdés tisztázandó:

1) Hogyan befolyásolja az üvegházhatás a felszíni hőmérsékletet?

2) Hogyan befolyásolja a levegő CO_2-tartalma az üvegházhatást?

Az alábbiakban erre a két kérdésre keressük a választ.

Az üvegház működése a Földön és a Marson

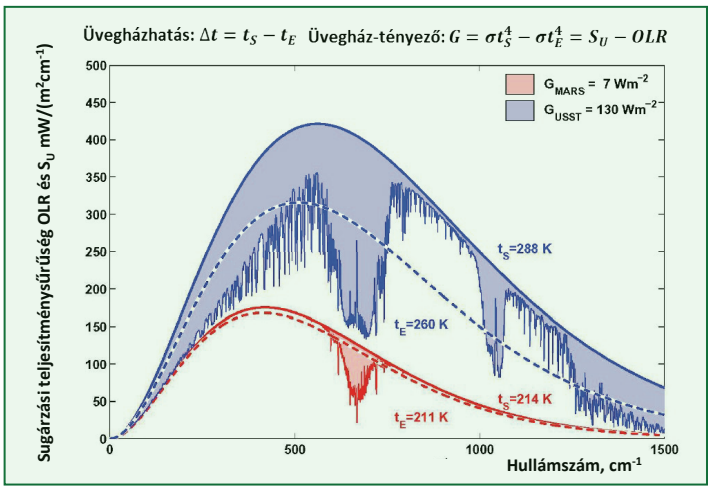
A két bolygó összehasonlítását az indokolja, hogy a szén-dioxid alapú klímamodelleket évtizedekkel ezelőtt eredetileg a Mars bolygóra dolgozták ki, annak vizsgálata céljából, hogy lehetséges-e ott az élet. Kérdés, hogy egy ilyen modell adaptálása a Földre mennyire lehet sikeres, hiszen a két bolygó tulajdonságai jelentősen eltérnek, amint azt az 1. táblázat mutatja.

A táblázatból kitűnik, hogy a Mars bolygót 30-szor vastagabb CO_2-réteg veszi körül, mint a Földet, az üvegházhatás mértéke azonban egy nagyságrenddel kisebb, és ez kétségessé teszi, hogy a földi üvegházhatásban jelenthet-e meghatározóan döntő szerepet a szén-dioxid. A kiszámított adatok jól közelítik a tényleges mérési adatokat.

Az 1. ábrán látható diagram forrása Miskolczi professzor előadása [1], amely olyan a modellszámításra épül, amely az egész bolygóra felhőtlen égboltot feltételez. Mivel azonban a valóságban a Föld felszínének csaknem kétharmad része fölött felhőtakaró van, a modellszámítás eredménye eltér a valóságos adatoktól. A Mars esetén viszont az eltérés nagyon kicsi, mivel ott a levegőben vízgőz nincs,

1. táblázat. A Föld és a Mars jellemzői

	Me.	Föld	Mars
Légnyomás a felszínen	mbar	1013	7,5
Gravitációs gyorsulás a felszínen	m/sec^2	9,81	3,69
1 m^2 felszín feletti légoszlop tömege (M)	kg	10 326	203
A levegő sűrűsége a felszínen	kg/m^3	1,293	0,0145
A levegő sűrűsége földi atmoszférikus nyomásra és felszíni hőmérsékletre átszámítva (S)	kg/m^3	1,293	1,968
Az atmoszféra rétegvastagsága földi atmoszférikus nyomásra és felszíni hőmérsékletre átszámítva (M/S)	m	7986	103
A levegő CO_2-tartalma térfogatszázalékban	%	0,04	95,6
A légköri szén-dioxid rétegvastagsága földi atmoszférikus nyomásra és felszíni hőmérsékletre átszámítva	m	3,2	98,5
Átlagos felszíni hőmérséklet (TS)	K	288	214
A felszíni hősugárzás maximumához tartozó hullámhossz	µm	10,06	13,54
A bolygó külső globális emissziós hőmérséklete (TE)	K	255	211
Az emissziós sugárzás maximumához tartozó hullámhossz	µm	11,36	13,73
Üvegházhatás (TS-TE)	K	33	3
Szabad vízfelület a felszínen	%	71	nincs
A felszín átlagos leárnyékoltsága felhőtakaróval	%	66	nincs



1. ábra. **A Föld és a Mars felszíni és külső emissziós spektruma, modellszámítás alapján, felhőtlen égboltot feltételezve**

és a hőmérsékleti viszonyokat az időnként kialakuló porfelhők is csak csekély mértékben képesek befolyásolni. A diagram tehát felhőtlen égbolt mellett szemlélteti a Föld és a Mars emissziós spektrumait, a hozzájuk tartozó emissziós hőmérsékleteket és energiafluxusokat.

Az ábrán a Föld és a Mars diagramjait kék, illetve piros színnel ábrázoltuk. A folytonos vonalak jelölik a felszíni kisugárzás diagramjait, a hullámos vonalak a kiszámított külső emissziós spektrumokat, a szaggatott vonalak pedig a külső emissziós spektrumhoz tartozó emissziós hőmérsékleteknek megfelelő elméleti spektrumokat. A Mars esetén az ismert átlagos felszíni hőmérséklet (t_S) alapján, „ideális" fekete testet feltételezve felrajzolható a felszíni emisszió spektruma a Planck-törvény alapján, amint azt a folytonos vonal mutatja. Ezt követően, ismerve az atmoszféra összetételét, az egyes komponensek effektív rétegvastagságát és abszorpciós együtthatóját, kiszámítható, hogy az infravörös tartományban, különféle hullámhosszakon, menynyit nyel el az atmoszféra, és mennyi jut ki a világűrbe.

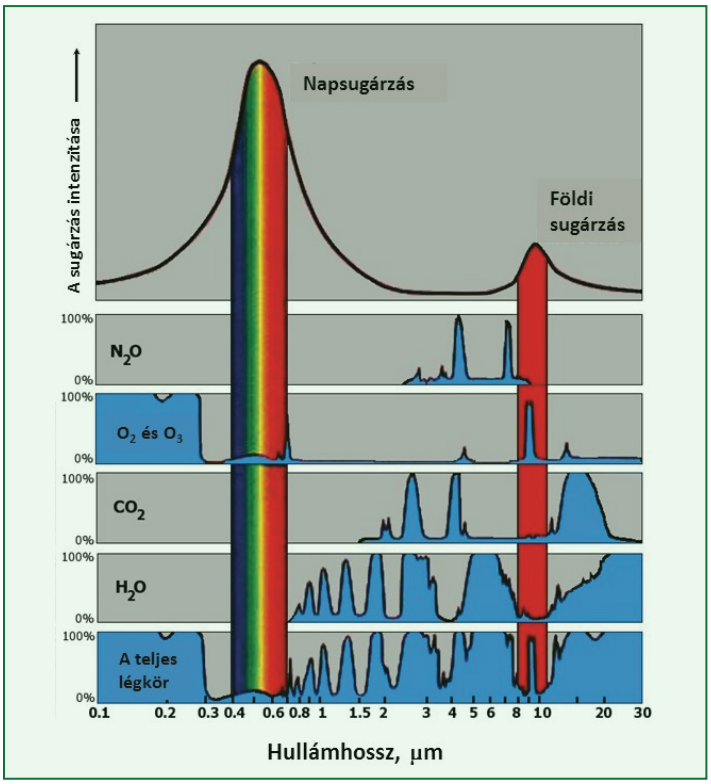
A NASA és az IPCC által hivatkozott klímamodellek szerint [19, 20] az atmoszféra által elnyelt energia felét az atmoszféra a felszínre visszasugározza, a másik fele pedig a világűr felé kisugárzódik. Ha ez utóbbihoz hozzáadjuk a felszíni emisszióból el nem nyelt sugárzás teljesítményét, megkapjuk a bolygó teljes emisszióját, amelynek a spektrumát a hullámos diagram szemlélteti. Ennek integrálja adja a teljes kisugárzott teljesítményt, amelyhez a Stefan–Boltzmann-törvény alapján hozzárendelhető a bolygó (külső) emissziós hőmérséklete (t_E). Ezt követően számítható ki az emissziós hőmérsékletek eltérése alapján az üvegházhatás ($\Delta t = t_S - t_E$), valamint a felszíni és a külső emissziós teljesítmények eltéréseként definiált üvegház-tényező (G), amelyek számszerű értéke a Mars esetén valóban jól megközelíti a valóságot.

A modell – elvileg – akár a Föld esetén is működhetne (lásd kék diagramok), ha a felszínének nagyobbik felét nem borítaná párolgásra képes szabad vízfelület, és az égbolt nagy részét nem takarnák el a felhők. A víz és vízgőz szerepe előtt azonban érdemes részletesebben megvizsgálni a szén-dioxid szerepét a földi üvegházhatásban.

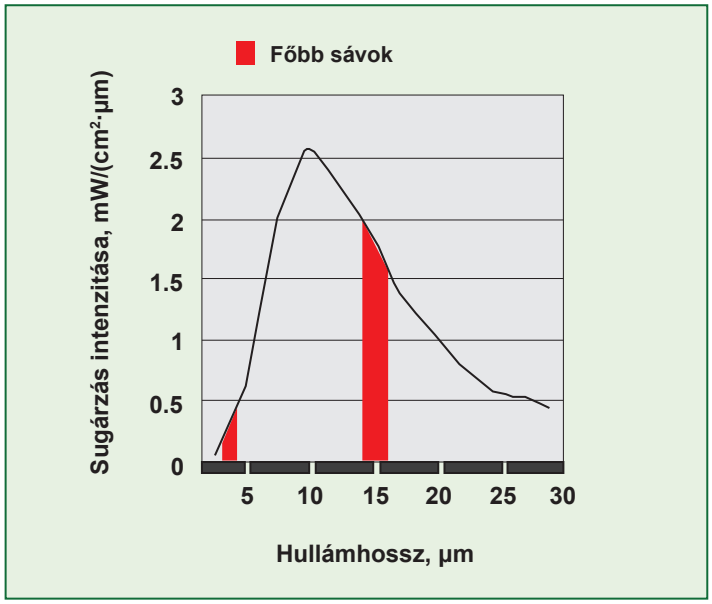
A szén-dioxid hatása az üvegházra

Ha sugárzás halad át valamilyen közegen, az energiája fokozatosan elnyelődik, és ennek során a Beer-Lambert-törvény alapján, a közegben megtett effektív úthossz függvényében az intenzitása exponenciálisan csökken. Optikai sugárzás esetén az exponenciális csökkenés mértéke függ a hullámhossztól. A 2. ábrán vázlatosan látható a napsugárzás spektruma, a Föld kisugárzásának spektruma, és a fontosabb üvegházhatású gázok abszorpciós spektruma [11].

Ami a szén-dioxidot illeti, ez a gáz a leghatékonyabb elnyelődést a 4,3 és 15 µm körüli hullámhosszak közelében produkálja, ahogyan



2. ábra. **A Nap és a Föld emissziója, és a fontosabb üvegházhatású gázok abszorpciója**



3. ábra. **A Föld felszíni kisugárzási spektruma (pirossal jelölve azt a sávot, amelyet ebből a levegő 400 ppm CO_2-tartalma elnyel)**

azt a 3. ábra szemlélteti. Ezeken a hullámhosszakon a szén-dioxid már szinte minden energiát elnyel, ezért a CO_2-koncentráció további növekedése a bruttó üvegházhatást alig képes lényeges mértékben befolyásolni, annál is kevésbé, mivel a legnagyobb kisugárzási intenzitásnak megfelelő, 10 µm hullámhossz közelében a szén-dioxid gyakorlatilag csaknem teljesen átlátszó [2, 3].

Az „üvegház" működése

A manapság széles körben elfogadott üvegházmodellt [20] a zöldségtermesztéshez használt „valódi" üvegház mintájára alkották meg. Eszerint a felszínt elérő napsugárzás a talajban vagy a felszíni vízben elnyelődik. A talaj, illetve a víz ennek hatására felmelegszik, és hőmérsékleti sugárzást bocsát ki a napsugárzáshoz képest kb. 20-szor magasabb hullámhosszakon, az infravörös tartományban, mivel az átlagos felszíni abszolút hőmérséklet mintegy huszad része a napsugárzás hőmérsékletének.

A talaj kisugárzásának egy része az atmoszférában elnyelődik, amely az elnyelt energia felét kisugározza a világűr felé, a másik felét visszasugározza a talajszintre. A visszasugárzás következtében a talajszinten megnövekszik a hőmérséklet, és ez a hőfoknövekedés az eredménye az üvegházhatásnak, amelyet alapvetően meghatároz az atmoszférában található gázok infravörös elnyelő képessége.

Ez az üvegházmodell azonban elnagyolt és pontatlan. Az atmoszféra voltaképpen nem üvegház, hiszen nem úgy működik, mint egy „igazi" üvegház. A köznapi értelemben vett üvegházat mozdulatlan, merev üveglapok borítják. A levegő azonban nem mozdulatlan burok a bolygó körül, benne áramlások zajlanak. Ha a talajt a napsugárzás felmelegíti, az kiszárad, belőle vízgőz kerül a levegőbe, akárcsak a felszíni vizek párolgásából.

A víz elpárolgása – akár talajból, akár vízfelületről – jelentős hőenergiát von el a felszíntől. Ezt a hőenergiát a felfelé áramló meleg levegő több kilométer magasba szállítja, és a vízgőz kicsapódásából felszabaduló hőenergia ott sugárzódik ki a világűr felé, ahol már ritka a levegő, és alig érvényesül üvegházhatás. Így képződnek a felhők is, amelyek nagy, fehér felületeket képezve visszaverik a világűr felé a napsugárzás jelentős részét, és mérsékelik a felszíni meleget.

A bolygó felszínének mintegy kétharmad része fölött található felhők nem csak a napsugárzás jelentős részét verik vissza a világűr felé, de a felszínről kiáradó infravörös sugárzás egy részét is a talajszint felé, méghozzá attól függő mértékben, hogy milyen sűrű a felhő, amely éppen a fejünk felett van. Ráadásul a felszíni hőmérsékletet nem csak az befolyásolja, hogy mekkora besugárzást kap a talajszint, hanem az is, hogy annak mekkora hányadát nyeli el, és mekkora hányadát veri vissza.

A talajszint fényvisszaverő képessége, az ún. albedó olyan arányszám, amely megadja, hogy a felszín a napsugárzás mekkora hányadát veri vissza. Valamely földrajzi térségben pedig a mikroklímát észrevehetően befolyásolhatja az albedó mesterséges megváltoztatása. Ha egyre több autópályát, lebetonozott parkolót és lapos tetejű házakat építünk, és a kivágott erdők helyére biomassza- és bioüzemanyag-ültetvényeket telepítünk, ezzel valóban gyakorolhatunk némi befolyást az éghajlatra.

Figyelembe kell venni azt is, hogy az üvegházhatású gázok (ÜHG) hatása a globális üvegházhatásban nem arányos a koncentrációjukkal. Ha például valamelyik ÜHG már korábban elnyelte valamelyik hullámhosszon a felszíni emisszió 90%-át, és megduplázzuk az illető gáz koncentrációját (egyenértékű optikai rétegvastagságát), akkor ez a többlet-ÜHG a korábban átengedett (el nem nyelt) sugárzás 9/10 részét fogja elnyelni, és a „kétszeres koncentráció" eredményeként az abszorpciója 90% helyett 99% lesz. Ebből a gázból azután további mennyiség kibocsátása már nem fogja észrevehetően befolyásolni a bruttó üvegházhatást. Ez a helyzet a szén-dioxiddal a Marson, és feltehetően a Földön is.

Független kutatási eredmények

A NASA volt munkatársa, Miskolczi Ferenc kutatásai szerint [1, 4, 5] a Földön a klímaszabályozásban a szén-dioxid szerepe elhanyagolható. A döntő tényező a víz, amelynek halmazállapot-változásai, hőenergiát szállító áramlásai, felhőképző hatásai alapvetően meghatározzák a Földön az éghajlatot. Miskolczi professzor kutatási eredményeinek közlését azonban a megbízó NASA nem engedélyezte, ezért a szakmai lelkiismeretére hallgatva felmondta az állását, amint azt a 4. ábra szemlélteti [1].

Hogy mi volt az, amit nem volt szabad közzétenni, annak lényegét a Miskolczi professzor előadása [1] alapján készült és az 5. ábrán látható vázlat szemlélteti, ahol a függőleges koordináta léptéke az ábrázolt paraméterek szórása, vagyis a 6 évtizedes átlag körüli eltérések négyzetes középértéke.

A diagramból kitűnik, hogy a bár a CO_2-koncentráció és a felszíni hőmérséklet között valóban van összefüggés, azonban, mivel a vizsgált időszakban a CO_2-koncentráció növekedése mellett az üvegházhatás csökkent, az látszik valószínűbbnek, hogy nem a szén-dioxid okozza a nagyobb meleget, hanem a melegedés hatására lesz több szén-dioxid a levegőben, például az óceánok vizében elnyelt szén-dioxid egy részének kiszabadulása miatt. Ezt támasztja alá Reményi Károly több százezer éves időszakra vonatkozó vizsgálata is [6].

Miskolczi Ferenc szerint az éghajlatot döntően befolyásoló tényező a víz, amelynek a mozgása, áramlása, halmazállapot-változása folyamatosan alakítja a bolygó felszínén uralkodó körülményeket, hiszen a bolygó felszínének több mint kétharmadát víz borítja, miközben az égbolt csaknem kétharmadát állandóan felhők borítják. A víz különleges anyag, egyszerre van jelen mind a három halmazállapotban, folyékony víz, vízgőz, valamint hó és jég formájában. Kiemelkedően magas a fajhője, az olvadási hője és a párolgási hője. Döntően meghatározza

<u>Letter of Resignation</u>

This letter is to inform you that I wish to terminate my employment with the AS&M Inc., effective from 1st of January, 2006.

Unfortunately my working relationship with my NASA supervisors eroded to a level that I am not able to tolerate. My idea of the freedom of science can not coexist with the recent NASA practice of handling new climate change related scientific results. More than three years ago, I presented to NASA a new view of greenhouse theory and pointed out serious errors in the classical approach of assessment of climate sensitivity to greenhouse gas perturbations. Since then my results were not released for publication. Since my new results have far reaching consequences in the general atmospheric radiative transfer, I wish to be no part in withholding the above scientific information from the wider community of scientists and policymakers.

I am very grateful to the AS&M Inc. for the friendly and honest working environment that I enjoyed for many years. I wish to thank for all the help and encouragement that I received from my colleagues and supervisors at AS&M.

Sincerely,

Felmondólevél

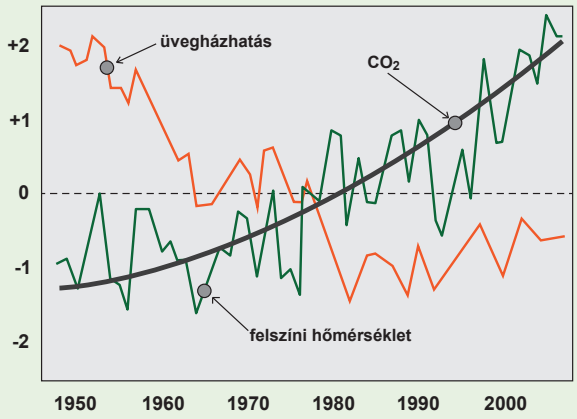
Tájékoztatom, hogy az AS&M Inc.-nél fennálló munkaviszonyomat 2006. január 1-i hatállyal meg kívánom szüntetni.

Sajnálatos módon a NASA-beli feletteseimmel a munkakapcsolatom oly mértékben megromlott, amit nem vagyok képes tolerálni. A tudomány szabadságával kapcsolatos felfogásom nem egyeztethető össze a NASA azon, az utóbbi időben folytatott gyakorlatával, ahogyan a klímaváltozással kapcsolatos új tudományos eredményeket kezelik. Több mint három évvel ezelőtt bemutattam a NASA-nak az üvegházelmélet egy új megközelítését, és rámutattam azokra a súlyos hibákra, amelyek az üvegházhatású gázok éghajlatra gyakorolt hatásának megítélésében a klasszikus megközelítést terhelik. Azóta az eredményeimet nem engedték közzétenni. Miután eredményeimnek mélyreható következményei vannak az atmoszféra általános sugárzás-áteresztése tekintetében, a jövőben nem óhajtom ezen tudományos információktól a tudósok és a politikusok tágan értelmezett közösségét megfosztani.

Hálás vagyok az AS&M Inc.-nek azért a baráti és őszinte munkakörnyezetért, amelyet sok éven át élvezni volt lehetőségem. Köszönettel tartozom minden segítségért és bátorításért, amelyet munkatársaimtól és az AS&M felsőbb vezetésétől kaptam.

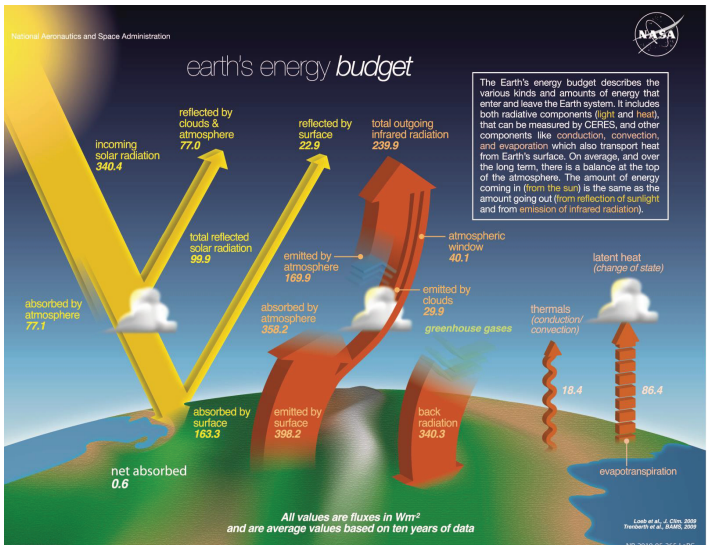
Tisztelettel,

4. ábra. **Miskolczi Ferenc felmondó levele**



5. ábra. **A CO_2-koncentráció, a felszíni hőmérséklet és az üvegházhatás változása az 1948-2007 években. A diagram függőleges léptéke minden egyes ábrázolt paraméter esetén az illető paraméter értékének az ábrázolt időszakra számított átlag körüli szórása, vagyis a hat évtizedes átlagértéktől való eltérések négyzetes középértéke**

az üvegházhatást, az egész bolygóra átlagolt planetáris albedót, továbbá a bolygón zajló energiaáramlásokat.



6. ábra. **A Föld energiamérlege (kép a NASA kiadványából a hőteljesítmény egyenlegéről) [19]**

Az ábra jobb felső sarkában, a keretben olvasható szöveg:	A Föld energiamérlege azon energiafajtákat és energiamennyiségeket írja le, amelyek a földi rendszerbe be-, ill. onnan kilépnek. Magában foglalja mind a (fény- és hő-) sugárzási összetevőket, amelyek a CERES-szel mérhetők, mind a hővezetési, hőáramlási (konvekciós) és elgőzölgési (evaporációs) összetevőket is, amelyek által ugyancsak folyik hőáramlás a Föld felszínéről. Hosszú idő átlagában a légkör felső részében egyensúly alakul ki. A (Napból) belépő energia egyenlő a kilépő energia mennyiségével (a napsugárzás visszaverése és az infravörös sugárzás emissziója).
absorbed by the atmosphere	a légkör által elnyelt sugárzás
incoming solar radiation	belépő napsugárzás
reflected by clouds & atmosphere	a felhők és a légkör által visszavert sugárzás
reflected by surface	a felszín által visszavert sugárzás
total outgoing infrared radiation	visszavert sugárzás összesen
total reflected solar radiation	visszavert napsugárzás összesen
emitted by atmosphere	a légkör által kibocsátott sugárzás
atmospheric window	légköri ablak
latent heat (change of state)	rejtett hő (állapotváltozás)
emitted by clouds	a felhők által kibocsátott sugárzás
thermals (conduction/convection)	termálok (hőáramlás/hővezetés)
absorbed by surface	a felszín által elnyelt sugárzás
emitted by surface	a felszín által kibocsátott sugárzás
back radiation	visszafelé irányuló sugárzás
evapotranspiration	a növényekből gáz állapotban távozó vízgőz
All values are fluxes in W/m² and are average values based on ten years of data	Minden érték 10 év adatainak átlagértékén alapuló, W/m²-ben kifejezett fluxus

Miskolczi Ferenc szerint a Föld – éves átlagban – termikus egyensúlyban van. Nem felel meg ezért a valóságnak a NASA állítása, amelynek a lényegét a 6. ábrán vázolt hőenergia-áramlások szemléltetik. Eszerint éves átlagban a bolygó négyzetméterenként 340,4 W besugárzást kap, amiből a világűr felé visszaverődik 99,9 W, elnyelődik 240,5 W, miközben a bolygó globális termikus emissziója mindössze 239,9 W, és a kettő különbözeteként adódó 0,6 W/m^2 teljesítmény folyamatosan melegíti a bolygót. A kiindulási adatok azonban Miskolczi Ferenc szerint pontatlanok, és ezért, figyelembe véve a mérési pontatlanságokat, valamint

egyes nem mérhető paraméterek becslési hibáit, Miskolczi számításai szerint a tényleges besugárzási többletre kapott eredmény szórási bizonytalansága (±3 σ) kb. ±17 W/m^2, márpedig ekkora nagyságú pontatlanság esetén az eredmény tudományos szempontból használhatatlan.

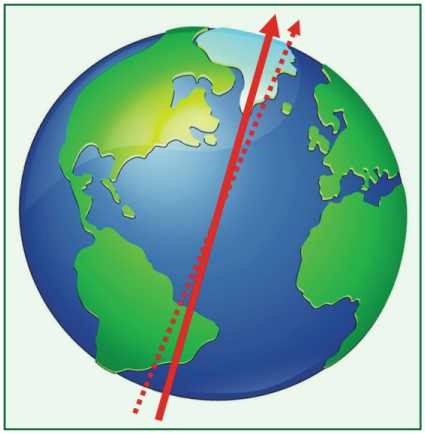
Mitől változik az éghajlat?

Az éghajlat gyakorlatilag a bolygó keletkezése, vagyis évmilliárdok óta folyamatosan változik. Több százmillió éves távlatban ismerjük a jelentősebb éghajlatváltozásokat, az extrém meleg és hideg időszakokat, bár ezek lehetséges magyarázatában számos bizonytalanság van. Ehhez képest viszonylag rövidebb távon, 1-2 millió éves távlatban a ciklikusan ismétlődő jég- és melegedési korszakokra viszonylag jó magyarázatot kínál a Milankovics-Bacsák-féle elmélet [7, 8, 16, 21]. Eszerint a klímaváltozások oka a Föld keringési pályaelemeinek ciklikus változása, valamint a forgási tengely dőlésének és irányának imbolygása. Ebben számos tényező játszik szerepet, így a nagybolygók (Jupiter és Szaturnusz), valamint a lassan távolodó Hold gravitációs hatása, továbbá a Föld forgási sebességének fokozatos lassulása.

Az elméletet először Milutin Milankovics szerb tudós fogalmazta meg, majd a magyar Bacsák György a számításokat ellenőrizte, az elméletet továbbfejlesztette és pontosította [7, 8, 16]. Eszerint az éghajlatot befolyásoló egyik tényező az, hogy a Föld forgási tengelyének dőlési szöge a keringési pályasíkra állított merőlegeshez képest nagyjából 40 ezer év ciklusidővel kb. 21,5 és 24,5 fok között ingadozik, amint azt a 7. ábra szemlélteti. Egyetlen fok eltérés azt jelenti, hogy a sarkkörök és ezzel együtt az éghajlati övek mintegy 110 kilométerrel tolódnak el a sarkok vagy az egyenlítő felé. Ismeretes, hogy az északi és a déli féltekén az évszakok ellenfázisban zajlanak le, vagyis amikor nálunk nyár van, olyankor a déli féltekén tél, és viszont, ahogyan azt a 8. ábra szemlélteti.

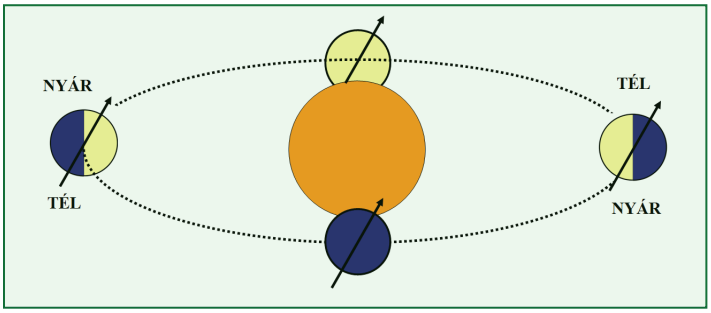
A Föld azonban nem szabályos körpályán, hanem kis mértékben elnyúlt ellipszis alakú pályán kering a Nap körül, ezt ábrázolja – az arányokat erősen eltúlozva – a 9. ábra. Ennek azért van jelentősége, mert nem mindegy, hogy amikor a Föld legközelebb van a Naphoz, melyik féltekén van tél és melyiken nyár. Az északi féltekén ugyanis több a szárazföld és kevesebb a szabad vízfelület, míg a déli félteke nagy részét szabad vízfelület borítja. Márpedig a szárazföld és a szabad vízfelület albedója eltér, ezek más hatásfokkal nyelik el a napsugárzás energiáját, ami befolyásolja a bolygón évenként abszorbeált teljes hőenergia mennyiségét.

Az sem mindegy, hogy mekkora a pálya excentricitása, mert ettől is függ, hogy az egész bolygó összesen mekkora besugárzást kap egy év alatt. Bacsák György szerint az ellipszis alakú pálya kistengelyének és nagytengelyének aránya, vagyis a pálya excentricitása kb. 92 ezer éves ciklusidővel ingadozik, miközben a pálya nagytengelyének iránya a csillagokhoz képest kb. 110 ezer év ciklus idővel fordul körbe. Eközben pedig – Milankovics szerint – a forgástengely dőlési iránya is körbefordul kb. 23 ezer év ciklusidővel.

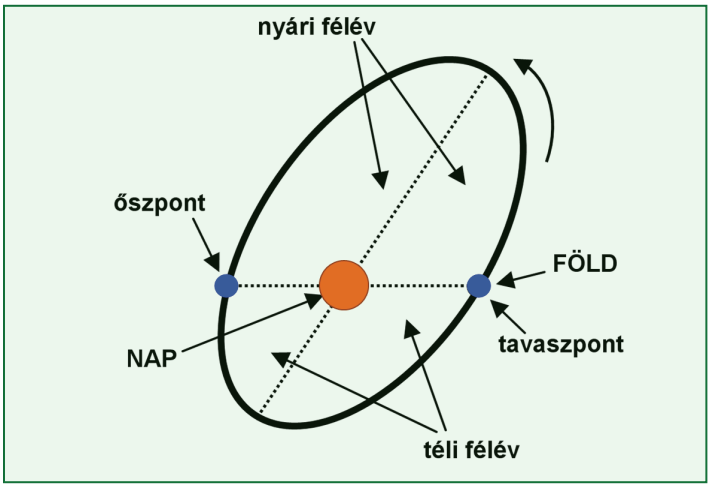


7. ábra. **A föld imbolygása**

Mindezek együttes hatása miatt követik egymást a jég- és a melegedési korszakok. Bacsák György egymillió évre visszamenőleges számításainak helyességét a földtani kutatások igazolják. Szerinte az utolsó jégkorszak 10 ezer évvel ezelőtt ért véget, jelenleg pedig két jégkorszak közötti felmelegedő periódusban vagyunk, amely kb. 70 ezer év múlva ér majd véget.



8. ábra. **A Föld keringése a Nap körül**



9. ábra. **A Föld keringése a Nap körül**

Bár a Milankovics-Bacsák elmélet több százezer éves távlatban elég jól leírja az éghajlat ciklikus változását, nem ad választ arra, hogy rövidebb távon, néhány évtizedes vagy évszázados léptékben mi okozza a hosszú távú trend körüli ingadozásokat, például azt, hogy miért volt az 1300-as években feltűnően meleg, és mi lehetett az oka az 1500-1600-as években lezajlott kis jégkorszaknak. Erre vonatkozó elméletet is publikáltak az utóbbi időben, amely szerint a Nap aktivitása nagyjából 400 éves ciklusokban ingadozik. Most pedig a legutóbbi ciklusnak éppen a vége felé tartunk, és ezért a jövőben nem melegedésre, hanem inkább egy újabb kis jégkorszakra kell majd felkészülni [9, 10, 12, 13, 14, 22]. Az elmélet szerint a legutóbbi kis jégkorszak a reneszánsz végén kezdődött, valamikor 1570 körül, és az első szakasza a 30 éves háború végéig, azaz 1648-ig tartott.

A szén-dioxid szerepe egy bolygó élhetőségében

A tudósokat régóta foglalkoztatja a kérdés, minek köszönhető, hogy a Földön egyáltalán kialakulhatott élet. Ezzel kapcsolatos kutatások folynak a nemzetközi SETI (Search for Extra-Terrestrial Intelligence) program keretében is, amelynek célja lakható bolygók és olyan távoli élőlények felkutatása, amelyek biológiai felépítése hozzánk hasonló, vagyis a szervezetük szénalapú szerves anyagokból áll. Ennek során definiálták azokat a minimális kritériumokat, amelyek teljesülése esetén egyáltalán érdemes ebből a szempontból foglalkozni egy távoli csillag valamelyik bolygójával. Feltéve, hogy a csillag megfelelő helyen

van, nem túl messze és nem túl távol a galaxis központjától, és a környezetében nem túl nagy a csillagsűrűség, a vizsgálandó bolygóra vonatkozó legfontosabb követelmények a következők:

- Olyan pályán keringjen a csillaga körül, hogy ne legyen rajta nagyon meleg vagy nagyon hideg, és létezhessen rajta víz mind a három halmazállapotban.
- Rendelkezzen üvegházhatású légkörrel, amely megvédi a felszínt a világűr fagyos hidegétől.
- Legyen rajta nagy kiterjedésű szabad vízfelület.
- A légköre tartalmazzon oxigént, nitrogént, szén-dioxidot és vízgőzt.

A szén-dioxid ugyanis létfontosságú az élethez. Ha „sikerülne" kiküszöbölni a levegőből a szén-dioxidot, minden élet elpusztulna. Először a növények fejeznék be a növekedésüket, utána az emberek és az állatok halnának éhen.

Möcsényi Mihály szerint, ha legalább 10-szer több szén-dioxid lenne a levegőben, vagyis kb. 0,4%, megoldódna az emberiség élelmezési problémája. Közlése szerint üvegházakban, vízgőz és szén-dioxid nagy koncentrációban történő kompresszoros bejuttatásával almából és paradicsomból négyzetméterenként 50-60 kg terméshozamot is el lehet érni [16]. Ha pedig tényleg sikerülne a Földön, globális mértékben jelentősen csökkenteni a levegő CO_2-tartalmát, azzal akár világméretű éhínséget is elő lehetne idézni.

A magasabb CO_2-koncentráció jót tesz az emberi egészségnek is, segíti a sebgyógyulást és a szellemi koncentráló képességet, enyhíti a mozgásszervi betegségek tüneteit, ezt a szén-dioxidos gyógy-termálfürdők tapasztalatai is alátámasztják [17].

A média szerepe a klímavédelemben

Nem kétséges, hogy valóban folyamatban van egy jelentős léptékű klímaváltozás, ezért mindenképpen foglalkozni kell az észszerű alkalmazkodás kérdésével. Megkérdőjelezhető azonban, hogy érdemes-e bűnbaknak kikiáltani a szén-dioxidot, amelynek a szerepe az éghajlat szabályozásában nem tekinthető meghatározónak. Ennek ellenére mind a média, mind pedig az EU irányadó politikusainak jelentős része a CO_2-kibocsátás elleni fellépést szorgalmazza. Sajnos a média időnként meglehetősen tisztességtelen, félrevezető, megtévesztő propagandát is folytat ebben a kérdésben. Jellemző módszer, hogy a TV-ben füstölgő kéményeket mutatnak a CO_2-kibocsátás illusztrálására, azt a benyomást keltve, hogy a súlyosan egészségkárosító, rákkeltő anyagokat is bőven tartalmazó, büdös, fullasztó kéményfüst, és a színtelen, szagtalan, láthatatlan, egészségre ártalmatlan szén-dioxid tulajdonképpen ugyanaz, amint azt a 10. ábra is szemlélteti. Ha ugyanis ez igaz lenne, be kellene tiltani a szódavizet, a Coca-Colát és az összes szénsavas üdítőitalt, amelyekből évenként sok milliárd palackot bontanak fel, hatalmas mennyiségű CO_2-emisszió mellett. Emiatt persze nem csupán a hiányos természettudományos ismeretekkel rendelkező újságírók és riporterek hibáztathatók, hiszen ők csak azt adják tovább, amit megbízhatónak vélt nemzetközi szervezetek (IPCC, NASA stb.), valamint irányadó politikai személyiségek képviselnek.

10. ábra. **Illusztráció egy klímavédelmi reklámkiadványból**

Nem vitatható, hogy kénytelenek vagyunk igazodni a nemzetközi követelményekhez, ezen belül főleg az EU elvárásaihoz, azonban ebben a vonatkozásban a túlbuzgóságot a politika részéről kerülni kellene, és nem élen járni egy olyan folyamatban, amelynek a következménye súlyosan károsítja az energiaiparunkat, tovább növeli az energiafüggőségünket, és még jobban kiszolgáltatja a nemzeti érdekeinket a nemzetközi tőkeérdekeknek.

Hivatkozások

[1] Miskolczi Ferenc előadása, https://www.youtube.com/watch?v=ekZHJ-yvOLM
[2] A szén-dioxid abszorpciós spektruma, http://nov79.com/gbwm/ntyg.html
[3] Üvegházgázok abszorpciós spektruma, https://www.google.hu/?gfe_rd=cr&ei=HHcIVNezNe3b8geluoDgAg&gws_rd=ssl#q=greenhouse+gases+absorption+spectrum
[4] Miskolczi F. M.: Greenhouse effect in semi-transparent planetary atmospheres, Időjárás, 2007. jan.-márc.
[5] Miskolczi F. M.: The Greenhouse Effect and the Infrared Radiative Structure of the Earth's Atmosphere, Development in Earth Science, Volume 2, 2014
[6] Reményi Károly előadása, https://www.youtube.com/watch?v=Ea81gGTU4mI
[7] Hágen A.: Milanković–Bacsák-ciklus és a földtan, Magyar Tudomány, 2013/2. http://www.matud.iif.hu/2013/02/08.htm
[8] Héjjas I.: Az élet megóvása és a környezetvédelem, tények és hiedelmek, Czupi Kiadó, Nagykanizsa, 2013. http://klimaszkeptikusok.hu/wp-content/uploads/2015/01/H%C3%A9jjas-Istv%C3%A1n-Az-%C3%A9let-meg%C3%B3v%C3%A1sa-%C3%A9s-a-k%C3%B6rnyezetv%C3%A9delem.pdf
[9] John E. Beckman, j. E.,Terence J. Mahoney, T. J.: The Maunder Minimum and Climate Change: Have Historical Records Aided Current Research? Library and Information Services in Astronomy III, ASP Conference Series, Vol. 153, 1998, http://www.solarstorms.org/SunLikeStars.html
[10] Shepherd, S. J. Sergei I. Zharkov, S. I., Zharkova, V.V. Prediction of Solar Activity from Solar Background Magnetic Field Variations in Cycles 21–23, The Astrophysical Journal, 2014 November 1., http://computing.unn.ac.uk/staff/slmv5/kinetics/shepherd_etal_apj14_795_1_46.pdf
[11] Üvegházgázok adatai, https://en.wikipedia.org/wiki/Greenhouse_gas
[12] Maunder minimumok a Napon, https://en.wikipedia.org/wiki/Maunder_Minimum
[13] Felmelegedés helyett jégkorszak, http://idokjelei.hu/2013/08/globalis-felmelegedes-helyett-jegkorszak/
[14] Kis jégkorszak közeledik, http://nol.hu/tud-tech/20100510-kis_jegkorszak_jon_europara-655721
[15] Héjjas I.: Klímaváltozás, üvegház, szén-dioxid, tények és hiedelmek, előadás, http://klimaszkeptikusok.hu/wp-content/uploads/2015/07/Hi-pr-klima-univ-2015-1.pdf
[16] Möcsényi Mihály előadása a szén-dioxidról, http://www.realzoldek.hu/modules.php?name=News&file=article&sid=4045
[17] Szén-dioxidos gyógy-gázfürdő, http://www.matrainfo.hu/gyogyturi_mofetta.php
[18] Gács I.: Magyar Energetika 22 (3) 2-5 (2015)
[19] A NASA jelentése a klímaváltozási programról, 2015. jún. 9., http://www.nasa.gov/press-release/nasa-releases-detailed-global-climate-change-projections
[20] Intergovernmental Panel on Climate Change, https://en.wikipedia.org/wiki/Intergovernmental_Panel_on_Climate_Change
[21] Major Gy.: A Milankovics-Bacsák elmélet és az éghajlatváltozások, Légkör, 51. évfolyam, 2006. különszám
[22] Vardiman, L.: A newtheory of climatechange, http://www.icr.org/article/new-theory-climate-change/