

ország külügyi, nemzetpolitikai, tudományos és oktatási stratégiájába. Ebben ki kell térni a külföldön lévő oktató és kutatóhelyek fennmaradásának segítségével kapcsolatos kérdésekre, de választ kell adni arra is, hogy van-e (lesz-e) hazánknak olyan ösztöndíj-politikája, mely lehetővé teszi, hogy külföldi hallgatók szignifikáns csoportjai részesüljenek magyarországi képzésben (ezzel együtt nyelvi és hungarológiai alapképzésben). A külföldi egyetemeken működő magyar oktatóhelyek erre az igényre is támaszkodhatnak.

A legmagasabb szinten fel kell vetni a hogyan tovább kérdését, s el kell dönteni: magára hagyva lassú kimúlásra ítéljük-e a hungarológia külföldi oktatását, vagy lépéseket teszünk megmentéséért. Ez utóbbira többféle lehetőség kínálkozik.

1. A külföldi egyetemekkel, kormányokkal együttműködve néhány (négy-öt) erős hungarológiai tanszék megmaradtunk, illetve fejlesztünk akár a kölcsönösség, akár a közös finanszírozás alapján. El kell dönteni, ezek hol lehetnek az EU nagy országain belül. A lektori hálózat helyett a kisebb létszámú, de sokkal hatékonyabb professzorit lehetne kialakítani. (Az egyébként is Európa nagyvárosaiban élő magyar szakos kollégák – pl. Rómában legalább két tucat él – a lektori feladatokat könnyen el tudnák látni.)

2. Megoldást jelenthetne magyar vendégtanárok küldése is, melyeknek különböző formái léteznek, ám ezekben az esetekben a magyar államnak jelentősen hozzá kellene járulnia a kiküldött bérkeretéhez (több nyugati ország választotta ezt az utat).
3. Külföldi–magyar egyetemközi kooperációvá tenni ezt a feladatot, valamelyik tudományegyetem szakmailag illetékes tanszékei (megfelelő plusz állami finanszírozás mellett) ellátnák a külföldi képzést is, és viszont. Ennek részleteit ki kell dolgozni és szerződésben rögzíteni (Konfuciusz intézeti modell).
4. Fel kellene vetni, hogy az EU különítsen el forrásokat, amelyekkel a kis tagországok egymás kultúrájának, nyelvénél jobb megismerését segítenék a megfelelő tanszékek közvetlen és hosszú távú támogatása révén (ilyen rendszer jelenleg nincsen).

A tanulmány Csernus Sándor, Sárközy Péter és Ujváry Gábor segítségével készült.

Kulcsszavak: *egyetemi oktatás, hungarológia, nyelvészet, finnugrisztika, irodalom, külpolitika, kulturális diplomácia, magyar tanszékek*

#### HIVATKOZÁSOK

URL1: <http://www.bbi.hu/index.php?id=62&cid=141>

URL2: <http://www.ungarisches-institut.de>

## ARRHENIUSTÓL INDULT, ÉS...

Reményi Károly

az MTA rendes tagja  
remeniir@freemail.hu

A klímaváltozással kapcsolatos lavinát elsősorban a Nobel-díjas tudós (az elektrolitok vezetőképességének felismeréséért kapta 1903-ban), Svante Arrhenius 1896-os aktív kutatásának eredményei indították el. Természetesen elemzések már jóval korábban is készültek (például William Wood *New England's Prospect* [1634]), de előtte igazán jelentősek Joseph Fourier munkái voltak. Fourier szemlélete szerint: „...a földi hőmérséklet Fourier-elméletének elemei, tehát a Föld, mint egy hűlő test, a Nap, mint periodikus hőforrás, és a légkör, mint átlátszó közvetítő.” (Fleming, 1998)

Fourier munkásságára hatással volt Isaac Newton hűléselemélete. Newton hűléselemélete értelmezése a következő: egy közepes vákuumban, egy szigetelt forró anyag a vákuumkamra hideg falával való hőcserében hőt veszít. A hőszállítás elektromágneses sugárzással történik.

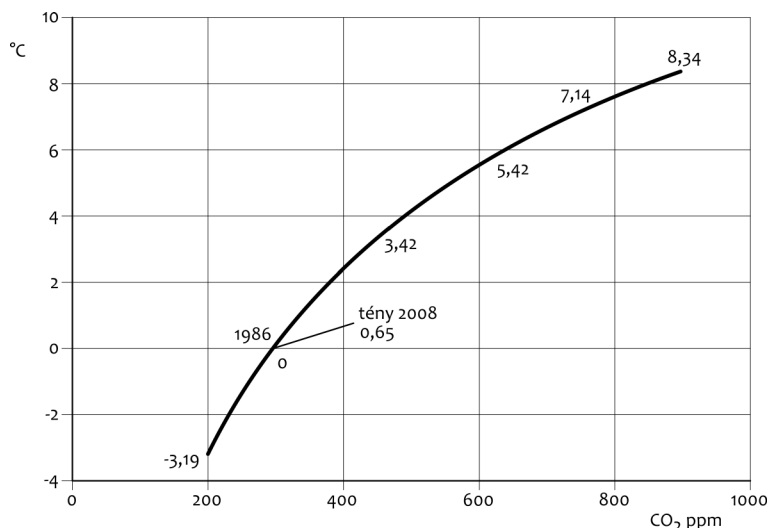
Két, egyébként azonos, egyenlő hőmérsékletű objektum, ha egyik fekete, a másik fényes, különböző módon abszorbeálja és emittálja a sugárzást. A fekete a reá eső sugárzás többségét abszorbeálja, a fényes a sugárzás többségét visszaveri. A feketének több sugárzást kell emittálnia, mint a fényesnek. Ha nem így tesz, akkor felmelegszik, míg a fényes lehűl. A földön a fehér hó a nap folyamán a napsugárzást visszaveri, és védi a földet a fel-

melegedéstől. Éjszaka a hó sokkal kevésbé sugároz, mint a sötét föld, és lassítja a hűlést. Fourier-t megérintette a hőnek newtoni elmélete: „A hő áthatolás alapelve, mint a gravitáció, minden tárgyra és a tér mindenségre érvényes, és egyszerű és állandó törvény” (Fleming, 1998).

Arrheniusnak a klímakutatás területén való színrelépésével azonban új korszak kezdődött. Természetesen, a téma jellegénél fogva a különböző paraméterek hatásáról komoly viták folytak, de folynak ma is. „A klímaváltozással kapcsolatos véleményekben korábban sem volt konszenzus, és sokan gondolták az éghajlat esetleg hűvösebbé válik” (Fleming, 1998).

Arrhenius munkásságában a korábbi elméleteket és rendelkezésre álló klímaadatokat is figyelembe véve, azt látjuk, hogy elsősorban Fourier-hoz fordult vissza. Arrhenius az 1924-ben publikált memoárjaiban másolatban idézte Fourier 1827-es cikkét, ahogy másokat is, akiknél az üvegházhatás említése megtalálható. A naplójában így kiáltott fel: „Mindennap kísérletezek; a téma teljes mértékben a kezemben van” (Fleming, 1998).

Svante Arrheniust számosan az üvegházhatás és a globális fölmelegedés elméletének atyjaként dicsérik. Ugyanakkor Arrhenius munkáiról 1896 óta éles vita folyik. Munkásságának vitatott elemei: az általa használt



1. ábra • Arrhenius által számolt adatok és a valóság

abszorpciós tényező és a földfelület minőségének értéke.

Ha az Arrhenius közleményében található adatokat kritika és változtatás nélkül egy diagramba visszük fel, a várt hőmérséklet-változást az 1. ábrán láthatjuk. Az ábrában a jelenlegi levegő-összetétel használata esetén megtalálható az összetartozó (nem korreláció) szén-dioxid-koncentráció és Arrhenius kiindulási feltételeihez képest a tényleges hőmérséklet-emelkedés. Arrhenius az általa nyert adatokból azt a következtetést vonta le, hogy „Thus if the quantity of carbonic acid increases in geometric progression, the augmentation of the temperature will increase nearly in arithmetic progression.” (Arrhenius, 1896, 237.)<sup>1</sup>

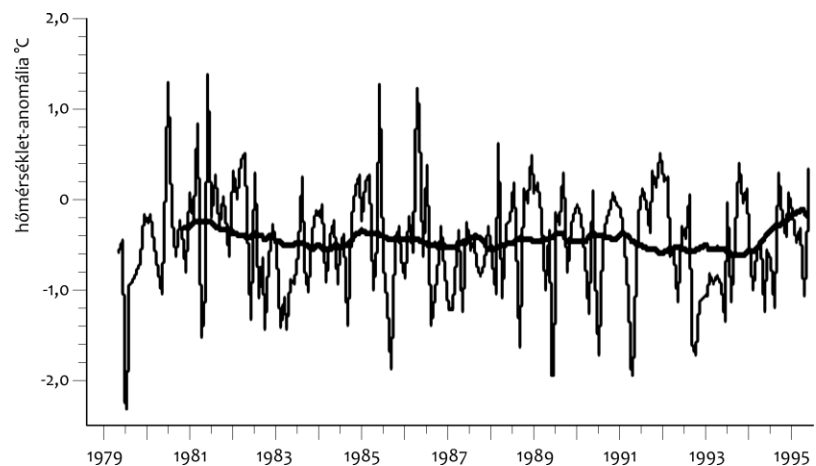
A tényleges érték kevesebb mint harmada a jóslatnak.

Az utóbbi időben a klimatológusok véleménye már egyre inkább abba az irányba változik, hogy a CO<sub>2</sub>-növekedés miatti fel-

<sup>1</sup> „Így, ha a szén-dioxid mennyisége mértani jelleg szerint növekedik, a hőmérséklet-változás közel számtani jellegű növekedés lesz.”

melegedés csak néhány tized fok lesz, annyi, amennyivel a légkör energiamegkötő képessége növekszik (ezt már magam is leírtam korábban). Sokak szerint ez az energianövekedés elegendő lehet arra, hogy a kis légköri katasztrófák számának csökkenése mellett a nagyok száma növekedjék (Rádió 1, Miki János, 2012. 01. 03.). A légkörről olyan részletes, régiókénti energetikai számítások még nem ismeretesek, amelyek alátámasztanák ezt az elméletet. A légkörben végbemenő változások következményeit korábban már magam is kikövetkeztettem. Ha ez így van, akkor véleményem szerint ezt hatást a néhány tized fokos hosszabb távú átlagos hőmérséklet-emelkedés helyett a rövid idejű, (például éves) rövid ciklusú, a globálisnál lényegesen nagyobb mértékű (több fok is lehet) hőmérséklet-emelkedések (2. ábra) okozhatják.

Jelenleg az csak feltevés, hogy a légköri katasztrófák, például a gyakoribb óriásciklonok okát és gyakoriságuk növekedését ezen hőmérséklet-változások okozta energiaváltozásokban kell keresni. A hőmérséklet-válto-



2. ábra • A rövid távú oszcillációk szemléltetése (Climate4you ... UAH MDU, 2011)

zások és az energetikai viszonyok kapcsolatának kutatása elsőrendű feladat lehet. A különböző paraméterekben a kísérletek, fáziseltolódások megismerése közelebb visz a jelenségek megmagyarázásához.

A Nap–Föld-rendszerben a Nap az energiaforrás, a Föld az energianyelő, amely időnként túlszordul, majd utána kevesebb szabad hellyel rendelkezik. Az idők során a rendszer dinamikus egyensúlyba került, amelyet azonban lassú változások jellemeznek. A két fő elem külön-külön is változik. A Nap változása igen lassú folyamat, amelyet azonban időnként jelentős napkitörések tarkítanak. A vizsgált intervallumban a kitörések szerepe jelentős.

A Föld egyensúlyi állapotának változásai lényegesen összetettebbek, és kölcsönhatásban vannak például a víz és szárazföld arányváltozásai, a légkör összetételének változása, a szárazföldi vegetáció mennyiségi és minőségi változása, az ember okozta változások stb.

A Föld termikus egyensúlyának vizsgálatakor energetikai, hőtani és biológiai folyamatokat kell figyelembe venni. Vigyázni kell a különböző mérlegegyenletek és egyensúlyi

egyenletek helyes alkalmazásával és különösen az értékelésével. Például energetikailag, ha az energetikai mérlegegyenleteket a sugárzásokból számítjuk, akkor az összes sugárzásnál mindegy, hogy a sugárzás visszatükröződés vagy testsugárzás, míg például hőmérsékleti viszonyokat vizsgálva koránt sincs így. Az energetikai egyensúly vizsgálatok extenzív mennyiségek szerepelnek, míg intenzív mennyiségekkel (hőmérséklet) is lehet egyensúlyt vizsgálni, mert a Földnek a világűrrel való hőcsere-folyamata csak sugárzásos hőcsere lehet.

A fajlagos extenzív mennyiségek is viselkedhetnek intenzívként (például energiaáram-sűrűség, napenergia-sugárzás stb.).

A légköri rendszerhez kapcsolhatóan extenzív mennyiségek a levegő tömege, összetétele, térfogata, a víztömeg, az ásványtömeg, a biológiai tömegek stb. Extenzív jellemzők az anyagokban lévő fizikai-kémiai energiameennyiségek, a felületi jellemzők.

Intenzívek között a legfontosabb a hőmérséklet, továbbá a nyomásviszonyok, a fajlagos extenzív mennyiségek, vagyis az állapotjelzők, például az anyagok sűrűsége, az anyag- és a hőáramok fajlagos értékei.

Az energetikai mérlegegyenleteknél általában extenzív mennyiségek szerepelnek, míg az egyensúlyi folyamatoknál és állapotoknál intenzívek is.

A rendszerben lejátszódó folyamatok:

- periodikus folyamatok vagy a földtörténet nagy idősvívű folyamatai (például Milankovich-ciklus);
- a legtöbb folyamat sztochasztikus, például felhőborítottság, szél, napkitörések, vulkánok stb.;
- bizonyos időtávon monoton folyamatok, például szén-dioxid-növekedés stb.

A felhőzet alakja, mérete, minősége térben és időben sztochasztikusan változik, ezért az üvegházhatásban való részvételének számítási módja lényegesen különbözik a CO<sub>2</sub>-étől.

A Nap–Föld-rendszerrel a termodinamika mind a négy főtétele szerepet játszik.

A 0-ik főtételnek az egyensúlyra való értelmezését a légkör határára számított egyensúlyi hőmérséklet használatakor kell alkalmazni.

Az első főtételt a Napról a Földre érkező és onnan távozó energia megmaradásánál kell figyelembe venni. Ez a különböző anyagi tömegek energiavesztésének pótlására, biológiai és vegyi folyamatok energiaigényének fedezésére szolgál. A 0-ik főtétel egyensúlyi követelménye az utóbbi folyamatok miatt nem használható a statikus egyensúly megállapítására, de az egyensúlynak a rejtett hőigények miatti megbomlása után megindul annak helyreállítása.

A 2. főtétellel az egyensúly folyamatának leírását lehet megtenni. A rendszer a kisebb valószínűségi állapotból a nagyobb felé mozdul el. Ennek során az entrópia, az extenzív jellemző növekszik ( $ds > 0$ ).

A 3. főtétel a világűr közel abszolút 0 K hőmérsékletének szerepét veszi figyelembe.

A Föld energetikai mérlegegyenletei rendkívül összetettek. Az egyes tagok nagyon különböző jellege miatt nagyon vitatottak, és pontosságuk egyes feladatok megoldásához nem mindig kielégítő. A folyamatos változtatás miatt megbízhatóságuk megkérdőjelezhető (egyes szakértők szerint finomodnak). A valóságban sok a tapasztalati érték és a becslés. A sztochasztikus folyamatoknál mindig valamilyen hibával kell számolni, amit a használatukkor figyelembe kell venni.

Az energetikai mérlegegyenletet a Föld termikus egyensúlyának tárgyalására csak számos megjegyzéssel lehet használni. A Nap és a Föld között (a világűr) hőcsere folyamat játszódik le. Magát a folyamatot egy extenzív (S) és egy intenzív (T) mennyiség jellemzi. A részfolyamatokra a két-két jellemző szorzatai adják az energiaegyenlet elemeit. A Földön azonban vegyi, biológiai és fizikai (például olvadás) folyamatokhoz szükséges energia is felhalmozódik, ezért időnként a kisugárzás kisebb, mint a Napból érkező energia, amit a „napállandó” jellemez. Ez önmagában hosszabb távon nem feltétlen okozza a légközeg hőmérséklet-változását.

A Nap és a Föld hőcsere folyamatában nem mindegy, mire használja a nyelő a kapott hőt. A rejtett hő nélkül a visszatükrözött és a kisugárzott hő összege megegyezik a beesővel. Ekkor statikus egyensúlyról beszélhetünk, a napállandóból származó és az összes sugárzással számolt egyensúlyi hőmérsékletek megegyeznek.

Az egyensúly definiálásával akkor van probléma, amikor a teljes hőcsere folyamatban vegyi, biológiai és például olvadási hő is szerepel.

A világűrben a hőcsere folyamatok csak sugárzással történhetnek. A Föld légkörét elérő napsugárzás változik (a változás mértéke je-

lenleg élénk vita tárgya), de az egyensúlyszámításoknál egy adott értéket (mért) fel kell venni.

A jégre történő sugárzásnál a beeső sugárzás egy része a jég olvadására fordítódik, a másik része a hőmérsékletnek megfelelően visszasugárzódik (visszaverődik és sugárzódik) a világűrbe. A visszasugárzást a jég hőmérséklete – határesetben megegyezik az olvadási hőmérséklettel (273 K) – és a tükröződés határozza meg. Olvadás akkor jöhet létre, ha a beeső sugárzás legalábbis meghaladja az olvadáshőt, és így a helyi egyensúlyi hőmérséklet legalább 273 K. Az energiamérlegben nincsen egyensúly, mert a visszasugárzás a beeső sugárzásnál az olvadási hővel kisebb. A példából jól érzékelhető az extenzív és intenzív mennyiség szerepe.

A globális felmelegedésnél (hőmérséklet-változás) egy intenzív mennyiség (hőmérséklet) megváltozásáról beszélünk, ez a folyamatok legfontosabb jellemzője. Bár a globális hőmérséklet egyértelmű, mérésekkel alátámasztott meghatározása is hiányzik, a kutatásokban a végeredményt a CO<sub>2</sub> (vagy üvegházgázok) és a globális hőmérséklet közötti kapcsolattal szemléltetik. A CO<sub>2</sub> a légkörnek egyik komponense, súlyos hiba ennek és a globális hőmérséklet-változás értékének ilyen függvényes ábrázolása. A rendkívül bonyolult számítógépes modellek nem átláthatóak (Ban Ki Mun ENSZ-főtitkár is ezt kifogásolta), a görbék rendkívüli mértékben szórnak. A nagy szórás a rendszer bonyolultsága miatt érthető lenne, csak nem szabad ezek alapján olyan intézkedésekre javaslatot tenni, amelyek eredményei óriási erőfeszítések mellett is több mint megkérdőjelezhetőek.

A CO<sub>2</sub> szerepének elméleti számításaihoz globális mértékű, mérésekkel is alátámaszthatóan használható adatok a következők:

- napsugárzás a légkör határára (napállandó),
- a légkör tömege és összetétele,
- a CO<sub>2</sub> abszorpciók tényezője,
- a gázon áthaladó sugárzás gyengülésének egyenlete.

Az adatokból a légkör felső határára, a termikus egyensúly meghatározásához egy egyensúlyi hőmérsékletérték megfelelő közelítéssel számítható. A gázösszetétel változása okozta sugárzásgyengülés fokozódása miatt szükséges földközeli hőmérséklet-növekedés globális hőmérséklet-változási adatként kezelhető.

A Föld termikus egyensúlyát a világűről szemlélve a Föld mint test globális hőmérséklete az űrből nézve nem változhat (természetesen van a folyamatnak bizonyos dinamizmusa). A légköri rétegek hőmérséklet-eloszlásában létrejöhetnek változások. Ugyancsak változhat a vizes és szilárd felületek mértéke és minősége stb. Az összes elem eredőjeként (az extenzív és intenzív mennyiségekre vonatkozó szabályok szerint) alakul ki a Föld egyensúlyi állapota.

A CO<sub>2</sub> szerepét ebben a bonyolult rendszerben megfelelően, a helyén kell kezelni. A földi légkör összetételéből adódó 33–35 °C üvegházhatáshoz annak 20%-ával járul hozzá (igen széles, 10–20%-os tartományról is írnak az irodalomban). A 20%-nak kb. 10%-kal való változása (kb. 2%) nem hozható szoros kapcsolatba a CO<sub>2</sub> 30–35%-os növekedésével.

A -34 foknak néhány tizeddel való változása (az elmúlt 150 évben 0,74 °C) nem igazolhatja azt, hogy az emberiség lényegesen bele tudna avatkozni a földi folyamatok globális alakulásába.

A közelmúltban két, a *Nature*-ben megjelent cikk foglalkozik a CO<sub>2</sub>-nek a klímaváltozásban játszott szerepével. A cikkem anonim lektora által figyelmembe ajánlott, 2012 áprilisában megjelent *Nature*-cikk (La

Riviere et al., 2012, 97.) szerint az Antarktiszról származó jégfuratok arra utalnak, hogy a pleisztocénben szoros volt a kapcsolat a CO<sub>2</sub> és az akkori klíma között, de a CO<sub>2</sub> szerepe és fontossága a klímaváltozásban mégsem világos, mert a deutérium adatokkal helyi és nem globális hőmérsékleteket lehet számítani. A 80 proxy adatait feldolgozva az látszik, hogy az Északi-féltekén, a jégtakaró legutolsó erőteljes csökkenési időszakán jelentkező CO<sub>2</sub>-növekedés megelőzte a globális felmelegedést. A hőmérsékletváltozás és a CO<sub>2</sub>-koncentrációváltozás menetében tapasztalható fáziseltolódást az óceáni cirkulációban történő változással magyarázzák. (Ez csak igazolatlan feltételezés)

A másik, a 2012 júniusában megjelent *Nature*-cikkk (Shakun et al., 2012, 49.) „ellenpéldát” mutat be a klíma és a szén-dioxid szoros kapcsolatát valló, jelenlegi nézetekkel szemben, a késői miocén (12–5 millió évvel ezelőtt) időszakra. A szerzők (University of California, Santa Cruz) állításaikat mélytengeri üledékeken végzett mérésekkel igazolják. Méréseik szerint a késői miocénben több millió évig a hőmérséklet 5–8 °C fokkal magasabb volt a jelenleginél, míg a CO<sub>2</sub>-koncentráció az ipari forradalom előtti szinten mozgott. Feltételezésük szerint ötmillió évvel ezelőtt a tengeráramlásokban lehetett valami változás, és a klíma kapcsolata a CO<sub>2</sub>-vel érzékenyebbé vált. Természetesen ez is feltételezés, ahogy a korábban említett cikk is az volt, és nem fogadható el tudományos magyarázatnak.

Arrhenius óta a számtalan klímabefolyásoló tényező közül állandóan frontvonalba kerül a CO<sub>2</sub> szerepe. A cikk lektora is kifejti véleményét: „A földi változások sokfélék, ahogyan a szövegben szerepel. A kölcsönhatások összetettek is, ahogy azt az éghajlati modellek bonyolultsága is mutatja. Az egyes tényezők

szerepét nem lehet a valóságnak megfelelően megmutatni: a számításokban minden más tényezőt változatlanul hagyva, csak a vizsgálni kívánt tényezőt változtatva kaphatunk ugyan számszerű eredményeket, de a valóságban olyan nincs, hogy csak egyetlen hatótényező változzon.”

Amióta az energetikát fő CO<sub>2</sub>-kibocsátóként súlyosan felelősnek nyilvánítják a klímaváltozásban, és súlyos terheket rónak rá, azóta próbálom bizonyítani hatásának eltúlzott voltát (jelentősebb paraméterektől nagyvonalúan eltekintve) és a terhek indokolatlanságát. Mielőtt a többi paraméterre vonatkozó részletes sugárzási kényszer alkalmazását szememre vetnék, igaza van a lektornak: „Az egyes tényezők szerepét nem lehet a valóságnak megfelelően megmutatni: a számításokban minden más tényezőt változatlanul hagyva...”. Én is éppen ezt próbálom hangsúlyozni, mert napjaink realitása az, hogy elismerik a számos paraméter befolyását, végül a *hőmérséklet-változásokat* mégis a *szén-dioxid függvényében* tárgyalják (számos esetben, korrelációként). Ettől függetlenül, nem ritka a tudományos elemzéseknél, hogy a sokparaméterű függőségnél egyes paraméterek szerepét, a teljes jelenségből kiragadva a saját törvényei szerint elemzik, mint én is teszem. Én azonban nem a klímához szólok hozzá, nem vitatom a CO<sub>2</sub> fontos szerepét, csupán a fizika, kémia és biológia alapegyenleteiből az energetikát, hőtant, termodinamikát leírókat használva kísérelem meg a CO<sub>2</sub>-t a szennyező anyagok közül kimenteni, az igaztalan vádak alól felmenteni. A szén-dioxid nem szennyezőanyag. Ezt tudományos érvek alapján és alapegyenleteket használva próbálom elérni, és nem a számos, átgondolatlan, kudarcot vallott, teljesíthetetlen elképzelés „eredményeivel” példálózva.

Kulcsszavak: *Arrhenius, globális felmelegedés, szén-dioxid*

#### IRODALOM

- Arrhenius, Svante (1896): On the Influence of Carbonic Acid in the Air upon the Temperature of the Ground. (The paper presented to the Royal Swedish Academy of Sciences, 11<sup>th</sup> December 1895) *Philosophical Magazine*. 41, 237.
- Climate4you Global Temperatures* • <http://www.climate4you.com/GlobalTemperatures.htm#UAHMSU>, 2011
- Fleming, James Rodger (1998): *Historical Perspectives on Climate Change*. Oxford University Press, New York • <http://books.google.hu/books?id=09RtcSCGv7gC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- Global Temperature From Satellites. *Global Warming Science*. [www.appinsys.com/GlobalWarming](http://www.appinsys.com/GlobalWarming)

- La Riviere, Jonathan P. – Ravelo, A. Chr. – Crimmins, A. – Dekens, P. S. – Ford, H. L. – Lyle, M. – Wara, M. W. (2012): Late Miocene Decoupling of Oceanic Warmth and Atmospheric Carbon Dioxide Forcing. *Nature*. 486, 97–100. doi:10.1038/nature11200
- Shakun, Jeremy D. et al. (2012): Global Warming Preceded by Increasing Carbon Dioxide Concentrations during the Last Deglaciation. *Nature* 484, 49–54. doi:10.1038/nature10915 • <http://www.nature.com/nature/journal/v484/n7392/full/nature10915.html>
- Wood, William (1634): *New England's Prospect*. • <http://archive.org/details/woodsnewenglandoowoodgoog>

