

A pair of red and white sneakers stands in a muddy puddle. The puddle is filled with brown mud and several fallen, brown and yellow leaves. The sneakers are red with white laces and white soles. The background is a dark, muddy surface.

Héjjas István

Az  
ÉLET megóvása  
és a  
KÖRNYEZETVÉDELEM

tények és hiedelmek



**Héjjas István**  
**Az ÉLET megóvása és a KÖRNYEZETVÉDELEM**  
**tények és hiedelmek**



Héjjas István

AZ  
ÉLET MEGÓVÁSA  
és a  
KÖRNYEZETVÉDELEM

tények és hiedelmek



Nagykanizsa 2013

A könyv megjelenését támogatta: Energiapolitika 2000 Társulat  
([www.enpol2000.hu](http://www.enpol2000.hu))

A borító a Halis István Városi Könyvtár által Nagykanizsa zöld területei megismerését célzó, általános iskolás korosztály számára szervezett fotótúrán készült egyik felvétel „újrahasznosítása”

© Dr. Héjjas István, 2013

Lektorálta: Dr. Járosi Márton

ISBN 978-963-9782-33-4

Kiadja:  
Czupi Kiadó  
8831 Nagykanizsa, Pityer u. 19.  
Tel: 93 320 766  
[www.czupi.hu](http://www.czupi.hu)

**Dr. Héjjas István** gépészmérnök, irányítástechnikai szakmérnök Kecskeméten született 1938-ban. Kutató-fejlesztő mérnöki pályafutása és felsőoktatási tevékenysége során főleg automatizálással, ipari és környezetvédelmi mérés technikával, számítástechnikával és lézerek ipari alkalmazásával foglalkozott. Két alkalommal nyerte el a Kiváló Feltaláló Arany Fokozat kitüntetését. Tagja több tudományos egyesületnek, társszerzője két műszaki szakkönyvnek, és szerzője 12 ismeretterjesztő könyvnek, ezek témái: kvantumfizika, környezetvédelem, energetika, ókori délkelet-ázsiai kultúrák vallási és filozófiai irányzatai.

# TARTALOM

AJÁNLÁS .....	7
BEVEZETÉS .....	11
A zöld mozgalmak rövid története .....	13
Római Klub .....	15
Greenpeace mozgalom .....	19
GAIA-elmélet .....	20
Zöld politikai mozgalmak és egyezmények .....	20
A Föld keletkezése és átalakulásai .....	27
A víz körforgása .....	35
A bioszféra önszabályozása .....	42
Éghajlatváltozások .....	52
A Föld forgási és keringési paraméterei .....	53
A napsugárzás erőssége .....	56
Albedo .....	57
Felhőképződés .....	58
Széljárások .....	59
Üvegházhatás .....	60
Az emberi tevékenység hatása az éghajlatra .....	62
Ózonréteg és UV-sugárzás .....	71
A kőkorszaktól az atomkorszakig .....	80
Környezetszennyezések .....	87
Levegőszennyezés .....	88
Vízszennyezés .....	89

Talajszennyezés .....	92
Élelmiszer-szennyezés .....	94
Az ökológiai lábnyom.....	96
Energia és környezet.....	101
Hőenergia .....	103
Villamos energia.....	105
Hagyományos hőerőművek .....	108
Szél erőművek .....	109
Nap erőművek .....	110
Geotermikus erőművek.....	112
Biomassza- és biogáz erőművek.....	114
Földgáz erőművek .....	114
Víz erőművek .....	115
Atomerőművek .....	118
Környezetbarát üzemanyagok.....	121
Táplálkozás és életmód.....	126
Paradigmaváltás a környezetvédelemben .....	131
Az értékrendek válsága.....	132
A tudományos ismeretek hiánya.....	134
Szakszerűtlen környezetvédelem.....	138
Néhány következtetés .....	143
Irodalomjegyzék .....	146
Fontosabb internetes források.....	150



## **Új „felvilágosodásra” van szükség**

Az Energiapolitika 2000 Társulat ajánlása

A társadalom működésének egyik alapfeltétele az energia. A termelésnek, a gazdaságnak és a szolgáltatásnak is nélkülözhetetlen alapja. Enélkül a mostanra kialakult életformában nem lehetne élni, tehát alapvető létfeltétel. Valamennyi energiaellátási mód egy átalakítási folyamat, amelyik visszafordíthatatlan változásokat hoz létre, azaz a természeti környezet pusztítását okozza. Az ember elhasználja a világot, amit kapott. Az egész világ alá van vetve a mulandóság törvényeinek. Akár filozófiai, akár hitbeli megfontolásból, mindnyájunknak úgy kell élni, hogy az egész világért is felelősek vagyunk. Ugyanakkor nem szabadna a világmindenség kérdéseit napi, aktuálpolitikai dolgokkal elegyítve a globalitás szolgálatába állítani, amint ez most történik. Adott történelmi-társadalmi viszonyok között nem lehet az egyéni és a nemzeti közösségeken számon kérni a világproblémák megoldását. A tisztességes hozzáállás az, ha az egyének és a nemzetek erőforrásaikkal arányosan segítik a jó irányú változásokat. És ennek fontos szabálynak kellene lennie a népek és nemzetek együttműködésében, pl. az Európai Unióban is.

A globalitásnak érdeke, jelszava: a növekedés, a fogyasztás. Az ún. „modern társadalom” erre épül. Az energiaigények kielégítésének a mértékét sajnos a fejlettség, az életminőség mutatószámának szokás tekinteni. Ma már azonban nem csak azokat az igényeket elégítik ki,

amikre az embereknek ténylegesen szükségük van. Az igényeket is az eladók termelik tömegesen: megmondják az embereknek, hogy mire van szükségük. S miközben az igények kielégítéséről beszélünk, az ellátási egyenlőtlenségek egy országon belül, de különösen világméretben az egekbe kiáltanak. Az egész világ globális gazdasága a növekedésre van építve. Önkorlátozás nélkül nem menthető meg az emberiség. A fenntarthatóság tehát nem szakmapolitikai, gazdasági, hanem filozófiai/teológiai, mondhatnánk: létkérdés. Hajlandók vagyunk-e az önkorlátozásra? Van-e esélye egy más értékrendű világ felépítésének?

A növekedés hatáira vonatkozó szakmai felismerések felerősítették az emberiség lelkiismeretére apelláló környezetvédő mozgalmakat, szakmai ideológiát szolgáltatottak számukra. Sajnálatos, hogy ezek a nemes törekvések is egyre inkább a globális hatalmi manipuláció áldozataivá váltak. A környezetért őszintén, jóhiszeműen aggódó állampolgárok szimpátiáját – jelentős részben a civil zöld szervezetek közreműködésével és a média hathatós támogatásával – irreális, a közösség életszínvonalát kedvezőtlenül befolyásoló (energia)politika szolgálatába állították. A környezetvédelem, a zöld energia a „média-energiapolitizálás” fő témájává vált. A zöldek politikaformáló tényezőkké váltak Európában és hazánkban is, a globalizmus ezt is igyekszik saját szolgálatába állítani.

Kant szerint: „A felvilágosodás az ember kilábalása maga okozta kiskorúságából. Merj a magad értelmére támaszkodni!” – ez tehát a felvilágosodás jelmondata. Innen tekintve a felvilágosodás a liberalizmus modern eszméinek, a mai globalizációs ideológiának alapját jelenti. Miközben azonban a természettudományokra alapozó ún. „technikai fejlődés” szinte beláthatatlan, a média segítségével manipulált, kiszolgáltatott tömegek egyre inkább a „modern tudatlanság”, a mesterségesen kialakított és fenntartott tudatlanság állapotában vannak. Az ismeretek bántó hiányából származó félelem a modern hatalomgyakorlás fontos kellékévé vált. Ez az egyik fő oka a magyar energetika és környezetvédelem válságának is. Bogár Lászlóval szólva, a válságból való kilábalás lépései: a helyzet őszinte elbeszélése, majd megbeszélése. Ezt követően van esély a helyes közös cselekvésre. Ehhez a bátorság mellett érvényes tudásra van szükség. E tudás megszerzésének segítségét tekintti társulatunk fő feladatának és ezt szolgálja ez a könyv is.

Társulatunk célja szakmai és közéleti tevékenység a nemzeti elkötelezettségű, környezetbarát energiapolitika kidolgozásának segítésére, népszerűsítésére és védelmére, a közjó érdekében. Tevékenységünk főbb területei: az energiapolitikát megalapozó szakmai-tudományos tevékenység folytatása, állásfoglalások kidolgozása és közzététele, a közvélemény tájékoztatása energetikai kérdésekben, az energetikai oktatás-képzés támogatása, szervezése. Programunknak tehát fontos tartalmi eleme a tudományos ismeretterjesztés, amely ma szinte teljesen hiányzik a hazai nyilvánosságból. Ezért örültünk Héjjas István kiváló kéziratának és támogattuk könyvének megjelenését. A nyomtatásban megjelenő könyvet a szerzővel egyetértve, társulatunk honlapján is megjelentetjük ([www.enpol2000.hu](http://www.enpol2000.hu)).

Héjjas István szakszerű, közérthető, olvasmányos könyvét ajánljuk mindazoknak, akik az életünket jelentősen befolyásoló energetikai és környezeti kérdésekben valóban szeretnének természettudományos ismeretek alapján saját értelmükre támaszkodva tájékozódni. Reméljük, hogy ez a könyv segíteni fogja ezt az új „felvilágosodást”.

*Járosi Márton*, elnök  
[drjarosi@enpol2000.hu](mailto:drjarosi@enpol2000.hu)



## BEVEZETÉS

Az elmúlt évszázadban az emberiség létszáma csaknem a négyszeresére növekedett, miközben mindenki olyan színvonalon szeretne élni, mint a leggazdagabb országok polgárai.

Az igények növekedése miatt rohamosan éljük fel a Földön rendelkezésre álló erőforrásokat és tesszük tönkre a környezetünket. Nem csoda, hogy az emberiség fennmaradása veszélyben van, és ezt egyre többen, egyre magasabb fórumokon hangoztatják.

A kedvezőtlen folyamatok megállítása azonban egyre reménytelenebbnek tűnik, olyannyira, hogy ha a dolgok így mennek tovább, alighanem tönkre fogjuk tenni azokat a környezeti feltételeket, amelyek az emberi életet lehetővé teszik.

Ez azonban a Föld szempontjából nem jelentene pusztulást, hiszen a „távozásunk” után a bioszféra előbb-utóbb regenerálódik, és a bolygó folytatja több milliárd éves pályafutását, mintha nem történt volna itt semmi különös.

Számunkra azonban ez a lehetőség katasztrófa, ezért mindent meg kell tenni a kedvezőtlen folyamatok megfékezésére.

A problémát tovább fokozza a modern államok gazdaságpolitikája, amely a mindenáron való növekedést célozza, és ezt az ún. GDP növekedésével méri. Ennek érdekében tömegesen termelnek olyan termékeket, amelyekre az emberi élethez voltaképpen nem is lenne szükség, ráadásul ezeket gyakran több ezer kilométeres szállítással juttatják el a

felhasználás helyére, holott a többségüket helyben is meg lehetne termelni.

A környezet és a természet megóvása érdekében számos környezetvédő mozgalom szervez megmozdulásokat, ezek azonban eddig csaknem hatástalanok voltak. Ráadásul a természetvédő tiltakozások nem mindig a legnagyobb veszélyeket célozzák meg, ezért sok esetben érdemes azt is megvizsgálni, hogy valóban ott van-e a legnagyobb kockázat, ahol leghangosabb a tiltakozás.

Mivel pedig mind a gazdasági élet szereplői, mind a politikusok felismerték a környezetvédelemben rejlő üzleti és propaganda lehetőségeket, számos környezetvédő intézkedés bizonyul hatástalan pótcselekvésnek, sőt akár kárt is okozhat, miközben a lehetséges valódi megoldások nagy befolyású lobbieredőkre ütköznek.

Ebben a könyvben arra keressük a választ, hogy mik az igazi problémák, melyek a lehetséges megoldások, és melyek azok a gyakran ismételtetett tévhiedelmek, amelyek a problémák orvoslása helyett tovább fokozhatják a bajokat.

Budapest, 2013. január

## **A zöld mozgalmak rövid története**

Már a Római Birodalomban, de azt megelőzően is gondot okozott a lakosság élelmiszer- és ivóvízellátása, és az, hogyan lehet megszabadulni a hulladékoktól, az állati és emberi melléktermékektől.

Európában az ipari forradalmak idején a szénfűtésű gőzgépek megjelenésével a probléma egyre súlyosabbá vált, olyannyira, hogy a környezet és természet kérdéseivel számos gondolkodó foglalkozott már az 1700-as években.

Ismerjük ebből a korszakból Jean Jaques Rousseau jelszavát: „Vissza a természethez!” Ez azonban nem a természet „eredeti állapotához” való reménytelen visszatérési kísérletet jelentett, hanem azt, hogy meg kell kísérelni megmenteni mindazt, ami még hordozza, őrzi a természetességet.

A probléma azonban nemcsak a természet károsodása, hanem az erőforrások kimerülése is, ami veszélyeztetheti az emberiség jövőjét. Erről szólt Thomas Robert Malthus anglikán lelkész elmélete, amely szerint a népesség gyorsabban növekszik, mint a megtermelhető élelmiszer mennyisége, ezért az emberiség katasztrófa felé sodródik.

Mivel a szénhasználat növekedése magával hozta a légszennyezés aggasztó erősödését, ezért Nagy-Britanniában 1863-ban megszületett az első igazi környezetvédelmi törvény, és létrejött egyfajta „vissza a ter-

mészetbe mozgalom”. Nem sokkal később pedig az Egyesült Államokban történtek hasonló intézkedések.

A környezet károsodása és a népesség rohamos növekedése hívta életre a 20. század utolsó évtizedeiben a mai modern környezetvédő mozgalmakat, amelyek szerveződésében több egymással párhuzamos kezdeményezés zajlott.

Ilyen volt a nemzetközi tekintélyű tudósok által 1968-ban alapított Római Klub, amely szerint a Föld erőforrásai kimerülőben vannak, ezért a magas életszínvonal hosszabb távon nem tartható fenn. Ilyen volt a Greenpeace mozgalom megalakulása 1971-ben az atomkísérletek elleni tiltakozás céljából, és ilyen volt a James Lovelock által az 1970-es években tudományos alapossággal kidolgozott GAIA-elmélet is, amely szerint a bioszférában működő önszabályozási folyamatokat az emberi tevékenység tönkretetheti.

Ezekhez a kezdeményezésekhez különféle civil szerveződések és politikai mozgalmak is csatlakoztak, miután felismerték a környezetvédelemben rejlő lehetőségeket.

Támogatták a marxisták és maoisták is a zöld mozgalmakat azzal, hogy a kapitalisták a profit érdekében már nemcsak a proletárokat zsákmányolják ki, hanem a természetet is.

Támogatták a zöld mozgalmakat a pacifisták, akik abban az időben az atomrobbantások ellen tiltakoztak.

Támogatták a zöld gondolatot a liberális-humanista mozgalmak, mivel úgy érezték, hogy a környezet károsodása fenyegetheti az emberi élet minőségét és az emberek szabadságát.

Magukévá tették a zöld elképzeléseket a hippí csoportok is, akik megcsömörlöttek az ipari társadalom elgépiesedett tömeggyártási folyamataitól, a fogyasztói társadalom uniformizált életmódjától, és felcsillant a számukra egy másfajta élet, egy teljesebb lét elképzelése a természettel való harmónia, valamint a keleti vallások alapján megvalósuló társadalmi rend formájában.



## ***Római Klub***

A Római Klubot (Club of Rome) 1968-ban alapították nemzetközi tekintélyű tudósok, akik fontosnak tartották az emberiség hosszú távú jövőjét, és arra a következtetésre jutottak, hogy a Föld erőforrásai kimerülőben vannak, ezért a magas életszínvonal hosszabb távon nem tartható fenn, és ha nem teszünk semmit, a kialakult gazdasági-társadalmi rend összeomolhat.

A Klub létrehozásának kezdeményezői Aurelio Peccei olasz gyáriparos és Alexander King az OECD tudományos és technológiai szakértője voltak, akik konferenciát szerveztek Rómában az emberiség jövőjéről. Ezen a résztvevők elhatározták, hogy tanulmányokat tesznek közzé, amelyekkel kapcsolatban számítanak a kormányok és a közvélemény reaklására.

A Klub első székhelye Hamburgban volt, azonban ezt 2008-ban Winterhurba helyezték át.

A Római Klub 1972-ben került először a nemzetközi figyelem központjába, amikor közzétették első tanulmányukat, amelynek a címe: A növekedés határai (The Limits to Growth).

A tanulmány szerzője a New Hampshire Egyetem társadalomtudományi professzora, Dennis Meadows volt, aki a problémák megoldására a „zérus növekedést” javasolta, azt, hogy vissza kell fogni az ipari termelést, az energia felhasználását és az emberiség szaporodását. A hagyományos technológiákra alapozott fejlődési ütem ugyanis nem tartható fenn, mivel az ennek során kialakuló környezeti folyamatok az emberiség hosszú távú érdekeit veszélyeztetik.

Tény ugyanis, hogy a meg nem újuló erőforrások belátható időn belül elfogynak. További tény, hogy a mezőgazdasági művelés alá vonható területek jelentősebb bővítése nem lehetséges. Tény az is, hogy hiányoznak a hulladékok feldolgozására és újrahasznosítására alkalmas gazdaságos technológiai eljárások, ezért a hulladékok elhelyezésére egyre nagyobb területeket kell igénybe venni.

A Meadows-féle modellben öt egymással kölcsönhatásban álló paraméter változását vizsgálták, ehhez összesen 99 változót vettek figyelembe. Az öt paraméter a következő volt:

1. a világ népessége
2. nyersanyagkészletek

3. egy főre jutó élelmiszerkészletek
4. egy főre jutó ipari termelés
5. a környezet szennyezettség mértéke

A felsorolt paraméterek kölcsönhatásainak elemzésére számítógépes programokat futtattak, és ezekből az a következtetés adódott, hogy ha nem történik alapvető változás, akkor a XXI. század folyamán az emberiség eléri a növekedés határait. A lakosság gyorsuló növekedése ugyanis kimeríti a Föld energia- és nyersanyag-tartalékait, és ezért a lakosság élelmiszer- és iparcikk-ellátása összeomlik. Közben pedig a környezet-szennyezés gyorsan növekszik, egyre nő az orvosi ellátás költsége és a halálozási ráta, a népesség gyors ütemben csökken, és a megmaradók életfeltételei tragikus mértékben leromlanak.

Azóta a Római Klub több mint 30 további tanulmányt publikált, általában ezzel a címmel: „Jelentés a Római Klub számára”. Közülük különösen figyelemre méltó a fizikai Nobel-díjas Gábor Dénes 1976-ban közzétett tanulmánya, amelyben előtérbe került a tudomány és a technika kitüntetett szerepe a problémák megoldásában.

Gábor Dénes szerint, mivel a tudósok és mérnökök hozták létre azt a fajta világot, amely különbözik minden korábbtól, ezért az ő felelősségük az is, hogy a sorsával törődjének. Ezt a fajta „szép új világot” azonban számos félelem, aggodalom, szorongás jellemzi, és az a felismerés, hogy a gazdasági fejlődésnek korlátai vannak, mivel az erőforrások kimerülése és a környezetben okozott károk miatt az emberiség életfeltételei lényegesen rosszabbodhatnak.

Az aggodalmakat erősítette a magasan fejlett országok rossz lelkiismerete, hogy a gazdag és szegény országok közötti szakadék egyre mélyül. A világ egyik felén az emberek dúskálnak az anyagi javakban, a világ másik felén pedig milliók halnak meg az alapvető élelmiszerek, a tiszta ivóvíz és a gyógyszerek szűkössége miatt.

Gábor Dénes szerint a technika fejlettsége esélyt ad a szegénység felszámolására, feltéve, hogy a magasan fejlett országokban megáll a gazdasági növekedés, és véget ér az a fajta történelem, amely az erőforrásokért folyó háborúk végeláthatatlan sorozata.

Amit pedig folyamatosan fejleszteni kell, az a fajta innováció, amely nem a gazdagság növelését, hanem az élet minőségének javítását szolgálja. Ezek a célok azonban csak akkor érhetők el, ha az emberiség be-

lép az „érett társadalom” korszakába, vagyis a szellemi, spirituális fejlődése utoléri a technikai fejlődést.

Ennek során fel kellene adni azt a fajta „szemetelő életmódot”, hogy a fejlett államok polgárai egy-két évenként – gyakran csupán divatból – lecserélik az autójukat, a mosógépüket, a hűtőszekrényüket, a TV-készüléküket és számos egyéb „tartós” fogyasztási cikket. El kellene érni, hogy ezek igazán tartósak legyenek, és legalább 20-30 évig szolgálják a tulajdonosaikat. Mindehhez azonban át kellene alakítani az emberek gondolkodását is, és ez a nehezebb feladat. Gábor Dénes szerint ugyanis meg kellene változtatni azt a fajta közgondolkodást, amely az anyagi értékeket fontosabbnak tartja a szellemi (tudományos, művészeti, vallási, filozófiai, stb.) értékeknél.

A Római Klub későbbi tanulmányai újabb meg újabb prognózis modellekkel foglalkoztak, amelyek az eredeti Meadows modell tökéletesítésére irányultak, remélve, hogy majd csak akad valami használható megoldás.

Készült olyan modell, amely szerint, ha sikerül a népesség létszámát stabilizálni és a beruházásokat korlátozni, akkor elkerülhető lehet a gyors összeomlás, ámde ebben az esetben is a mezőgazdasági és az ipari termelés egy főre jutó növekvő mennyisége feléli a Föld nyersanyag-készleteit és ez ki fogja váltani a visszaesést.

Ennek a modellnek a további finomítása szerint a hosszabb távú stabilitás feltétele, ha teljesül még az anyagok újrahasznosítása, a szennyezés kibocsátás megszüntetése, az erózió megállítása, és a talajok termőképességének visszaállítása is. A nulla növekedésű stabilizált világmodell szerint azt is el kellene érni, hogy az emberek értékrendjében jelentős változás következzen be, amelyben a természeti erőforrások megóvása és védelme elsőbbséget kap.

Egy 1991-ben publikált modell szerint a Föld népessége képes lehetne 7,7 milliárdon stabilizálódni, ha megfelelő mértékben nőne az energiafelhasználás hatékonysága, valamint a hulladékok újrahasznosítása, és gyökeresen új hatékony technológiák is belépnének ebbe a folyamatba. Bármennyire is tökéletesedtek azonban a Klub modelljei, továbbra is fennmaradt néhány megoldhatatlannak tűnő kérdés. A legfontosabbak:

- A társadalom öregedése.
- A fejlett országokban az emberek 30%-kal több ételmezt fogyasztanak a szükségesnél, miközben a legszegényebbek lakói a létminimumnál 10%-kal kevesebb ételmezhöz jutnak.
- A városlakók száma növekszik, és ez nagyobb fogyasztással és szennyezőanyag-kibocsátással jár, a ház- és útépitések egyre több zöld területet emésztenek fel, és gondot jelent a tiszta ivóvízzel való ellátás is.
- A mezőgazdasági vegyszerekből, trágyákból és rovarirtó szerekből kimosódó nitrát és foszfát vegyületek élővízbe jutva a vízinövények elszaporodásához, a vizek minőségromlásához vezetnek.
- A tartályhajó-katasztrófák, valamint a hajók üzemanyagai és hulladécai károsítják a tengereket.
- Nem megoldott a hulladékok mennyiségének csökkentése, újrahasznosítása és ártalmatlanítása.
- Nem tudjuk befolyásolni az éghajlatváltozást.
- Nem tudunk mit kezdeni az ózonlyukakkal, pedig már betiltottuk az ózonkárosító vegyületeket.
- Továbbra is hullanak a savas esők.
- Tovább folynak az erdőirtások.
- Fokozódik a talajerózió, különösen amióta bioüzemanyagokat is gyártunk.
- A biodiverzitás romlik, az élőhelyek pusztulnak.

A Római Klubnak fontos szerepe volt abban, hogy az ENSZ közgyűlés határozata alapján létrehozták a Környezet és Fejlődés Világbizottságot, az ún. Brundtland Bizottságot, amely 22 tagú szakértői testületként működött, vezetője pedig Gro Harlem Brundtland asszony, orvos, politikus, diplomata lett, aki korábban Norvégia miniszterelnöke volt. A Bizottság 1984-ben alakult meg Genfben, a záró ülésre Tokióban került sor 1987-ben, ahol közzétették a Bizottság zárójelentését „Közös jövőnk” (Our Common Future) címmel. Ekkor került be a köztudatba az azóta gyakran hangoztatott „fenntartható fejlődés” fogalma. Ez azonban nem kizárólag és nem is elsősorban gazdasági fejlődést jelent. A fenntartható fejlődés olyan természeti, gazdasági és társadalmi modell, amely az egész emberiség életminőségének fejlődését célozza, és igyekszik komplex összefüggéseiben kezelni a gazdasági, környezeti, oktatási,

kulturális kérdéseket, valamint az emberek életét befolyásoló egyéb területeket, figyelembe véve ezek kölcsönhatásait.

A zárójelentés szerint nem lehetséges csupán nemzeti szinteken megvalósítani a fenntartható fejlődést, ehhez globális erőfeszítésekre van szükség.

## ***Greenpeace mozgalom***

A Greenpeace mozgalmat kanadai békemozgalmisták alapították Vancouverben 1971-ben azzal a céllal, hogy az atomkísérletek beszüntetését követeljék. Ennek érdekében néhány bátor ember egy bérelt halászbárkával a tenger alatti atomrobbantások helyszínén folyamatosan tüntetett.

A mozgalom nemzetközi hálózat, 41 országban van jelen, a központja Amszterdamban van. A hálózathoz 4 regionális és 19 országos központi iroda tartozik. Ezek munkáját és a nemzetközi kampányokat az amszterdami nemzetközi központ (Greenpeace International) hangolja össze. A mozgalom jelentőségét mutatja, hogy a világon összesen csaknem félmillió önkéntes vesz részt a tevékenységében.

A mozgalom legfontosabb célkitűzései: a fosszilis tüzelőanyagok és az atomenergia kiváltása megújuló energiákkal, a globális klímaváltozás megfékezése, a génmódosított (GMO) élőlények és élelmiszerek betiltása, a tengerek szennyezésének és a tengeri élővilág pusztításának beszüntetése, a trópusi őserdők megmentése és a mérgező vegyi anyagok kibocsátásának beszüntetése.

A mozgalom aktivistái számos akciót szerveztek többek között a bálnavadászok ellen, a vegyi és nukleáris hulladékok tengerbe szüllesztése ellen, az Antarktisz természeti értékeinek, valamint az őserdők védelme érdekében. Szerveztek háborúellenes tüntetéseket is. Felléptek a környezetbarátabb elektronikai termékek érdekében, az atomerőművek ellen, az ózonréteget károsító gázok kibocsátása és a génmódosított növények ellen. Tiltakoztak a tönkrement olajfűró tornyok tengerbe szüllesztése ellen, a halászflokkák fenékháló használatának tilalma érdekében, a lassan lebomló mérgező vegyületek gyártásának betiltásáért, a PVC anyagú gyermekjátékok és a régi típusú izzólámpák ellen is, hogy csak a fontosabbakat említsük. Ma már a Greenpeace befolyása annyira

jelentős, hogy képes hatást gyakorolni magas szintű nemzeti és nemzetközi politikai döntésekre.

## ***GAIA-elmélet***

A zöld mozgalmak ideológiáját befolyásolta dr. James Ephraim Lovelock professzor GAIA-elmélete, amely szerint a földi élet és az atmoszféra között kölcsönhatások működnek, amelyek révén a bioszférában egyfajta önszabályozás működik, ez teszi lehetővé, hogy az élőlényeknek megfelelő optimális környezeti feltételek hosszú ideig stabilan fennmaradjanak.

Lovelock szerint az emberi tevékenység túlságosan beleavatkozik ebbe a folyamatba, ez azzal a kockázattal jár, hogy tönkretesszük ezt a csodálatos önszabályozó mechanizmust, és ez katasztrofális következményekkel járhat az emberiségre.

Lovelock elméletét külön fejezetben részletezzük.

Itt csak annyit érdemes megemlíteni, hogy bár az elméletet sokat támadták, annak számos megállapítása időközben beigazolódott.

Lovelock szerint azonban a zöld mozgalmak nem váltották be a reményeket, mert egyre inkább olyan aktivisták irányítják, akiknek a természettudományos ismeretei aggasztóan hiányosak, és olyan követeléseket fogalmaznak meg, amelyekkel kifejezetten ártanak a környezetnek, ahelyett, hogy a helyzeten javítanának.

Lovelock szerint ennél is aggasztóbb, hogy a politikai döntéshozók természettudományos felkészültsége sem külön, ezért bedőlnek az ultraradikális zöldek tudománytalan propagandájának.

## ***Zöld politikai mozgalmak és egyezmények***

A zöld mozgalmak hatására számos politikai mozgalom és nemzetközi politikai intézkedés született, főleg az Európai Unióban, ahol több országban zöld pártok alakultak.

2004-ben Rómában, ezer delegált részvételével zajlott a Zöld Pártok Európai Szövetségének negyedik kongresszusa, február 22-én megalapí-

tották az Európai Zöld Pártot, amelyhez 34 európai zöld párt csatlakozott.

A zöldek az európai parlamenti választáson először 1979-ben indultak, azonban csak 1984-ben került be egy nagyobb zöld csoport a Szivárvány Szövetség részeként.

Az 1989-es választásokat követően a zöldek külön frakcióba tömörültek, létrehozták a Zöld Csoportot az Európai Parlamentben.

Az 1994-es választásokon a zöldek veszítettek a népszerűségükből, és az Európai Radikális Szövetség részét képezték, az 1999-es választások pozitív kimenetelét követően viszont csatlakoztak a regionális zöld pártokat tömörítő Európai Szabad Szövetséghez.

Az Európai Zöld Párt deklarált célja egy szabad, demokratikus és szociális Európa létrehozása egy békés, igazságos és környezetileg fenntartható világban. Deklarációjukban leszögezték, hogy „az a mód, ahogyan mi, európaiak termelünk, fogyasztunk és kereskedünk, hozzájárul az emberiség többségének folyamatos szegénységéhez, sokféle környezeti kárt okoz, továbbá instabil klímát eredményez.”

Az idők folyamán az Európai Unió vezető politikusai egyre inkább elfogadták a zöld elgondolásokat, annál is inkább, mivel az intenzív gazdasági-ipari fejlődés, és az ezzel járó növekvő energiafelhasználás az 1970-es években jelentős környezeti szennyezést eredményezett Európa egész területén, és ezért az 1972-es párizsi csúcskonferencián közösségi szintre emelték a környezetvédelmi politikát.

Ezt követően az Európai Unió egyre inkább vezető szerepet vállalt a globális környezetvédelemben. A 2007 decemberében aláírt majd 2009 decemberében hatályba lépett Lisszaboni Szerződéssel egyértelműen prioritássá vált az éghajlatváltozás elleni küzdelem is, amely a fenntartható európai gazdasági modell egyik kulcselemévé vált.

Az Európai Unió legfontosabb célkitűzései közé tartozik a környezet minőségének megőrzése, a természeti erőforrások ésszerű felhasználása, az emberi egészség védelme, az éghajlatváltozás elleni intézkedések ösztönzése, a természeti és biológiai sokféleség megőrzése, valamint a fenntartható hulladékgazdálkodás. Ennek érdekében történik a közös környezetvédelmi stratégiák és programok kidolgozása, amelyek végrehajtása a tagállamok feladata.

A zöld mozgalmak hatása nem csak az EU-ban érvényesült. A világ kormányai egyre komolyabban vették a felvetett problémákat, amelyek megoldása érdekében konferenciákat szerveztek és ezek eredményeként számos nemzetközi egyezmény született.

Az ENSZ első környezetvédelmi világértekezlete 1972-ben Stockholmban a környezet szennyeződésének és pusztulásának okairól szólt. A konferencián 113 ország képviselői vettek részt, ahol azonban éles ellentét alakult ki a fejlett és a „fejlődő” országok között, mivel a „fejlődők” a környezeti problémák gyökereit a szegénységre és az egyenlőtlen gazdasági erőviszonyokra vezették vissza, ámde a „fejlettek” ezt vitatták.

A konferencia eredményeként létrejött az ENSZ Környezetvédelmi Programja (UNEP), ugyancsak a konferencia hatására 1976-ban Magyarországon megszületett az első környezetvédelmi törvény.

1987-ben Montrealban egyezmény született az ózonréteget károsító anyagok korlátozásáról, az ezt követő évtizedben az egyezmény előírásait több alkalommal módosították, illetve szigorították.

1992-ben Rio de Janeiro volt a helyszíne az ENSZ Környezet és Fejlődés Konferenciájának, amelyet a sajtó „Föld-csúcsértekezlet” néven is emlegetett. Ezen 154 ország vett részt, környezetvédelmi döntéseket hoztak, és megfogalmazták a „fenntartható fejlődés” kritériumait.

A konferencián elfogadott dokumentum alapján az ENSZ létrehozta a Fenntartható Fejlődés Bizottságot, megfogalmazták és közzétették az Éghajlatváltozási Keretegyezményt a klímaváltozás elleni teendőkről, valamint a Biodiverzitás Egyezményt a biológiai sokféleség védelméről azzal, hogy ezekhez az egyezményekhez bármelyik állam később is csatlakozhat.

1997-ben Kiotóban rendezték meg az ENSZ Környezetvédelmi Konferenciáját, amelynek eredménye a gyakran emlegetett Kiotói Jegyzőkönyv, amely szigorú előírásokat tartalmaz az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentésére.

A 2000-ben megrendezett hágai klímakonferencián állapították meg és deklarálták azt, hogy az emberiségnek döntő szerepe van a globális éghajlatváltozásban, az évszázad végéig ennek következménye az átlagos hőmérséklet akár 6°C mértékű növekedése lehet, amennyiben nem csökkentjük az üvegházgázok kibocsátását.



Ezt a megállapítást azonban számos élvonalbeli szakember azóta is vitatja, az ellenvélemények azonban alig jelennek meg a sajtóban, mivel nem érik el a média „ingerküszöbét”.

2002-ben, a riói konferencia után 10 évvel volt Johannesburgban a Fenntartható Fejlődés Világtalálkozó, az ún. „Rió + 10 Föld-csúcs”, amelyen 200 ország képviselői vettek részt. Ezen megtárgyalták a környezetvédelem, a társadalmi fejlődés, valamint a szociális feszültségek közötti összefüggéseket, és ez hatalmas, éles vitákat eredményezett. Konkrét eredmény viszont alig született.

Azt mindenesetre megállapították, hogy a riói csúcson elhatározott feladatok túlnyomó részét nem teljesítették, és a környezet állapota tovább romlik. A záródokumentum leginkább általánosságokat fogalmaz meg, és nem annyira szakmai, mint inkább politikai nyilatkozatnak tekinthető. Annyit viszont tartalmaz, hogy a Földön 2 milliárd ember nem jut megfelelő minőségű ivóvízhez, és ezt 2015-ig meg kellene oldani.

Foglalkozik még a dokumentum a biodiverzitással, az óceánok védelmével és a halállománnyal, az egészségre és a környezetre ártalmas anyagok csökkentésével, a megújuló energiák alkalmazásával és a fenntartható fejlődéssel, hogy csak a fontosabbakat említsük.

Az első riói konferencia után 20 évvel, 2012-ben, június 20. és 22. között rendezték meg ugyancsak Rio de Janeiróban a „Rió + 20” Fenntarthatósági Konferenciát az ENSZ 194 tagországának részvételével, amely azonban bármiféle áttörés és kötelező érvényű megállapodás nélkül ért véget. Itt már a „fejlődők” és a „fejlettek” között az ellentétek annyira elmélyültek, hogy lassan nem lesz mit megbeszélni.

Tény ugyanakkor, hogy az EU a világ összes kibocsátásának mindössze 11 százalékáért felelős, és ha 80 százalékkal csökkentené a kibocsátását, globális szinten az is kevés lenne.

Kína, India és az USA nem hajlandó hathatós intézkedésekre, sem pedig Kanada, amely ország kilépett az 1997-es Kiotói Egyezményből azzal az indokolással, hogy nem hajlandó erre a tudományosan vitatható célra csaknem 14 milliárd dollárt áldozni.

A „Rió + 20 Föld-csúcs” azonban mégsem tekinthető eredménytelennek, mert ráirányította a világ közvéleményének figyelmét arra, hogy milyen éles érdekellentétek feszülnek a világ különféle régiói között.

Ami pedig az „írássos” végeredményt illeti, a nagy felhajtás végterméke egy csaknem semmitmondó dokumentum, amely lényegében a következő megállapításokat, illetve célkitűzéseket fogalmazza meg:

- Meg kell határozni a 2015 utáni fenntartható fejlődési célokat, időterveket és indikátorokat.

- Ki kell dolgozni egy nemzetközileg egységes módszert, amelynek a segítségével mérhetővé válik a természet és a környezet állapota, valamint a biológiai sokféleség mértéke.

- 2020-ig meg kell szüntetni azokat az állami támogatásokat, amelyek negatív hatással vannak a környezetre.

- Szükség lenne egy nemzetközi egyezményre az óceánok fenntartható kezeléséről.

- Nagyon fontos lenne az ökoszisztémák fenntartható kezelése annak érdekében, hogy a világon mindenki számára biztosítva legyen a megfelelő mennyiségű és minőségű élelem, ivóvíz és energia.

- A hatékony környezetvédelem érdekében erősíteni kell az ENSZ környezeti programját és biztosítani kell annak pénzügyi fedezetét.

Volt időközben még számos egyéb konferencia is. Kötöttek egyezményeket többek között a veszélyeztetett vadon élő állat- és növényfajok nemzetközi kereskedelméről, az élőhelyeik megőrzéséről, az ózonréteg védelméről, erdősítési programokról, a génmanipulált növényekről és élelmiszerekről, a veszélyes mezőgazdasági anyagok (DDT, PCB, PAH, dioxin) korlátozásáról, a fajok sokféleségéről, az állatok genetikai információinak hasznosításáról is.

A zöld mozgalmak és a politikai intézkedések eddigi tapasztalatai alapján a környezetvédelem kérdésének többféle, egymástól eltérő megközelítése alakult ki. Van olyan felfogás, amely szerint a természeti értékek pénzben kifejezhetők, ezért a károkozás anyagi ellenszolgáltatással helyettesíthető. Az igazi „zöld” szemlélet azonban ezt vitatja, mert szerintük a természeti javakat meg kell őrizni, azok anyagi értékekkel nem helyettesíthetők.

A zöld eszmerendszer ugyanakkor tartalmazza az emberek és a nemzedékek közötti egyenlőség elvét, azt, hogy a sértetlen természethez fűződő jog minden embert megillet.

Nem vitatható, hogy a zöld mozgalmak az emberiség szempontjából hasznos célokért szerveződtek, akik ebben úttörő szerepet vállaltak, személyes áldozatokat is hoztak.

Időközben azonban a helyzet sokat változott, méghozzá két vonatkozásban. Az egyik az, hogy bár a zöld mozgalmakat mind a politika, mind pedig az üzleti körök kezdetben bizalmatlanul fogadták, azonban idővel felismerték az ebben rejlő lehetőségeket, és azokat igyekeznek kihasználni. Ennek során különféle támogatási módszerekkel és média-háttérrel próbálják számukra kedvező irányba terelni a különféle – olykor ellentétes célokat követő – ilyen mozgalmak követeléseit.

A másik változás az, hogy a zöld mozgalmak irányítását egyre inkább olyan aktivisták veszik át, akiknek a természettudományos ismeretei meglehetősen hiányosak. Ugyanez mondható el a döntést hozó politikusok jelentős részéről is, akik között elsősorban többségben vannak jogászok, közgazdászok, történészek, politológusok, média szakemberek, ha véletlenül mégis közéjük keveredik egy természettudós, akkor a közöttük zajló kommunikáció általában a süketek párbeszédére emlékeztet. A legtöbb nagy tudású természettudós pedig kifejezetten iszonyodik a politikától, azt valamiféle tisztességtelen tevékenységnek érzi, talán nem is alaptalanul.

A valaha szerény adományokból tengődő zöld mozgalmak ma már hatalmas állami támogatásokat élveznek, az ideológiájuk alapján felfejlődött zöld üzletág termelési volumene és profitja vetekszik a gyógyszeripar és a hadiipar teljesítményével.

A radikális zöldek pedig egyre merészebb követelésekkel állnak elő, jelentősen befolyásolva a politikai döntéseket, főleg a választási kampányok időszakában, annál is inkább, mivel a pártok anyagi támogatásában sem elhanyagolható a zöld üzletágak szerepe.

Kérdés ezért, hogy a zöld mozgalmak által hangoztatott állítások, és az ezek megoldására sürgetett környezetvédelmi intézkedések mennyire igazolhatók.

A kétségeket erősíti a tapasztalat, hogy a hírközlő médiumokban szereplő aktivisták megszólalásaiból gyakran kiderül, az illető nincs tisztában a fizika alapvető törvényeivel sem.

A közvélemény pedig nagyon könnyen befolyásolható, mivel az emberek többsége szinte gondolkodás nélkül hajlamos elhinni olyan állítást, amelyről úgy hiszi, hogy az hozzáértő szakembertől származik.

Amerikában például egy tréfás kedvű diák aláírásgyűjtésbe kezdett a dihidrogén-monoxid betiltására, amely olyan veszélyes vegyület, hogy akár fulladásos halált is okozhat. A tiltakozó íveket az emberek túlnyomó többsége aláírta. Ötven ember közül mindössze egy jött rá, hogy dihidrogén-monoxid =  $\text{H}_2\text{O}$  vagyis víz.

Mindez nem jelenti azt, hogy a zöld mozgalmak mindenben tévednek, de nem jelenti azt sem, hogy minden állításuk megalapozott. A további fejezetekben azt vizsgáljuk, hogy a természettudományos tények mennyire támasztják alá a zöld mozgalmak állításait és követeléseit. Előfordulhat ugyanis, hogy egy elhamarkodott környezetvédelmi intézkedés csupán egyfajta hályogkovács módszernek bizonyul, amely szerencsés esetben hozhat valami javulást, de fennáll annak a kockázata is, hogy több kárt okoz, mint amennyit használ.

## **A Föld keletkezése és átalakulásai**

A zöld mozgalmak gyakran hangoztatják, hogy meg kell őrizni a természetet eredeti állapotában. Csakhogy a természetnek nincs eredeti állapota. Valamikor a Kárpát-medence hatalmas tó volt, máskor pedig a pilisi hegyekben vulkánok működtek. Volt időszak, amikor a Szaharát télen-nyáron hó és jég borította, és volt olyan időszak is, amikor Izlandon trópusi növényzet virított.

A természet nem más, mint szüntelen változás, átalakulás. Ahogy a görög bölcs, Hérakleitosz mondta, nem lehet belelépni kétszer ugyanabba a folyóba.

Bolygónk, a Föld mintegy 4600 millió évvel ezelőtt keletkezett.

Ha ezt az időtartamot egyetlen 24 órás napnak tekintjük, amelynek a végén most van éjfél, akkor – ebben az időléptékben – az embernek nevezhető élőlény faj az éjfél előtti utolsó percben, az emberi civilizáció nagyjából az éjfél előtti utolsó másodpercben, az ipari-technikai civilizáció pedig nagyjából az éjfél előtti utolsó századmásodpercben kezdett kialakulni. Ezt megelőzően pedig az embernek alig lehetett módja észrevehető mértékben befolyásolni az éghajlatot és a környezet állapotát. Tanulságos szemügyre venni, mi minden történt az ipari civilizációt megelőző 23 óra 59 perc 59 másodperc és 99 századmásodperc alatt. Földtörténeti kutatásokból többé-kevésbé az alábbiakat tudhatjuk meg:

Csillagunk, a Nap feltehetően szupernóva robbanásból származó kavargó por- és gázfelhőkből jött létre, majd a gravitáció hatására összehúzódott, a forgása felgyorsult, és a centrifugális erő hatására belőle anyagtömegek szakadtak le, amelyek bolygókká sűrűsödtek.

Így jött létre a Földünk is, amely kezdetben izzó, képlékeny állapotban volt, és benne a gravitáció és a centrifugális erő együttes hatására különböző sűrűségű és összetételű gömbhéj rétegek alakultak ki.

A legfelső réteg lassan megszilárdult, ebből lett a szilárd földkéreg, amely ma a szárazföldről 30-70 km, az óceánok alatt pedig mindössze 6-7 km vastagságú, és alatta 1000-1200°C körüli olvadt kőzetekből álló képlékeny rétegek helyezkednek el, a Föld legbelső, 6000°C körüli hőmérsékletű magja pedig túlnyomóan nehéz fémekből (vas, nikkel stb.) áll, és feltehetően szilárd halmazállapotú. A Föld belsejében intenzív nukleáris bomlások zajlanak, ezek termelik a hatalmas mennyiségű geotermikus hőenergiát, amely képes évmilliárdokon keresztül olvadt állapotban tartani a földkéreg alatti kőzeteket.

A Föld történetében számos alkalommal fordult elő olyan mértékű globális katasztrófa, hogy az élőlény fajok nagy része kipusztult, és utána egy másfajta struktúrájú állat- és növényvilág jelent meg a bolygón. Voltaképpen az emberiség is azért tudott kialakulni, mert a nagytestű hüllők kipusztulása utat nyitott az emlősök elszaporodásának, testméretük növekedésének.

Ha részletesebben szemügyre vesszük a Föld történetét, nagyjából az alábbi események sorozatát kapjuk:

A Földön mintegy 4.000 millió évvel ezelőtt létrejött egyfajta őslégkör és összefüggő ősóceán, megindult a hegységképződés, bennük vas és nikkel halmozódott fel, azonban a légkör szűrőhatása még gyenge volt a Nap agresszív sugárzásával szemben, ezért a szárazföldi élet még nem volt lehetséges.

Az első primitív élőlények – mikroorganizmusok – jóval később, mintegy 3.600 millió évvel ezelőtt jelentek meg a Földön.

Ezt követően bukkantak fel 1.600 millió évvel ezelőtt a Föld területének túlnyomó részét borító tengerekben az első többsejtű élőlények, 650 millió évvel ezelőtt pedig már algák és kezdetleges gerinctelenek is éltek, 590 millió évvel ezelőtt megjelentek az első medúzák, baktériumok és kékoszatok is.

570 millió évvel ezelőtt kezdtek felgyűrődni a hegyek, kezdtek összekapcsolódni a kontinensek, kialakult egy összefüggő őskontinens, a „Pangea”, amelyet az ósóceán vett körül.

Közben a levegő oxigén tartalma növekedett, és megkezdődött az őskontinens feldarabolódása.

560 millió évvel ezelőtt már léteztek tengeri csigák, ősrákok és szivacsfélék. 500 millió évvel ezelőtt a tengerekben páncélos őshalak, korallok, kagylók és gerincesek éltek, a kialakuló szárazföldeken megjelentek az első sünök, mohafélék és gombák.

470 millió évvel ezelőtt jelentek meg a tengeri csillagok és a csontvázás halak, 440 millió évvel ezelőtt a mocsári növények, a harasztok és a tengeri skorpiók, 420 millió évvel ezelőtt az őshalak, a rovarok, a szárazföldi gerincesek és a kétéltűek.

400 millió évvel ezelőtt megjelentek a páfrányok, ősfák és ősrovarok, 380 millió évvel ezelőtt pedig a cápák és a hüllők.

360 millió évvel ezelőtt kialakultak a kőszéntelepek, megjelentek az örökzöld erdők és a szárnyas rovarok, 40 millió évvel később a fenyőfélék és a füves mezők.

300 millió évvel ezelőtt kialakultak a hegyek és a sivatagok. 290 millió évvel ezelőtt megjelentek a tengeri gyíkok, a repülő hüllők, és az ősmadarak. 280 millió évvel ezelőtt jöttek létre a lombhullató fák és a bokrok, 270 millió évvel ezelőtt fejlődtek ki a dinoszauruszok, 250 millió évvel ezelőtt az emlősállatok, madarak, kígyók, gyíkok, óriás hüllők, és a pálmafélék, 240 millió évvel ezelőtt pedig a tengeri teknőcök.

200-230 millió évvel ezelőtt a Földön nagyon hideg éghajlat uralkodott, az ezt követő 60 millió éven keresztül pedig az éghajlat a mainál sokkal melegebb volt.

Az őskontinens, a Pangea feldarabolódása során, mintegy 200 millió évvel ezelőtt kezdett felgyűrődni az eurázsiai hegyrendszer, és kezdett kialakulni az Atlanti-óceán medencéje. 20 millió évvel később pedig a szárazföldeken megjelentek a főemlősök, az erszényesek és a gabona-szerű növények.

150 millió évvel ezelőtt a kontinensek távolodása miatt az élővilág kezdett földrészenként elszigetelődni, 140 millió évvel ezelőtt az elkülönült kontinenseken megjelentek a szárazföldi teknősök, a tengerekben pedig a maihoz hasonló halak és bálnák, a partok vidékén pedig a fókák.

100 millió évvel ezelőtt jelentek meg az első ősmajmok, 85 millió évvel ezelőtt az első rágcslók, 75 millió éve az első denevérek.

70-80 millió évvel ezelőtt a Földön a levegő szén-dioxid tartalma csaknem 10-szerese volt a mostaninak. A szén-dioxiddús környezetben a növények hatalmasra nőttek, bőséges táplálékot kínálva az óriási hidegvérű növényevő hüllőknek, akik remekül érezték magukat a forró trópusi klímában. Azután hirtelen bekövetkezett egy globális katasztrófa – feltehetően egy kisbolygó becsapódása –, amely a nagytstű élőlényeket kipusztította. Ez, valamint a bekövetkezett klímaváltozás tette lehetővé, hogy az apró testű melegvérű emlősök elszaporodjanak, a testméretük jelentősen megnőjön, és létrejőjenek a jóval nagyobb testű két lábon járó emlősök, vagyis az emberiség ősei.

65 millió évvel ezelőtt kezdett elválni Észak-Amerika Európától, Dél-Amerika Afrikától, miközben megjelennek az első ragadozók és főemlősök, 5 millió évvel később pedig a trópusi dzsungel, a virágok és a maihoz hasonló majmok.

55 millió évvel ezelőtt jelentek meg az első ősfelfántok, ősflovak és tengeri emlősök, 40 millió évvel ezelőtt zajlott le a mai lánchegységek felgyűrődése, ekkor jelentek meg a ragadozók is, azután megjelentek 30 millió évvel ezelőtt az óriás cápák, közben Európa és Ázsia összekapcsolódott, és kialakultak a mai kontinensek, ahol nagy füves legelőkön növényevő emlősök legelésztek.

20 millió évvel ezelőtt már léteztek emberszabású majmok, 10 millió évvel ezelőtt összekapcsolódott Észak- és Dél-Amerika, és létrejött Közép-Amerika, kialakultak a barnaszén-, a kőolaj- és a földgáztelepek, és megtörtént az Alpok és a Kárpátok felgyűrődése is.

A legutóbbi 5 millió évben nagyjából 100 ezer éves ciklusokban követik egymást a jégkorszakok és a meleg korszakok. Ez idő alatt alakultak ki a kontinensek mai partvonalai és jöttek létre a termékeny lösz talajok.

Az első ősember mintegy 3 millió évvel ezelőtt jelent meg a Földön, az emberi civilizáció kezdeteit pedig legfeljebb néhányszor tízezer évvel ezelőttre tehetjük.

Az utolsó jégkorszak nagyjából 10-12 ezer évvel ezelőtt fejeződött be, ámde a sarki jégtakarók olvadása még ma is tart. Az emberiség pedig mintegy 6 ezer évvel ezelőtt kezdett kilábolni a kőkorszakból, amikor megtanultak fém eszközöket készíteni.



Ami pedig a távlati prognózisokat illeti, a kontinensek jelenlegi vándorlása alapján az várható, hogy mintegy 200-250 millió év múlva a földrészek ismét egyesülnek, kialakul egy új szuperkontinens, amely a szélsőséges klímája miatt emberek számára lakhatatlan lesz.

Ami a Kárpát-medence őstörténetét illeti, erre vonatkozóan is rendelkezünk adatokkal. A Szeged környéki kőolajkutató fúrásokban a Föld őskorából származó, csaknem egymilliárd éves, hatalmas nyomáson átkristályosodott palákat találtak.

A legidősebb tengeri üledékes kőzetek közel félmilliárd évesek, abból az időből származnak, amikor még hazánk területe melegvizű, trópusi tengerfenék volt.

A 270 millió évvel ezelőtti időszaknak is vannak nyomai, például a Mecsekben és a Balaton környékén, ahol a vöröses színű üledék és az uránérc-tartalmú vörös homokkő az akkori sivatagi éghajlat idején jöhetett létre.

60-70 millió évvel ezelőtt viszont ezt a területet újra elöntötte a tenger, ennek során homokkő és márgarétegek, valamint mészkő és dolomit rétegek rakódtak le, ezekből fokozatosan emelkedett ki a Dunántúli-középhegység és a Bükk.

20 millió évvel ezelőtt kialakult egy törésvonal, nagyjából a mai Visegrád és Tokaj között, és a Börzsönyben, a Cserháton, a Mátrában, és a Zempléni-hegységben intenzív vulkáni tevékenység zajlott.

A vulkánok elcsendesedése után, 10 millió évvel ezelőtt kezdett kialakulni a Pannóniai-medence, a mai Kárpát-medence. Ez azonban süllyedni kezdett, a medencét elöntötte a Pannon-tenger, amelyben vastag homok- és agyagüledék rakódott le, a medence feltöltődésével pedig édesvizű, elmocsarasodott tó maradt vissza. Ekkor keletkeztek – mintegy 8 millió évvel ezelőtt – az akkori szubtrópusi éghajlat körülményei között a lignittelek a Mátra és a Bükk-hegység közelében, valamint a mai kőolaj- és földgáz-lelőhelyeink is.

A pannóniai beltengeren vulkánok törtek át, bazaltréteggel borították be az üledékes agyag- és homokrétegeket, ezzel létrejöttek a bazalt-hegyek, például a Badacsony és a Szent György-hegy, valamint Salgótarján környékén a Somoskő és még a Tihanyi-félsziget is.

A jégkorszakok idején a hideg szélviharok a folyómedrekből hatalmas mennyiségű port sodortak tovább, melyet később a növényzet meg-

kötött, ebből alakultak ki a löszrétegek az Alföldön, a Dunántúlon és a Hajdúságban.

A jégkorszakok közötti meleg korszakokban a felszín formálásában jelentős szerepet kapott a szelek és vízfolyások eróziós tevékenysége. A folyók lassan feltöltötték az árterüket, nagy síkságokat hoztak létre többek között a Nagykunság területén. Máshol a szél buckákba halmozta a homokot, és a növényzet azt nem tudta lekötöni. Ilyen területek találhatók a Kiskunságban és a Nyírségben.

A változások persze a bolygó más részein is megtörténtek. A régészeti és geológiai kutatások szerint mintegy 3-4 ezer évvel ezelőtt kezdett elsvatagosodni az észak-afrikai övezet, amelynek következtében lehetetlenné vált a korábban virágzó növénytermesztés és állattenyésztés folytatása ebben a térségben.

Magyarországon pedig a feljegyzések szerint 1288-ban háromszor vetettek és arattak gabonát, ami azt jelenti, hogy abban az évben egyáltalán nem volt tél, annak ellenére, hogy alig bocsátottak ki széndioxidot.

A földtörténeti változások jelenleg is zajlanak, lassú emelkedések és süllyedések formálják a felszínt, miközben a geológiai törésvonalak mentén termálvizek törnek fel. A folyók állandóan mossák a partjaikat, ez az oka a Duna alsó hazai szakasza mentén a partfalomlásoknak, amelyek időnként lakott településeket veszélyeztetnek. Az eróziós kockázatok elhárítása, a kedvező környezeti feltételek fenntartása pedig aktív emberi beavatkozást igényel, amit nevezhetnénk állagmegóvásnak is.

Állagmegóváról persze leginkább az ember által alkotott létesítmények, épületek, utak, hidak, vasutak és egyéb műtárgyak esetén szokás beszélni. Ezek rendszeres karbantartás, felújítás nélkül tönkremennek, lepusztulnak. A házak tetejéről lefújja a szél a cserepet, az épület beázik, a falak málladoznak, és néhány évtized, esetleg évszázad elteltével az épület összedől, a téгла-, beton- és kőcupacokon gyomnövények telepednek meg, végül alig marad nyoma a valaha gyönyörű épületnek. Hasonló történik a hidakkal, vasutakkal is, amelyek rendszeres állagmegóvás hiányában ugyancsak tönkremennek, és a használatuk életveszélyessé válik.

Ámde a természet által kialakított gyönyörű képződményekkel, hegyekkel, folyókkal, tavakkal, erdőkkel, mezőkkel is valami hasonló történik. A természet csodálatos alkotásokat hoz létre, majd ezeket el-

pusztítja, hogy helyettük egyre újabb csodálatos alkotásokat teremthesen. Ebben áll a természet körforgása.

Mint a földtörténeti áttekintésből láhattuk, a természeti képződményeket sokféle tényező hozza létre, például vulkanikus tevékenység, hegyomlás, a víz és a szél eróziója, így azután a bolygónkon szüntelenül váltakozva zajlik teremtés és pusztulás.

A Föld szerkezete leginkább hatalmas tojáshoz hasonlítható, amelynek vékony héja alatt olvadt képlékeny anyag található. E nagy viszkozitású folyadék felszínén úsznak a kéreglemezek, amelyek állandó mozgásban vannak, közöttük torlódási és szakadási törésvonalak alakulnak ki, előidézve földrengéseket és vulkáni tevékenységet.

A geológiai-geofizikai mozgások hatására néhol hegyek, máshol mélyedések képződnek, amelyeket a lehulló csapadék vízzel tölt meg. A magasabb helyeken lehulló csapadékból patakok, folyók alakulnak ki, amelyek a tengerbe ömlenek, vagy tavakat táplálnak, miközben a folyók és a tavak is ki vannak téve a folyamatos átalakulásnak, a keletkezés és pusztulás körforgásának.

A folyók nem egyenesen haladnak, hanem a terepi adottságoktól függően kanyarognak. A kanyarokban áramló vízre centrifugális erő hat, így a víz a külső íven a partot alámossa, a belső íven a hordalékát lerakja. Az alámosott oldalon időnként partfalomlás következik be, amely esetleg a folyó útját teljesen el is zárhatja. Ilyenkor a folyó új medret alakít ki magának.

Egyes folyószakaszokon a meder folyamatosan mélyül, máshol emelkedik. A mélyülés akkor következik be, ha nagy a folyó sodrása, és/vagy a folyó felső részéből kevesebb közethordalék érkezik, mint amennyit a folyó a meder alján tovább sodor, mint történik ez például a Duna hazai szakaszán.

A folyó alsó, lassú folyású szakaszán ugyanakkor jelentős lehet a hordalék lerakódása. Így alakult ki több nagy folyó delta-vidéke. Ha pedig a folyó tavat táplál, a hordalék a tóban összegyűlik, amely lassan mocsárrá, majd láppá alakul át.

Mindezek a tényezők döntő mértékben befolyásolják az ember számára élhető környezetet. A történelem folyamán birodalmak emelkedtek fel és buktak meg a környezeti feltételek megváltozása miatt. Ez volt az egyik oka a nagy népvándorlásoknak is. Az ősi Egyiptomban pedig

azért kellett időnként új fővárost építeni, mert követni kellett a Nílus „pályamódosításait”.

Ha azt szeretnénk, hogy a számunkra kedvező természeti környezet minél tovább fennmaradjon, a mesterséges létesítményekhez hasonlóan gondoskodni kell az állagmegóváról. Különösen igaz ez Magyarországon, amely egyfajta „lavór” alján terül el, és csak rajtunk múlik, hogy ez a lavór hosszabb távon szeméttárolóvá vagy virágzó paradicsommá válik-e.

Ez azonban súlyos kérdéseket vet fel. Ha ugyanis túlságosan beavatkozunk a természet működésébe, tönkretethetjük az élhető környezetünket. Ha viszont egyáltalán nem avatkozunk bele, akkor azt maga a természet fogja tönkretenni.

Az optimális megoldás, az Arany Középút pedig egyfelől a gazdasági növekedést mindenáron hajszoló közgazdasági szemlélet, másfelől a „hagyjuk a természetet, tegye a dolgát” típusú tudománytalan radikális zöld szemlélet között keresendő.

## A víz körforgása

A naprendszerünk közelében az utóbbi évtizedekben, mindössze néhány száz fényévnyi szomszédságunkban több száz csillagot találtak, amelyek körül bolygók keringenek. Közülük jó néhány hasonlít a mi Napunkhoz, és a körülöttük keringő bolygók között akadnak olyanok, amelyek hasonlítanak a mi Földünkhöz.

Ehhez kapcsolódik a nemzetközi SETI (Search for Extra Terrestrial Intelligence) program, amelynek keretében idegen égitesteken fellelhető értelmes lények után kutatnak. Ehhez persze először olyan bolygót kell találni, amelyen lehetséges élet.

Bár elvileg elképzelhető a miénktől gyökeresen eltérő élet is, mi azonban csak a szén alapú szerves molekulákon alapuló élő szervezeteket ismerjük, és a SETI célja ilyenek felkutatása.

Ennek során pedig, amikor a tudósok idegen bolygón az élet lehetőségét vizsgálják, elsősorban arra kíváncsiak, van-e, lehet-e ott folyékony víz. A víz az élet legfontosabb feltétele, nélküle nem jöhetnek létre azok az általunk ismert szerves vegyületek, amelyek legfontosabb alkotórészei a szén, a nitrogén, a hidrogén és az oxigén.

A víz a világűrben nem olyan ritka, mint azt korábban gondolták, a naprendszerünk bolygóin és holdjain és az üstökösökben is számos helyen előfordul.

Egy bolygó élıhetőségének további feltétele az, hogy legyen rajta oxigén tartalmú légkör. Az oxigén fontos az élethez, a légkör pedig biz-

tosítja, hogy a felszíni vizek ne tudjanak közvetlenül érintkezni a mínusz 270°C-os hideg világűrrel, mert akkor a víz fagyott lenne, légkör hiányában pedig a szublimációs kipárolgás miatt előbb-utóbb elillanhatna a világűrbe.

A Földet nem véletlenül hívják kék bolygónak, hiszen a felszínének több mint kétharmadát víz borítja. Hasonló arány van a testünkben is, amelynek kétharmad része víz, és ha ez az arány lecsökken, az életünk veszélybe kerül.

A víz hatékony oldószer, az élőlények – így az ember – testének belseje voltaképpen egyfajta vizes oldat. A víz testünkben sokféle biológiai anyagszere-folyamatban vesz részt, többek között gondoskodik a tápanyagok feloldásáról és felszívódásáról, szerepet játszik a vér összetételének, valamint a test hőmérsékletének szabályozásában, és a víz teszi lehetővé azt is, hogy a szervezetünkben felhalmozódó méreganyagok, emésztési és bomlási melléktermékek kiürüljenek.

A Földön a folyékony víz évmilliárdokkal ezelőtt jelent meg, amikor a kezdetben izzó bolygó megfelelően lehűlt, és a vízgőz a légkörből kicsapódva és sós csapadékként lehullva az alacsonyabb fekvésű mélyedésekben, medencékben összegyűlve létrehozta a folyókat és a tengereket.

A víz különleges anyag. A legtöbb anyag szilárd, folyékony, vagy légnemű állapotban lehet, a víz azonban egyszerre lehet mind a három halmazállapotban, például a tavaszi olvadáskor, amikor a folyóvizeken jégtáblák úsznak, és felettük páradús köd van.

A legtöbb anyag melegben kitágul, hidegben összehúzódik. A víz kivétel, +4°C-on a legsűrűbb, ilyenkor a legnagyobb a fajsúlya. Ezért télen a jég a tavak és folyók felszínén úszik, nem süllyed le a meder aljára, mert ha lesüllyedne, a vizekben nem alakulhatott volna ki élet.

Fontos tulajdonsága a víznek a magas felületi feszültség. Ez például abban mutatkozik meg, hogy ha egy poharat színültig megtöltünk vízzel, az nem csorog ki mindjárt, hanem a felszíne a pohár szélein felfelé domborodva a helyén marad. A felszínt alkotó vízmolekulák ugyanis rugalmas vékony – a milliméter milliomod részének megfelelő vastagságú – hártát alkotnak. Vannak könnyű vízi bogarak – például a molnárika – amelyek képesek a víz felszínén szaladgálni.

A víz hatékony oldószer. A molekulája villamos dipólus jellegű, van pozitív és negatív vége, és a megfelelő végével képes hozzátapadni a

vízben oldott ionokhoz, például a konyhasó (NaCl) ionjaihoz. Ezért a víz mindenféle biológiai anyagcsere-folyamatban részt vesz, még a növények fotoszintézisében is.

A víz szerepet játszik a geológiai, geofizikai folyamatokban is. Magas fajhője, olvadási hője és párolgási hője miatt jelentősen befolyásolja a bolygón a hőáramlási viszonyokat, ráadásul a kőzetekből ki tud oldani ásványi vegyületeket.

Fontos tulajdonsága a víznek, hogy megfagyáskor a térfogata jelentősen (kb. 9% mértékben) megnő, ezért a sziklák hasadékaiba kerülve télen szét tudja repeszteni a kőzeteket, és ezzel kulcsszerepet játszik az eróziós folyamatokban.

Ami pedig a vízgőzt illeti, ez igen jelentős üvegházhatású gáz, amelynek túlnyomó része a sztratoszféra alatt, a troposzférában, az alacsony légköri rétegekben helyezkedik el. Egyes becslések szerint a teljes légkör infravörös elnyelő képességének nagyobb részét – mintegy 60%-át – maga a vízgőz okozza.

A Földön található összes víz mennyisége 1400 millió köbkilométer körül becsülhető. Ennek túlnyomó részét a tengerek és a felszín alatti vizek képezik, amelyek állandó mozgásban, átalakulásban vannak. Még a földalatti talajrétegeket átitató, vagy jéggé fagyott, valamint a kőzetekben kristályvíz formájában megtalálható vizek is mozognak, és szerepet játszanak a víz körforgásában. A kéreg alatti magmába süllyedő kőzetek víztartalma miatt pedig vízgőz még a működő vulkánok által kibocsátott gázokban és gőzökben is jelen van.

A Föld összes folyójában és patakjában mindössze kb. 1200 köbkilométer víz található, ami a bolygó vízkészletének alig milliomod része. Ha ezt a víztömeget egyenletesen elosztanánk a Föld felszínén, csupán 2 milliméteres vízréteget kapnánk. Ennek ellenére a folyókból minden évben átlagosan 35.000 köbkilométer víz kerül a tengerekbe, vagyis a folyókban található víz évenként mintegy 30 alkalommal (10-12 naponként) kicserélődik és körbefordul.

Úgy látszik, szó szerint igaza van Hérakleitosznak, nem lehet kétszer belelépni ugyanabba a folyóba.

Érdeemes megjegyezni, hogy a Földön az élőlények (állatok és növények) szervezetében található vízmennyiség 1.100 köbkilométer körül van, csaknem annyi, mint a folyóvizekben.

A víz a Földön körforgást végez, amely főleg a tengerek, tavak és folyóvizek párolgásából, valamint csapadékképződésből és ennek elfolyásából áll. A párolgás intenzív folyamat. A napsütés hatására a szabad vízfelületekről – nagyrészt az óceánokból – átlagosan 2 percenként párolog el akkora vízmennyiség, amennyi a Balatonban van.

A légkör teljes nedvességtartalma 12 ezer köbkilométer körül becsülhető, ami nem éri el a Földön található összes víz százvezred részét sem. A légköri nedvesség nem csupán a felszíni vizek párolgásából táplálkozik. Ehhez hozzáadódik a sarkvidékeken és a magas hegyeken található jég és hó szublimációja, valamint a talajnedvesség kipárolgása is, továbbá az élőlények által „kilélegzett” nedvesség.

A légkör páratartalmából alakulnak ki a felhők. Ezek nagy részét a szél a szárazföldek felé tereli, és a hegyeknél, a felfelé való áramlás során lehűlve belőlük csapadék képződik. Ehhez azonban az szükséges, hogy a levegő nedvességtartalma elérje a telítési szintet, az ún. harmatpontot, amely szükséges a páráképződéshez. Minél hidegebb a levegő, annál kisebb nedvességtartalom is elegendő. Ez azt jelenti, hogy ha a vízgőzt tartalmazó levegő lehűl a harmatpontig, belőle a vízgőz vízcseppek formájában kicsapódik.

A kicsapódást elősegítik a levegőben található apró részecskék, ún. kondenzációs magok. A kicsi cseppek azután ütközések révén egyesülnek, egyre nagyobb és nehezebb cseppek alakulnak ki, és ezek végül eső formájában lehullanak.

A lehulló csapadék táplálja a felszíni vizeket, és ebből származik a felszín alá jutó talajvíz is. Ezek részt vesznek a bolygón a víz viszonylag gyors körforgásában. A vizek másik része azonban a földalatti üregekben vagy a felszínen található jégtakarókban és gleccserekben évezredekig, vagy évmillióikig időzik.

A párolgás a különböző földrajzi térségekben nagyon eltérő. Hűvösebb éghajlatú vidékeken a lehulló csapadékból patakok, folyók és tavak képződnek, míg a forró sivatagokban a ritkán előforduló heves záporok vize azonnal elpárolog, és felszíni vizek nem tudnak kialakulni, de a víz körforgása ebben a formában még itt is működik.

A víz nemcsak a természetben végez körforgást, hanem a testünk belsejében is, ahol gondoskodik a tápanyagok feloldásáról és felszívódásáról,



és fontos szerepet játszik a vér összetételének, valamint a test hőmérsékletének szabályozásában is.

A testünkben a víz körforgása nagyon intenzív. Egy felnőtt ember veséjén naponta legalább 180 liter víz halad keresztül, vagyis a testünk víztartalma sokszor körbefordul, miközben a vizeletben, székletben, verejtékben, valamint a kilélegzett levegővel naponta legalább kettő és fél liter víz távozik el, amelynek a rendszeres pótlása nélkül nem tudnánk életben maradni.

Ha egészségesek akarunk lenni, rendszeresen innunk kell, különben a testünk kiszárad és szomjan halunk. Nem mindegy azonban, hogy mit iszunk és mennyit.

Ha például szomjasak vagyunk, a bor nem oltja a szomjunkat, hiszen az alkohol lebontásához a szervezetünk mintegy 10-szeres vízmennyiséget használ fel, és ha a pohár bor, amit megiszunk, 10% alkohol tartalmú, akkor abban nagyjából annyi víz van, amennyi az alkohol feldolgozásához szükséges, így a szervezetünk egyetlen csepp többlet vízhez sem jut hozzá.

Az sem mindegy, hogy a víz, amit iszunk, milyen oldott anyagokat tartalmaz, hiszen ezek feldolgozása is igényel valamennyi vizet, és csak a maradék víz hasznosul más célra, például a szervezet méregtelenítésére.

Nagyvárosi ember számára a legtermészetesebb vízforrás a csapvíz. Ennek minőségében azonban sokan kételkednek, ezért szívesebben isznak ásványvizet. Csakhogy ennek is vannak hátrányai. Egy liter ásványvíz nagyjából annyiba kerül – az eldobandó műanyag palackkal együtt –, mint 100 liter csapvíz, és az ásványvizet valahogyan haza is kell cipelni, ami akkor is gondot okozhat, ha autóval járunk.

Egyes felmérések szerint éppen ilyen okok miatt a kizárólagos ásványvíz-fogyasztók kevesebb folyadékot isznak, mint a csapvizesek. Ez pedig főleg nyári melegben nagy baj. Problémát okozhat az ásványvizek oldott ásványianyag-tartalma is, főleg ha valaki ismételtén ugyanazt az ásványvíz márkát fogyasztja. Ásványi anyagokra természetesen a szervezetünknek szüksége van, ámde nagyon fontos ezek aránya is, mert előfordulhat, hogy egyes anyagok túlsúlyba kerülnek, míg másokból hiány lép fel.

Sok orvos és természetgyógyász javasolja, hogy ha kizárólag csak ásványvizet vagyunk hajlandók inni, legalább folyton váltogassuk az

ásványvíz márkákat, és időnként esetleg iktassunk be desztillált vizes „diétás” időszakokat is, hogy elősegítsük a nem kívánatos anyagok kiürülését a szervezetünkben.

Ami pedig a csapvizet illeti, Budapesten és általában Magyarországon a vezetékes víz minősége nemzetközi összehasonlításban is kiváló, a rendszeres ellenőrzése pedig ugyanolyan szigorú, mint az ásványvizek esetében, a gyakorisága pedig sokkal nagyobb, hiszen naponta történik a minőség ellenőrzése.

Ha mégis kétségeink lennének a csapvíz megbízhatóságával kapcsolatban, megtehetjük, hogy az ivásra szánt vizet fedél nélküli edényben felforraltjuk, mert ezzel az esetleg még benne lévő illó anyagok elpárolognak, a nehéz ásványi vegyületek pedig vízkő formájában kicsapódnak, bár ez a művelet általában felesleges.

Az utóbbi időben több tudományos fórumon szóvá tették a „pazarlást”, hogy ásványvíz minőségű vízben fürdünk, ilyenmel öblítjük le a WC-t, mossuk fel a konyha padlóját és öntözzük a kertjeinket. Ez persze igaz, azonban két párhuzamos minőségű vízvezeték hálózat kiépítése alighanem még többbe kerülne.

Ami a mélyfúrású kutakból és termálforrásokból származó gyógyvizeket illeti, ezek sok ásványi anyagot, továbbá radioaktív izotópokat is tartalmaznak, ezért a használatuk során óvatos önmérséklet javasolható. A gyógyvizek mérsékelt radioaktivitása bizonyos mértékig kifejezetten gyógyító hatású lehet. Pár évtizeddel ezelőtt még számos termálfürdő hirdette, hogy radioaktív gyógyvize jó hatású egyes krónikus betegségekre, főleg izületi és emésztőszervi panaszok esetén, és olykor még a vérkeringési és daganatos betegségek gyógyulását is elősegítheti.

Ezt támasztják alá a gyógyfürdők előterében elhelyezett háláadó tábláskák, amelyekben gyógyíthatatlannak hitt betegek és hozzátartozóik adnak hálát Istennek, az általa teremtetett gyógyvíznek és az értük közbenjáró szenteknek a csodálatos gyógyulásokért.

Érdeemes tudni, hogy a Föld szilárd kérgé alatt hatalmas radioaktív tevékenység zajlik, olyannyira, hogy a bolygónk belseje akár egyfajta hatalmas atomerőműnek is felfogható, amely folyamatosan ontja a hőenergiát, megolvasztva a kéreg alatti kőzeteket.

Minél mélyebbre fúrunk a föld alá, annál több radioaktív izotóppal kell számolni, az innen felhozott gyógyvíz vagy ásványvíz annál több izotópot tartalmaz.

Amióta az emberiség megismerkedett az atomenergiával, ismételten felmerül a kérdés, mennyire veszélyes a vízben és élelmiszerekben található, ki nem küszöbölhető radioaktív izotópoktól származó ionizáló sugárzás. A mérések azonban azt mutatják, hogy a testünket érő ionizáló sugárzás túlnyomó része a világűrből érkező kozmikus sugárzásból, valamint a talaj repedésein keresztül feltörő radon gáztól ered. Mivel pedig ezek erőssége különféle földrajzi területeken eltérő, különböző mértékű besugárzásnak lehetünk kitéve attól függően, hogy hol tartózkodunk.

A vizsgálatok azt is kimutatták, hogy az egészséghöz kifejezetten szükség van arra, hogy a szervezetünk kapjon bizonyos mértékű ionizáló sugárzást, és ezért az ásványvizekben található izotópoktól nem kell tartani, ámde akkor sem érdemes aggódni, ha kizárólag csapvizet iszunk. A gyógyhatású termálvizekben való lubickolás és ivókúrák esetén azonban érdemes figyelembe venni a fürdésre javasolt maximális időtartamot és az ivásra javasolt maximális mennyiséget.

Mivel a létfontosságú ivóvíz mennyisége nem éri el a Föld teljes vízkészletének egy százalékát sem, ezért az édesvíz készletek megóvása, az ezzel való takarékoskodás az emberiség jövőjének meghatározó tényezője lehet.

Magyarország ebből a szempontból szerencsés helyzetben van. A Kárpát-medence közepén helyezkedünk el, ami azt jelenti, hogy a Kárpátok vízválasztó gerincvonalán belül előbb-utóbb minden lehulló csapadék nálunk köt ki.

Ez hozta létre az igen jelentős felszín alatti vízkészleteinket, de ugyanakkor felveti a gyakori árvízveszély kockázatát is.

Fontos feladat lenne olyan vízgazdálkodási stratégia kialakítása és olyan víztároló rendszer megvalósítása, amely lehetővé tenné, hogy árvizek esetén ne kelljen a fölösleges víztől minél gyorsabban megszabadulni, hogy azután a nyári aszály idején vízhiánytól szenvedjünk, hanem lehetőség legyen minél nagyobb vízkészletek felhalmozására. A globális klímaváltozás miatt ugyanis előbb-utóbb a víz nagyobb érték lehet, mint az olaj.

## **A bioszféra önszabályozása**

A Földön a talajszint valamint a tengerszint felett és alatt elhelyezkedő rétegekben működik az organikus élet. Ez a régió a bioszféra, amely a tengerszinttől felfelé 8-10 km magasságig, a szárazföldeken több száz méter vagy akár több ezer méter mélységig, az óceánokban pedig a meder aljáig, sőt még az alá is terjed.

A bioszférában az élőlények és az élettelen természeti folyamatok között kölcsönhatások működnek, ezek jellemzője a szüntelen mozgás, változás, átalakulás, miközben a rendszer kulcsfontosságú jellemzői hosszú időn keresztül nagyfokú stabilitást mutatnak.

A viszonylagos stabilitás oka, hogy a természetben nagyon hatékony önszabályozó folyamatok – negatív visszacsatolások – működnek, amelyek az ellentétes hatások kiegyenlítése révén képesek biztosítani egyfajta kvázi stabil állapotot. Ez azonban nem mindig bizonyul tartósnak, ezért a Föld fejlődése során időnként megbomlik az egyensúly, globális katasztrófák lépnek fel, és ezek hatására a Földön az élővilág jelentős része már több alkalommal is elpusztult.

A természet az önszabályozás során az egyes élőlény egyedekhez kíméletlen módon viszonyul. Az ökológiai egyensúlyban ugyanis fontos szerepet játszik a táplálkozási lánc, ami azt jelenti, hogy az élőlények kölcsönösen megeszik egymást. Minden élőlény más élőlényekkel táplálkozik, és minden élőlény egyúttal tápláléka, prédája más élőlényeknek.

Hogy mi magunk is táplálék vagyunk, arról könnyen meggyőződhetünk, ha a fűben óvatlanul ráülünk egy hangyabolyra.

Az ökológiai szabályozó rendszerben tehát fontos szerepet játszik az, hogy mindegyik élőlény igyekszik táplálékot szerezni és igyekszik elkerülni, hogy önmaga is táplálékká váljon. Ennek a rendszernek az ember is szerves része. Az emberi civilizáció pedig úgy tudott kialakulni, hogy folyamatosan küzdeni kellett nemcsak a természettel, hanem egymással is a gyakran szűkös erőforrásokért.

Erdemes ezért különbséget tenni természetvédelem és környezetvédelem között. A környezetvédelem elsősorban azt jelenti, hogy az ember számára élhető feltételeket teremtünk, és ennek érdekében bizonyos mértékben átalakítjuk a természetes ökológiai rendet, például oly módon, hogy utakat, házakat építünk, bozótot, parlagfűvet irtunk, kellemes parkokat, sétányokat alakítunk ki, növényeket nemesítünk, állatokat házasítunk, feltörjük a parlagföldeket, és gabonát, zöldséget, gyümölcsöt termesztünk, vagyis tudatosan beavatkozunk a bioszféra működésébe.

Kérdés, hogy mennyire lehet reális a sokat emlegetett „fenntartható fejlődés”, vagy ha ez nem megy, akkor legalább a fenntartható stagnálás, amelynek során csak olyan mértékű beavatkozás engedhető meg, amely nem veszélyezteti az emberiség fennmaradását.

Más szóval: mekkora lehet az ember részéről még éppen megengedhető maximális beavatkozás, amelyet a bioszféra természetes önszabályozó mechanizmusa kompenzálni képes.

A bioszféra önszabályozó képessége nem a modern tudomány felfedezése. Sokkal korábban is felmerült a gondolat, hogy a Föld olyan lehet, mint egyfajta élőlény. Publikált ilyen elméletet még 1787-ben James Hutton geológus, 1913-ban Lawrence Henderson biofiziológus, és 1926-ban Vladimir Vernadsky biokémikus.

Természtudományos alapossággal azonban ilyen elméletet csak James Ephraim Lovelock professzor dolgozott ki csaknem fél évszázaddal ezelőtt.

Nevezett kémikus és biofizikus tudós még az 1960-as években a NASA megbízásából Pasadenában, a Jet Propulsion Laboratory-ban a marsi élet lehetőségeit kutatta, és ennek során ismerte fel a kapcsolatot egy bolygó légkörének összetétele, valamint a bolygón lehetséges biológiai élet között. Ezt követően Lovelock az 1970-es években a Massac-

husetts Egyetemen dolgozta ki a bioszféra önszabályozására vonatkozó elméletét, amelynek a GAIA elmélet nevet adta, és amely szerint a bioszféra úgy működik, mint egy élő organizmus, amelyben a földi élet és az atmoszféra kölcsönösen szabályozzák egymást, és az önszabályozó rendszer célja az élet fenntartása.

Maga a GAIA megnevezés az ógörög mitológiából ered, igen találó és nagyon szuggesztív, nem csoda, hogy a zöld mozgalmakban hamar népszerűvé vált. GAIA volt ugyanis a Föld istenasszonya, Uránosz Ég-isten felesége, gyermekeik pedig a százkezű óriások, az egyszemű küklopszok, az Olimposz isteneivel hadakozó kígyólábú gigászok, és a titánok, közöttük Krónosz, az idők ura, aki felfalta gyermekeit, kivéve Zeusz, aki később főistenné lépett elő.

Ezek a mitológiai történetek jól szimbolizálják az egymással ellentétes természeti erők küzdelmét, a természet szakadatlan változását, dinamikus jellegét.

Lovelock elmélete szerint a bioszférában az élőlények és a természet erőforrásai közötti kölcsönhatások jól működő önszabályozó és környezet alakító rendszert képeznek, amelyben az élőlények nemcsak élvezik a kedvező természeti feltételeket, hanem azokat befolyásolják, alakítják, és a kedvező állapotot igyekeznek stabilizálni, tartósan fenntartani. Lovelock szerint a földi bioszféra ahhoz hasonlóan működik és viselkedik, mint egy élőlény szervezete, mint például az emberi test, amely többmilliárd sejtől épül fel.

A testben mindegyik sejt önmagában is egy-egy élőlény, hiszen ha egy sejtet kiemelünk a helyéről, az képes lehet megfelelő tápoldatban tovább élni, akár szaporodni is. A sejtek mellett sokmillió további élőlény él szimbiózisban az emberrel. Ilyenek a bélflórát alkotó baktériumok is, amelyek nélkül nem tudnánk megemészteni a táplálékot.

Az emberi testben bonyolult önszabályozó mechanizmusok működnek, amelyek optimális szinten tartják a testhőmérsékletet, a vércukorszintet, a testnedvek pH értékét, a sejteken belüli nátrium, kálium, kalcium, foszfor ionkoncentrációt és számos egyéb kulcsparamétert, mert ezek nélkül az ember nem lenne életképes.

A szabályozó rendszer megfelelő működtetése érdekében pedig a testünket alkotó sokmilliárd sejt, valamint a szimbiózisban résztvevő mikroorganizmusok hatékony együttműködése szükséges.

Az ember életképességéhez azonban nemcsak belső szabályozásokra van szükség, hanem megfelelő külső feltételekre is, ezért az ember a környezetét céltudatosan alakítja, ruhát, fegyvereket, járműveket készít és házakat épít.

Az elméletet alátámasztja, hogy a Földön az élet több mint három milliárd évvel ezelőtt alakult ki, az utóbbi több száz millió évben pedig a klíma meglepően stabil volt, annak ellenére, hogy a Földet hatalmas globális katasztrófák érték. Előfordult, hogy hosszú ideig olyan erős kozmikus sugárzás érte a bolygót, amelyhez hasonlót mesterségesen csak úgy lehetne előidézni, ha az atomhatalmak a nukleáris bombáikat egyszerre robbantanák fel.

Máskor pedig a napsugárzás több millió évig 30%-kal gyengébb volt, mint manapság, azonban az átlagos felszíni hőmérséklet alig változott, mivel a csökkenő besugárzást az üvegház effektus felerősödése, valamint a talaj optikai tulajdonságainak megváltozása kompenzálta. Az is előfordult, hogy az ózonréteg hosszú időre csaknem teljesen eltűnt, ámde a bioszféra ezt is túlélte.

Lovelock az elméletét a „Százszorszépek világa” (Daisyworld) modellel szemléltette, amelynek alapja egy olyan bolygó, amelyen fekete és fehér virágú százszorszépek tenyésznek. A fekete virágok a napfény jelentős részét elnyelik, a fehérek pedig annak nagy részét visszaverik a világűr felé.

Ha akár a napsugárzás intenzitása, akár a légkör fényáteresztő képessége megváltozik, meg fog változni a fekete és fehér százszorszép populációk aránya is. Ha például a talajt kevesebb besugárzás éri, a fehér virágok kevesebb energiát nyelnek el és kevésbé szaporodnak, miközben a lecsökkent besugárzást még jól hasznosító fekete virágok egyre nagyobb területeken fognak virítani, ezért a felszín fényenergia elnyelő képessége megnövekszik, a talaj és a légkör melegezni fog, vagyis a rendszer visszaszabályozza önmagát. A besugárzás erősödése esetén pedig a folyamat fordítottja fog működni.

A valóságban persze az önszabályozó folyamatban nagyon sok állat és növényfaj játszik szerepet, és folyamatosan változik a növények és állatok aránya, és ezeken belül az állat- és növényfajok aránya is.

Lovelock szerint a klíma szabályozásában nem a nagytestű állatok és növények, hanem a mikroélőlények, baktériumok, penészgombák, moszatok, kék és zöld algák, korallok játsszák a főszerepet.

A Föld története során például az óceánok mélyén a sok milliárd elpusztult korall mészkővázából több kilométer magas és több ezer kilométer hosszú zátonyok épültek fel, és ezek olyan hatalmas terhelést képeznek az óceánok alatti vékony földkérgen, hogy képesek lehetnek befolyásolni a tengeráramlatokat és a lemeztektonikai folyamatokat, a földrengéseket, a vulkán kitöréseket, sőt akár még a kontinensek vándorlását is.

A mikroélőlény-tömegek önpusztító tevékenysége képes megváltoztatni az üvegházhatást, sőt a talajszintet elérő ultraibolya sugárzás erősségét is a tengerek és az atmoszféra közötti gázcseré befolyásolásával, amelynek során megváltozik többek között az atmoszféra metán, halogén, szénhidrogén és ózon tartalma.

Lovelock szerint lehet, hogy több milliárd évvel ezelőtt véletlenül jöttek létre a kedvező környezeti feltételek, azonban az organikus élet kialakulása már nem lehet véletlen. A rendszeres szupernóva robbanások miatt a csillagközi és bolygóközi térben lebegő porfelhőkben minden lehetséges kémiai elem előfordul, a csillagok közelében fellépő hatalmas intenzitású ionizáló sugárzás miatt ezekből folyamatosan képződnek a szerves és szervesetlen molekulák.

A világegyetem tehát ontja magából az élet építőköveit, és ha ezek olyan bolygóra kerülnek, ahol a megfelelő klímaviszonyok megvannak, az élet létrejön. Ha pedig az élet létrejött, az élőlények olyan rendszert alkotnak, amelyek szabályozni képesek a környezeti feltételeket, hogy az élet fennmaradjon.

Ebben a szabályozási folyamatban jelentős szerepet kap a természetes kiválasztódás, amely egyre újabb élőlényfajokat hoz létre, miközben a bioszféra stabilitásának megőrzése érdekében egyes élőlények tömegesen elpusztulnak, akár csak az emberi szervezetben, ahol egy veszélyes fertőzés elhárítása az önmagukat feláldozó fehérvérsejtek tömeges pusztulása árán lehetséges. Ugyanakkor a bioszférában is létrejöhet „rákos daganat”, valamely élőlényfaj gátlástalan elszaporodása, amely az önszabályozó mechanizmusok megzavarásával bajba sodorhatja a bioszférát. A bioszféra pedig ilyenkor a veszélyes populáció megsemmisítésére mozgósítja az erőforrásait.

Az emberiség csupán egyike a bioszférát alkotó számtalan élőlényfajnak, és hasznos tényezője lehet az önszabályozó rendszernek, de be-



töltheti a nemkívánatos rákos daganat szerepét is, és akkor a bioszféra az erőforrásait az emberiség felszámolására fogja mozgósítani.

Lovelock az elméletét több könyvben, számos publikációban és előadásban fejtette ki. A legfontosabb könyvei a következők:

*GAIA, A New Look at Life on Earth* (1979, 1982, 1987)

*Gaia: Medicine for an Ailing Planet* (1991)

*The Ages of Gaia: A Biography of Our Living Earth* (1988, 1995)

*Homage to Gaia: The Life of an Independent Scientist* (2000, 2001)

*The Revenge of Gaia: Why the Earth Is Fighting Back* (2006, 2007)

*The Vanishing Face of Gaia, A final warning* (2009)

Ezek közül különösen érdekes a legutóbbi, amelyben kiábrándító megállapításokat tesz a nagyvárosi környezetvédő mozgalmakról, amelyek nagyobb fenyegetést jelentenek az emberiségre, mintha nem tennének semmit.

Ez azonban nem jelenti a GAIA-elmélet feladását, hanem azt, hogy az emberiség a „zöld” mozgalmak hatékony közreműködésével tette tönkre a bioszféra önszabályozását, és ebben a káros folyamatban jelentős negatív szerepet játszott a Nobel-békedíjjal kitüntetett Kormányközi Éghajlat-változási Bizottság (IPCC=Intergovernmental Panel on Climate Change) is, amely a politikusok és gazdasági érdekcsoportok tudománytalan nézeteit népszerűsíti.

Lovelock szerint a zöld mozgalmak főleg a nagyvárosokban szerveződtek, ezért az aktivistáik csak a természetfilmekből ismerik a természetet, úgy, ahogyan a valóságot a forgatókönyvírók és operatőrök megszűrlik és eltorzítják. Lovelock végső következtetése az, hogy a bolygó felmelegedése akkor sem kerülhető el, ha csökkentjük a CO<sub>2</sub> kibocsátást, mivel abba bármikor beleszólhat a napfolttevékenység változása, a vulkanikus aktivitás, vagy bármely váratlan természeti esemény. A legnagyobb veszély pedig nem a felmelegedés, hanem a túlnépesedés, továbbá az erőforrások kimerülése, amelyek várható következménye az éhezés, valamint a pusztító háborúk az erőforrásokért és a lakható területekért.

Lovelock szerint a melegedés során pozitív visszacsatolás alakulhat ki, amelynek fontos tényezői a fényvisszaverő jég és hótakarók csökkenése, a hőelnyelő vízfelületek növekedése, valamint a karbonfaló algák

pusztulása az óceánokban, továbbá a szibériai hómezők alatt felhalmozódott metán kikerülése a légkörbe.

Mindezek megfékezése pedig nem lehetséges úgy, hogy mostantól kezdve hagyjuk a természetet „magától” működni, mert ha nem teszünk semmit, ha kizárjuk a lehetőségek közül a jó irányú aktív beavatkozást a természet működésébe, akkor a klímaváltozás során drámai mértékben fog csökkenni a Föld eltartó képessége.

Lovelock becslése szerint a Föld népessége először majd kb. kilenc milliárdra nő, utána a helyzet romlását csak pár száz millió ember fogja túlélni, főleg a sarkvidékek környékén. Ők talán megtanulják a high-tech felhasználásával az energiatakarékos életmódot, valamint a szintetikus élelmiszerek előállítását szén-dioxidból, nitrogénből, vízből, és ásványokból.

De még ha sikerül is mérsékelni a klímaváltozást, a túlnépesedés és a fogyatkozó erőforrások miatt mindenképpen át kell majd térni egy puritánabb életmódra, amikor már mindenki örülni fog annak, hogy egyáltalán van mit enni, van fedél a feje felett, és van ruhája.

Lovelock szerint az atomenergia az egyetlen komoly remény a CO<sub>2</sub> kibocsátás megfékezésére és a klímaváltozás mérséklésére, mivel ez ma a legmegbízhatóbb energiaforrás, amelynek ellenpropagandája tudománytalan hazugságokra épül. Az ún. megújuló energiákkal pedig szinte foglalkozni sem érdemes, mivel az ezek iránti lelkesedést nem a racionalitás, hanem az ideológiai alapon osztogatott támogatási rendszer táplálja.

Lovelock károsnak tartja a „megújuló” energiák hatalmas területigényét, amelyek erőltetésével oda juthatunk, hogy a földek nagy részét szélerőművek, bioüzemanyag-gyárak, biogáz-generátorok lepik el, pedig a talajnak inkább az élelmiszer-termelést, valamint az elviselhető éghajlat fenntartását kellene szolgálnia a felszín fényelnyelő képességének optimális szinten tartásával.

Ráadásul a „zöld” energiához szükséges eszközök, berendezések előállítása, majd a tönkremenésük után a hátra maradt veszélyes hulladékuk ártalmatlanítása hatalmas ráfordításokkal és természeti erőforrás felhasználásával jár, ezért a teljes élettartamukra vonatkoztatott CO<sub>2</sub>-kibocsátás is nagyon jelentős.

A legkisebb területen pedig legtöbb energiát nukleáris erőművel lehet termelni, és nem lehet probléma a veszélyes hulladék sem, mert egy

1000 megawattos erőmű éves nukleáris hulladéka olyan csekély, hogy az elférne akár egy közepes méretű autóban. Ami pedig az egészségi ártalmakat illeti, a vegyipar sokkal veszélyesebb, mint a nukleáris erőművek, hiszen az áldozatok száma nagyságrendekkel nagyobb.

Ha a bioszféra tényleg ilyen hatékonyan működik, felvethető a kérdés, hogy a Föld mennyire tekinthető speciális kivételnek. A GAIA elméletből ugyanis logikusan adódik a következtetés, hogy az élet az univerzumban számtalan egyéb bolygón is kialakulhat.

Mint tudjuk, naprendszerünk a Tejútrendszernek nevezett galaxisban helyezkedik el, amely mintegy százmilliárd csillagból áll, és az átmérője százezer fényév körül van. Bár ennek a hatalmas tartománynak csak csekély töredékét térképezték fel a csillagászok, de már ebben a pár száz fényévnyi régióban is több száz bolygót sikerült felfedezni.

A miénkhez hasonló galaxisok száma pedig az univerzumban százmilliárdos nagyságrendű. A fizikai Nobel-díjas Leon Ledermann professzor szerint mi egy átlagos galaxis átlagos csillagának átlagos bolygóján élünk, és a világegyetemben még sok milliárd hozzánk hasonló bolygó létezhet.

Felvethető az is, hogy a földi bioszférához hasonlóan működik-e valamiféle önszabályozás galaktikus, sőt kozmikus univerzális szinten is, amely törvényszerűen létrehoz olyan bolygókat, amelyekben kialakul az élet.

Az ötlet nem új, a kérdés ilyen felvetése nagyon régen felmerült. William Paley (1743-1805) angol filozófus például a „Natural Theology” című könyvében vetette fel, hogy a természet folyamatait szabályozó, állatokból, növényekből és éghajlati jelenségekből álló rendszer harmonikus működéséből intelligens tervező létezésére lehet következtetni.

Az ötlet modern változata az ún. antropikus elv, amely szerint az univerzum „úgy van megkonstruálva”, hogy létezessen benne értelmes lény, aki megfigyeli. Ezen elv különféle változatait dolgozta ki és publikálta többek között B. Carter, R. Dicke, J. D. Barrow, F. J. Tipler, B. J. Carr, M. J. Rees.

A kérdés összefügg a természet működését meghatározó alapvető paraméterek, azaz természeti állandók számszerű értékével, amelyek biz-

tosítják, hogy a fizikai, kémiai, biológiai folyamatok mindig mindenütt ugyanolyan törvényszerűségek szerint működjenek.

Természeti állandóra példa lehet a fénysebesség, az elektron töltése és tömege, a gravitációs állandó, a Planck-állandó, a Boltzmann-állandó stb.

Felvethető a kérdés, hogy hány független állandó létezik a természetben, amelyeket a többi állandóból már nem lehet levezetni. Prof. dr. John C. Baez (University of California) szerint a független állandók száma 26.

Felvethető az a kérdés is, hogy miért éppen akkorák a természeti állandók, amekkorák. Ez azért fontos, mert bármelyik állandó csekély megváltozása megváltoztatná a világ működését, olyannyira, hogy például a csillagok nem tudnának sugározni, mert bennük nem működne termonukleáris reakció, vagy az atomok nem tudnának szerves molekulákat alkotni, sőt esetleg nem is létezhetnének atomok, mert az elektronok nem tudnának az atommagok körül stabil pályákat kialakítani, stb.

Hogy a világ olyan, amilyen, az a természeti állandók precíz összehangolásának köszönhető. Az egyik legfontosabb állandó, a finomszerkezeti állandó például olyan pontosan van beállítva az élet szempontjából optimális értékre, mintha a Holdon elhelyezett pénzérme közepébe találnánk puskával a Földről.

A természeti állandók finomhangolásának következménye az is, hogy a víz +4°C-os állapotában a legsűrűbb, és ezért a jég nem süllyed a víz fenekére, hanem a tetején úszik, egyébként a folyókban, tavakban és tengerekben nem alakulhatott volna ki élet.

A modern kozmológiai elméletek szerint az univerzum 13,7 milliárd évvel ezelőtt keletkezett az ősrobbanással, amely létrehozta a teret, az időt, az anyagot, az energiát és a természeti állandókat.

Ha az ősrobbanás pillanatában a 26 független paraméter mindegyike „véletlenül” állt be ilyen pontosan az optimális értékre, akkor ennek a véletlennek a valószínűsége kb. 0,000...001 nagyságrendű, ahol a tizedesvessző utáni nullák száma legalább 100.

Összehasonlításképpen: 90 darab szám esetén a lottó ötös telitalálat valószínűsége kb. 0,000 000 023.

Az antropikus elméleteknek több változata létezik.

A „gyenge” antropikus elméletek különféle változatai szerint ősrobbanások sorozata zajlik le, emiatt számtalan világegyetem keletkezik, és

ezekben véletlenszerűen alakulnak ki a természeti állandók. Mi pedig éppen egy olyan világegyetemben élünk, ahol összejöttek a megfelelő paraméter kombinációk, egyébként nem is volna lehetőségünk létezni és ilyen elméleteken töprengeni. Úgy is mondhatjuk, hogy a világban egyfajta kozmológiai darwinizmus működik.

Az „erős” antropikus elméletek szerint viszont létezik az Univerzumban egyfajta magasabb rendű intelligencia, és ez alakította ki a természeti állandók tökéletes finomhangolását.

Hogy akár a GAIA-elmélet, akár az antropikus elv mennyire megalapozott, az persze vitatható, azonban a „zöld” energiákkal kapcsolatos gyakran kiábrándító tapasztalatok alapján Lovelock professzor számos megállapítását érdemes lehet nagyon komolyan venni.

## Éghajlatváltozások

Amióta a Föld létezik, az éghajlat folyamatosan változik. Az utóbbi 5 millió évben például nagyjából 100 ezer éves ciklusokban váltogatják egymást a jégkorszakok és a meleg korszakok. Ezt megelőzően pedig előfordultak olyan szélsőséges állapotok is, amelyeket joggal nevezhetünk igazi globális katasztrófának, hiszen élőlényfajok tömeges kipusztulását okozták, megváltoztatva az evolúció menetét.

Az éghajlat jelenleg is változik, minden jel szerint melegedik. Hogy miért, az vita tárgyát képezi a környezetvédők, meteorológusok, geofizikusok, más szakemberek és nem szakemberek között.

Vannak, akik szerint a melegedést az emberiség szén-dioxid-kibocsátása okozza, míg mások szerint főleg természetes folyamatokról van szó. Lehet, hogy az igazság valahol a kettő között keresendő, ezért érdemes tisztázni, milyen szerepe lehet az emberiségnek az éghajlat megváltozásában.

Egy földrajzi térség mikroklímáját alapvetően meghatározza a felszín közelében mérhető hőmérséklet átlagos értéke, valamint annak napi és évszakonkénti ingadozása. A levegő hőmérséklete pedig attól függ, hogy a föld felszínére milyen mennyiségű napsugárzás jut, a talaj mekkora hatásfokkal nyeli el a napsugárzás energiáját és melegíti fel a levegőt.

Nem mindegy azonban, hogy egy adott helyen mekkora a hőmérséklet átlag körüli ingadozása. Ha például valahol az éves hőmérsékleti

átlag mondjuk  $+15^{\circ}\text{C}$ , akkor az úgy is kialakulhat, hogy nyáron átlag  $20^{\circ}\text{C}$  van, télen pedig átlag  $10^{\circ}\text{C}$ , de ugyanez az átlag úgy is létrejöhet, hogy nyáron plusz  $50^{\circ}\text{C}$  van, télen pedig mínusz  $20^{\circ}\text{C}$ .

Értelmezhető a hőmérséklet átlagos értéke globális szinten is, azonban ilyenkor sem mindegy, hogy bolygónk átlagos felszíni hőmérsékletéhez milyen időbeli és területi eloszlás tartozik.

A lokális és globális hőmérsékleti értékeket elsősorban az alábbi tényezők határozzák meg:

- A Föld forgási és keringési paraméterei.
- A Nap ingadozó sugárzási teljesítménye.
- A földfelszín átlagos fényvisszaverő képessége, vagyis az ún. „albedo” értéke.
- Az egész bolygóra értelmezett planetáris albedo érték.
- A felhőképződés, amely földön kívüli tényezőktől is függ.
- Az uralkodó széljárások gyakorisága, iránya, térbeli és időbeli megoszlása.
- Az atmoszféra optikai transzmissziós tényezője a napsugárzásnak megfelelő  $6000^{\circ}\text{C}$  körüli színhőmérsékleten.
- Az atmoszféra transzmissziós tényezője a Föld felszínéről kibocsátott mintegy  $290\text{ K}$  körüli színhőmérsékleten, más szóval az „üvegház” erőssége.
- Az emberiség beavatkozása a klímaegyensúlyba.

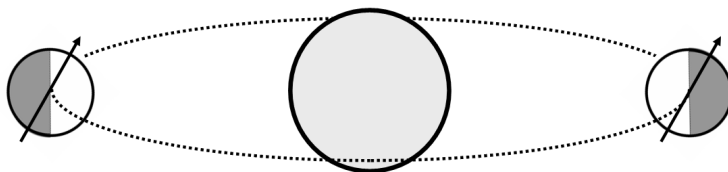
## ***A Föld forgási és keringési paraméterei***

A Föld mozgása a világűrben jelentős mértékben meghatározza a Naptól a bolygóra besugárzott összes energia mennyiségét, valamint annak térbeli és időbeli eloszlását.

Nagyrészt ettől függ az átlagos éves felszíni hőmérséklet, valamint az évszakok ciklikus változása, amely az északi és a déli féltekén „ellenfázisú” időeltolással zajlik.

Ez utóbbi annak a szerencsés körülménynek köszönhető, hogy a Föld forgástengelye a keringési pályasíkra merőleges irányhoz képest kb.  $23,5$  fokkal elhajlik, és ezt a hajlásszöget a bolygónk körül keringő Hold nagymértékben stabilizálja.

A keringési pályát vázlatosan az ábra szemlélteti. A méretarányok persze nem valóságosak, hiszen a Nap átmérője kb. 109-szer nagyobb, mint a Föld átmérője, a Nap és a Föld közötti átlagos távolság pedig kb. 107-szer nagyobb, mint a Nap átmérője.



Az ábrából látszik, hogy a Föld forgási tengelyének elhajlása miatt néha az északi, máskor pedig a déli félteke kap több napfényt, ez okozza az évszakok váltakozását és azt is, hogy nyáron hosszúak a nappalok és meleg van, télen pedig hideg van és a nappalok rövidek.

A Föld keringési pályája nem teljesen kör alakú, hanem kissé elnyúlt ellipszis, ezért a Föld-Nap távolság az átlag körül kb.  $\pm 3\%$  körüli mértékben ingadozik. Bármennyire meglepő, a Föld akkor van legtávolabb a Naptól, amikor nálunk, Európában éppen nyár van.

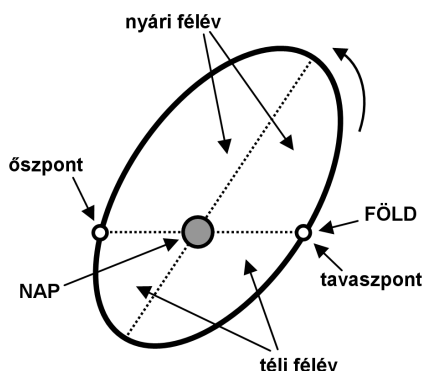
Bár a Föld a forgási tengelyének dőlésszögét viszonylag stabilan tartja, ez nem jelenti azt, hogy az mindig teljesen változatlan. Bolygónk hasonlóan viselkedik, mint egy pörgettyű, vagy mint egy bűgőcsiga. Ha az asztalon a pörgettyűt megforgatjuk, eleinte stabilan tartja a függőleges helyzetét, de amikor lassulni kezd, egyre jobban kezd imbolyogni, miközben a dőlés mértéke ingadozik, és a forgástengely egy képzeletbeli kúp palástján vándorol.

Hasonló történik a Földdel is. Változik a forgástengely dőlésszöge és az iránya is, miközben a forgása lassul. Ebben szerepet játszik az is, hogy a Föld lassan távolodik a Földtől, és emiatt a stabilizáló hatása csökken. A folyamat lassú, csak évszázadok, sőt évezredek alatt válik a hatás mérhetővé az éghajlatra, azonban az emberiséget arra kényszeríti, hogy időnként beiktasson egy-egy naptárreformot.

Ráadásul a „tavaszpont” helyzete is változik, és emiatt a tavaszi napéjegyenlőség idején (március 21-22.) a Nap látszólagos helyzete a csillagképekhez viszonyítva vándorol.

A keringési pályaadatok elrendeződését „felülnézetben” a következő ábra szemlélteti:





A keringési pálya paramétereinek változásai jelentősen befolyásolják az éghajlatot, a bolygónkra jutó napsugárzás eloszlását az északi és a déli félteke között, valamint a különféle szélességi körök között is, továbbá hatással vannak annak időbeli eloszlására is.

Milutin Milankovics elmélete szerint a csillagászati eredetű klímaszabályozás három összetevője a következő:

1. A Föld forgástengelyének hajlásszöge, amely 41 ezer éves periódussal ingadozik kb.  $21,5^\circ$  és  $24,5^\circ$  között. Minél nagyobb a hajlásszög, annál szélsőségesebbek az évszakok mindkét félgömbön, miközben a sarkkörök a sarkoktól távolodnak.

2. A keringési pálya alakja – amely százezer éves periódussal változik – néha megnyúlt ellipszis, máskor csaknem kör alakú.

3. A precesszió, vagyis a földtengely irányának ciklikus megváltozása a Nap és a Hold hatására, 23.000 éves periódusidővel. Ez határozza meg, hogy az északi és a déli féltekén a nyár a földpálya napközeli vagy nap távoli pontjára esik-e.

Milankovics szerint a három tényező együttes hatása miatt az Északi sark közelében a nyári napsugárzás mennyisége akár 20%-kal is megváltozhat, ez okozhatja a jégmezők előrenyomulását.

Milankovics elméletét Bacsák György, a földtani tudományok doktora (1870-1970) pontosította és fejlesztette tovább. Szerinte a jégkorszakok kialakulásának a feltétele, ha hosszú hűvös nyarak és rövid, enyhe csapadékos telek követik egymást, mert ilyenkor történik a hó felhalmozódása és a jegesedés a sarkvidékek közelében, ami tovább fokoz-

za a lehűlést, mivel a hó és a jég visszaveri a melegítő napsugarakat. A jégtakarók visszahúzóódását pedig a hideg száraz telek és a forró száraz nyarak eredményezik.

Bacsák György szerint a Föld forgástengelye és a keringési pályasík (ekliptika) által bezárt szög 40.000 éves periódussal ingadozik, az ellipszis alakú pálya kistengelyének és nagytengelyének aránya 92.000 éves periódussal mutat ingadozást, a keringési pálya nagytengelyének iránya pedig 110.000 év ciklusidővel fordul körbe. Ezek szuperponált hatása befolyásolja azután a Földre jutó napenergia térbeli és időbeli elosztását, és idézi elő a jégkorszakok és felmelegedési korszakok ciklikus változását.

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.

## *A napsugárzás erőssége*

Az éghajlatot befolyásoló csillagászati tényezők közé tartozik még a Nap ingadozó sugárzási teljesítménye és az is, ahogyan a Naprendszerünk vándorol a Tejútrendszerben, amely egy kb. 100 ezer fényév átmérőjű spirál-galaxis, amelyben a Nap most éppen egy kis spirálkar közelében helyezkedik el, elég távol a központi hatalmas fekete lyuktól, és elég távol a perifériától is.

Ez azért jó, mert kicsi körülöttünk a csillagsűrűség, és így kicsi az ütközés kockázata, miközben azért kapunk a „központból” még annyi kozmikus sugárzást, amennyi az evolúciót mozgató spontán mutációkhoz szükséges, de mégsem olyan sokat, hogy az képes legyen elpusztítani a földi életet.

A naprendszerünk időnként csillagközi porfelhőkön halad keresztül, ilyenkor a Földet érő napsugárzás akár évmilliókig erősen legyengülhet. Egyes kutatók szerint talán ez lehetett az oka annak is, hogy mintegy 800 millió évvel ezelőtt a Föld csaknem az Egyenlítőig eljegesedett.

Egy másik elmélet szerint az ok inkább óriási vulkanikus aktivitás lehetett, amelynek során az Egyenlítő környékén egy hatalmas bazaltki-

ömlés miatt nagy területen mállékony felület alakult ki, ez megkötötte a légköri szén-dioxid jelentős részét, és emiatt az üvegház katasztrofális mértékben meggyengült.

A „hólabda-Föld” egyik legfontosabb bizonyítéka egyébként az, hogy a nyolcszázmillió éves afrikai kőzetekben olyan oxigénizotóp-összetételeket találtak, amelyek semmi máshoz nem köthetők, mint a gleccserjéggel való kölcsönhatáshoz. A gleccserjég ugyanis nagyon kevés nehéz oxigénizotópot tartalmaz, viszont erőteljesen dúsul könnyű izotópban.

## *Albedo*

Ha egy forró nyári napon a pesti körúton sétálunk, és érezzük, hogy nagyon melegünk van, kirándulhatunk a budai hegyekbe, ahol szerencsés esetben akár 4-5°C-kal is hűvösebb lehet. A különbség attól függ, hogy a felszín a reá jutó napsugárzás mekkora hányadát nyeli el, és mekkora hányadát veri vissza a világűr felé. Ez utóbbi mérőszáma az albedo. Más szóval: az „albedo” a felszín reflexiós képessége az elektromágneses spektrum optikai (ultraibolya plusz látható fény plusz infravörös) tartományában.

Értelmezhető a planetáris albedo fogalma is, amely azt mutatja, hogy az egész bolygóra beeső összes napsugárzás hány százaléka verődik, illetve szóródik vissza a világűr felé.

A planetáris albedo értéke 30% körül becsülhető, és nem azonos a talajszinten mérhető albedo értékek átlagával.

Az eltérés egyik oka, hogy a légkörben felhők is vannak, és ezek a besugárzás egy részét visszaverik, még mielőtt az a talajszintet elérhetné. A másik ok az, hogy az atmoszféra hullámhosszfüggő szűrő hatása miatt a talajszintre jutó besugárzás spektrális teljesítmény-eloszlása eltér a napsugárzás eredeti spektrumától.

Néhány felszíni albedo hozzávetőleges értéke a következő:

- vízfelület      5 – 10 %
- erdő            10 – 15 %
- szántóföld    15 – 30 %
- hómező        50 – 95 %
- köd, felhő     40 – 80 %

A felszíni albedo óriási mértékben befolyásolja mind lokális, mind pedig globális szinten az éghajlatot. Pedig az emberiség ebbe igen nagy mértékben avatkozik bele már évezredek óta.

A mezőgazdasági tevékenység jelentősen megváltoztatja a felszíni albedo értékét. Azzal, hogy szűz földeket törünk fel, szántunk, vetünk, aratunk, szőlőt, gyümölcsfákat telepítünk, konyhakerti növényeket termesztünk, nagyobb mértékben avatkozunk bele az éghajlat működésébe, mint az ipari tevékenység. Ha pedig „természetvédelmi” indokból erdők, mezők helyére energiafű- és bioüzemanyag-ültetvényeket telepítünk, ezzel csak tovább fokozzuk a mesterséges beavatkozást a természet működésébe.

A felszíni albedo értékét jelentősen befolyásolja az egyre több út és épület is, mivel a felszín hőelnyelő képessége megnő, fényvisszaverő képessége csökken, ami növeli a felszíni hőmérsékletet.

A természet persze igyekszik visszaszerezni az ember által elrabolt területeket, például úgy, hogy ha valahol abbahagyjuk a mezőgazdasági tevékenységet, vagy magára hagyjuk a romba dőlt épületeket és tönkrement utakat, ott hamarosan megindul az erózió, és megjelenik a parlagfű, vagy más olyan növény, amelyet a mezőgazdasági kultúrához szokott ember a gyomnövények közé sorol.

Pedig éppen ezek lennének a „természetes” növények, és nem a fajtanemesítésnek nevezett lassú génmódosítással létrehozott kényes „haszonnövények”, amelyek rendszeres emberi gondozás, beavatkozás nélkül nem is lennének képesek „természetes” módon fennmaradni.

## ***Felhőképződés***

A felhők hatalmas fehér fényvisszaverő felületeket képeznek, amelyek visszaverik a napsugárzás jelentős részét a világűr felé, még mielőtt azok elérhetnék a felszínt. A felhőképződés intenzitása függ a levegő hőmérsékletétől és annak relatív nedvességtartalmától. Minél melegebb a levegő, annál több vízgőzt képes elnyelni, magába fogadni anélkül, hogy az apró vízcseppek, azaz pára formájában kicsapódna.

Felszálló levegő gyakorlatilag adiabatikus állapotváltozáson megy keresztül, vagyis kitágul, a sűrűsége csökken, és közben le is hűl, ezért vízgőz elnyelő képessége is csökken, ami azt jelenti, hogy a tényleges

gőztartalom százalékos aránya a kicsapódási határértékhez képest relatíve növekszik, és amikor eléri a 100% körüli értéket, megkezdődik a köd-, illetve felhőképződés.

Hogy ez mikor indul meg, milyen gyorsan alakul ki, azt azonban már földön kívüli hatások is befolyásolják. A távoli csillagrendszerekből érkező nagy energiájú töltött részecskékből álló kozmikus sugárzás ugyanis képes még a troposzféra szintjén is ionizálni a levegőt, az ionok fokozott jelenléte pedig elősegíti a köd- és felhőképződést.

Amikor azonban a Nap elektromágneses aktivitása (általában 11 éves ciklusidővel) fokozódik, ez eltéríti a Föld közeléből a nagy energiájú töltött részecskék jelentős részét, és fékezi a felhőképződést. Emiatt a ciklikusan ismétlődő napfolttevékenység is hatással van az időjárás alakulására.

## ***Széljárások***

Hiába van valahol vakító napsütés, amely magas fényenergia elnyelő képességű (alacsony albedo szintű) talajra sugárzódik, ha egy heves sarki eredetű szélvihar kisöpri a meleg levegőt, és a helyére akár 10-15°C-kal hidegebb szél áramlik. A gyakori, tipikus széljárások számtalan meteorológiai tényező hatására alakulnak ki. Tulajdonságaikat befolyásolja a Föld gravitációs teréből adódó nehézségi erő, a Föld forgásából eredő centrifugális és coriolis-erőhatások, a napsugárzás intenzitása, a felhőképződés elrendeződése, és még sorolhatnánk.

Ezekben a folyamatokban nagyon sok a bizonytalansági tényező, a modellezésük rendkívül bonyolult és körülményes, éppen ezért nagyon nehéz hosszabb távú meteorológiai előrejelzést adni. Sok paraméteres, többszörösen visszacsatolt folyamatokról van ugyanis szó, amelyek matematikailag csak káoszelméleti modellekkel írhatók le, amelyekben ún. pillangóeffektusokkal is számolni kell, amelyek miatt a kiinduló adatokban kimutatható egészen csekély eltérés hatalmas eltéréseket okozhat az eredményben.

## Üvegházhatás

Fontos szerepet tölt be a felszíni hőmérséklet alakulásában a sokat emlegetett „üvegházhatás”.

Sokan láttak már fóliasátrat, amely alatt friss zöldségeket termesztene, holott kívül még hűvös, kora tavaszi időjárás uralkodik. Máshol ehhez üvegházat használnak, de a működési elv itt is ugyanaz. Az üveg és a fólia optikai tulajdonságai hasonlóak. A napsugarak áthatolnak az üvegen vagy a fólián, bár a fény egy része visszaverődik és szóródik, de bent a napfény energiájának jelentős része elnyelődik bármilyen tárgyban, termőföldben, berendezési tárgyban, növények szárán vagy levelein, és ezeket felmelegíti.

Az elnyelő tárgyak később a felvett energiát kisugározzák, csak hogy nem látható fényként, hanem infravörös sugárzás formájában. Ez utóbbi azonban nem, vagy csak alig tud áthatolni a fólián vagy az üvegen, ezért az energiája csapdába kerül, bent marad a fóliasátorban vagy az üvegházban és a belső teret melegíti.

Hasonlóan működik a Föld üvegháza is, csak hogy itt a fóliát vagy az üveget a Földet körülvevő, beborító levegőréteg, vagyis az atmoszféra helyettesíti. Ezáltal jön létre az a kellemes klíma, amely a bolygónkat alkalmassá teszi az emberi életre.

Az éghajlatot jelentősen meghatározza az átlagos felszíni hőmérséklet, amelynek a stabilitása azon múlik, hogy megfelelő-e a bolygónk „hűtése”, vagyis hogy egyensúlyban van-e egyfelől a Földre beérkező és a Földön termelődő hőenergia, másfelől a Földről a világűrbe kiáramló hőenergia mennyisége.

A Földet főleg a Nap melegíti, ehhez adódik hozzá az a hőenergia, amely a Föld belsejében zajló radioaktív bomlásokból, vulkáni tevékenységből, erdőtüzekből és egyéb természetes hőtermelő folyamatokból származik, valamint az a hőenergia is, amelyet az emberi tevékenység termel.

A legfontosabb melegítő tényező a napsugárzás. A Nap felszíne négyzetméterenként mintegy 62-65 megawatt teljesítménnyel sugároz, ami a Föld keringési pályáján négyzetméterenként kb. 1368 watt besugárzási teljesítményt jelent. Figyelembe véve a bolygó napsugárzással szembeni kb. 128 millió négyzetkilométeres hatáskeresztmetszetét, az atmoszféra felső rétegét elérő összes besugárzási teljesítmény 160 milli-

árd megawatt körül becsülhető. Mivel ez több mint három nagyságrenddel meghaladja a Föld belsejéből felfelé áramló mintegy 40 millió megawattnyi geotermikus hőteljesítményt, így ez utóbbi a számításoknál gyakorlatilag figyelmen kívül hagyható, akárcsak az emberi tevékenységből származó hőtermelés.

A Napból érkező besugárzás és a Földről a világűr felé történő kisugárzás is a légkörön halad keresztül, amely bizonyos sugárzásokat átterszt, másokat elnyel, visszaver, vagy szétszór. Atmoszférikus „ablaknak” nevezik azokat a hullámhossz-tartományokat, amelyekben a légkör áteresztő képessége magas.

A Nap felszínén a hőmérséklet kb. 5.800 kelvin, ez mintegy hússzor akkora, mint a Földön, ezért a maximális napsugárzási intenzitás a zöld színnek megfelelő 0,5 mikron hullámhossz körül van. Ennek mintegy 60-70%-át a légkör a 0,4-1,3 mikron közötti hullámhossznak megfelelő atmoszférikus ablakon átengedi, és eljut a felszínre, amely a sugárzás kb. 30%-át visszaveri, 70%-át elnyeli, amitől a föld felszíne felmelegszik, hőmérsékleti sugárzást bocsát ki a szemmel láthatatlan infravörös tartományban.

A kisugárzás legnagyobb intenzitása 9-10 mikron hullámhossz körül van, ennek 60-70%-át a légkör a 7,5-14 mikron közötti atmoszférikus ablakon át kiereszt a világűrbe, a többit elnyeli, és ennek jelentős részét visszasugározza a felszínre.

A visszasugárzás következménye az „üvegházhatás”, vagyis egy járulékos melegedés az atmoszféramentes állapothoz képest.

A Földön az átlagos éves középhőmérséklet +16°C körül van. Ha nem volna üvegház, de a felszín elnyelési tulajdonságai nem változnának, az átlagos hőmérséklet csak -18°C körül lenne. Ez persze csupán elméletileg van így. Ha ugyanis nem lenne üvegházhatású atmoszféra, akkor a felszín fénnyelnyelő képessége is jelentősen megváltozna, a kettő ugyanis kölcsönhatásban van egymással.

Az üvegház stabilitása, optimális energetikai egyensúlya létfontosságú a bioszférát benépesítő élőlények szempontjából. A Földön az egyensúly megbomlása esetén természetes önszabályozó folyamatok – negatív visszacsatolások – igyekeznek helyreállítani az egyensúlyt, ámde ennek nagyobb mértékű megbomlása esetén már negatív visszacsatolások helyett önmagát rohamosan felerősítő láncreakciószerű folyamat (pozitív visszacsatolás) is kialakulhat. Ha például az üvegházhatás nagyon le-

csökkenne, a hőmérséklet csökkenése miatt sok víz fagyyna meg, és mivel a jég és hó sok fényt ver vissza, ez tovább gyorsítaná a lehűlést.

Az üvegházi egyensúly ellenkező irányban is felborulhat. Ha az üvegházhatás erősödik, a víz fokozott párolgása miatt a levegő páratartalma növekszik, és mivel a vízgőz jó infravörös elnyelő, a melegedés erősíti önmagát.

Itt is működik azonban egy negatív visszacsatolás. Amikor ugyanis már nagyon magas a levegő páratartalma, beindul a fokozott pára- és felhőképződés, és mivel a felhők a világűr felől nézve nagy fehér fényvisszaverő felületeket alkotnak, kevesebb napsugárzási energia éri el a talajszintet, és ez ellene hat a további melegedésnek.

Bár az üvegházi egyensúly elvileg mindkét irányban felborulhat, jelenleg a Földön a melegedési típusú egyensúlyvesztés jelenti a nagyobb kockázatot.

## ***Az emberi tevékenység hatása az éghajlatra***

Nem vitatható, hogy az utóbbi évszázadokban az emberiség gazdasági tevékenysége is hatással van, vagy lehet az éghajlatra, még ha a hatás mértéke vitatható is. A folyamatban lévő tagadhatatlan globális melegedéssel kapcsolatban a leginkább elfogadott és hangoztatott nézet szerint az éghajlatváltozás oka elsősorban az üvegház erősödése, ebben viszont a legfontosabb tényező az ipari tevékenységből származó szén-dioxid-kibocsátás. Bár ezt a nézetet számos tudós vitatja, de a véleményük ritkán jut el a szélesebb közvéleményig.

Érdemes alaposabban megvizsgálni, mekkora lehet a klímaváltozásban az üvegház szerepe, ezen belül a szén-dioxid szerepe és ennek mértékében az emberi tevékenység szerepe, annál is inkább, hiszen a Földön több milliárd év óta folyamatosan zajlik a klímaváltozások sorozata.

Csupán a legutóbbi 100 millió év során is többször előfordult a mainál akár 15-20°C-kal magasabb hőmérséklet, és emiatt az élőlények jelentős része kipusztult, miközben más élő szervezetek elszaporodtak. Ez a mechanizmus is fontos szerepet játszik az evolúcióban.

Kb. 10-12 ezer évvel ezelőtt fejeződött be az utolsó nagy jégkorszak, azóta kisebb-nagyobb kilengésekkel zajlik a melegedés.



Mintegy 1000-1200 évvel ezelőtt például a levegőben kb. 30 százalékkal több volt a szén-dioxid, mint most, és az átlagos hőmérséklet legalább 1,5°C-kal magasabb volt. Grönlandon abban az időben nem volt jég, hanem dús zöld növényzet borította.

Egyes szakemberek úgy vélik, hogy ha most is akkora lenne a CO<sub>2</sub> koncentráció, mint a Honfoglalás idején, kevesebb vegyszerrel lehetne magasabb mezőgazdasági terméshozamokat elérni.

Hazai feljegyzések szerint pedig az 1200-as években többször előfordult, hogy egyetlen év alatt háromszor vetettek és arattak gabonát, mert nem volt tél.

Volt azonban a középkorban egy kis jégkorszak is, amelynek alighanem most vagyunk a befejező stádiumában, és ez is oka lehet a jelenlegi melegedésnek.

Mint említettük, az üvegház úgy működik, hogy a levegőben található egyes gázok jó hatásfokkal képesek elnyelni a talajszintről kiáramló infravörös sugárzást, amelynek jelentős hányada visszasugárzódik a felszínre.

A Föld légkörében található legfontosabb üvegházgázok a következők:

- vízgőz,
- szén-dioxid,
- ózon,
- metán,
- nitrogén oxidok, főleg dinitrogén-oxid,
- halogénezett szénhidrogének (freonok, halonok).

Vizsgáljuk meg, milyen arányban vannak ezek jelen az atmoszférában!

A Föld légköre felfelé haladva fokozatosan ritkul. A legalsó, kb. 10 km vastagságú réteg szokásos megnevezése: troposzféra, ebben zajlanak az általunk megszokott időjárási jelenségek.

Fölötte, mintegy 80-100 km magasságig terjed a sztratoszféra, felette pedig az ionoszféra, amely elnyeli a távoli csillagrendszerekből érkező veszélyes ionizáló, kozmikus sugárzás jelentős részét.

Az ionoszféra felfelé fokozatosan ritkulva megy át a csillagközi vákuumba, felső határa bizonytalan, akár 800-1000 km is lehet.

Ha az atmoszféra teljes gáztartalmát lehoznánk a felszínre és összehúsnánk a felszínen szokásos atmoszférikus nyomásra, ez a sűrű légréteg kb. 7740 méter, azaz 7,74 km vastagon borítaná be a Földet.

Ha a levegő egyes komponenseivel is ugyanezt tennénk, akkor a teljes 7,74 km effektív rétegvastagságban az egyes komponensek nagyjából a következő mértékben szerepelnének:

- nitrogén kb. 5970 méter
- oxigén kb. 1620 méter
- argon kb. 72 méter

A fontosabb üvegházgázok effektív rétegvastagsága pedig:

- vízgőz kb. 0,024 méter = 24 mm,
- szén-dioxid kb. 2,3 méter = 2300 mm,
- ózon kb. 0,003 méter = 3 mm,
- metán kb. 0,008 méter = 8 mm,
- nitrogén oxidok kb. 0,002 méter = 2 mm,
- halogénezett szénhidrogének kb. 0,0004 méter = 0,4 mm.

Az egyes üvegházgázok hatékonysága jelentősen eltér, ezért a hatásuk nem arányos a hozzájuk tartozó effektív rétegvastagsággal.

Fontos tulajdonsága az üvegházgázoknak, hogy a sűrűségük hogyan viszonyul a levegő sűrűségéhez, vagyis hogy hányszor nehezebbek vagy könnyebbek, mint a levegő, mert ezen múlik, hogy milyen gyorsan képesek kiüledni.

Az alábbi táblázat mutatja a legfontosabb üvegházgázok relatív sűrűségét a levegőhöz képest, valamint azt, hogy ezek a gázok milyen arányban vesznek részt az üvegházhatás kialakításában.

megnevezés	kémiai képlet	relatív sűrűség	hatás kb. %
levegő		1	
vízgőz	H <sub>2</sub> O	0,62	58 – 62
szén-dioxid	CO <sub>2</sub>	1,52	20 – 22
ózon	O <sub>3</sub>	1,66	8 – 9
metán	CH <sub>4</sub>	0,55	2 – 4
dinitrogén-oxid	N <sub>2</sub> O	1,52	2 – 4
freon	CF <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	4,17	0,4 – 0,8
egyéb gázok kb.			1 – 2

Ami a hatás százalékos megoszlását illeti, a tól-ig értékek egyik indoka az, hogy az utóbbi években (2006-2012) az atmoszférában lévő üvegházgázok mennyisége folyamatosan változott. A másik ok az, hogy a különféle jelentésekben, publikációkban jelentősen eltérő, sőt kifejezetten ellentmondó, nehezen ellenőrizhető adatok találhatók, ezért az itt feltüntetett hatáseloszlás csupán durva, közelítő becslésnek tekinthető.

A táblázatban szereplő gázok közül nagyrészt természetes eredetű a szén-dioxid, a vízgőz, a metán és az ózon, míg a dinitrogén-oxid és a freon főleg mesterséges eredetű, bár halogén elemek és vegyületek természetes módon is juthatnak a levegőbe, például vulkánkitörés vagy erdőtűz miatt.

A szén-dioxid hatásával kapcsolatban figyelembe kell venni, hogy abban fontos szerepet játszik a szén-dioxid természetes körforgása.

A levegőbe kerülő szén-dioxid ugyanis a vízgőzzel vegyülve szénsavat alkot ( $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{CO}_3$ ), ez savanyú eső formájában lehullik (nem tévesztendő össze az ipari eredetű kén tartalmú savas esővel) és a vulkanikus eredetű bazalt kőzetekre eróziós hatást fejt ki. A Földön a bazalt az egyik leggyakoribb kőzetféleség, nagy része kalcium-szilikát ( $\text{CaSiO}_3$ ). Ezzel lép kölcsönhatásba a savanyú eső, bomlástermékként víz, mészkő (kalcium-karbonát) és kvarchomok (szilícium-dioxid) keletkezik ( $\text{H}_2\text{CO}_3 + \text{CaSiO}_3 = \text{H}_2\text{O} + \text{CaCO}_3 + \text{SiO}_2$ ). Így a savanyú eső széntartalma leköttődik.

A tűzhányók jelentős része az óceánok mélyén működik, ezért a vulkanikus bazaltképződés nagyobbik része itt zajlik le, a tengeráramlatok által az óceánok fenekére lejutó szénsav itt is kifejti ezt a kölcsönhatást.

A földkéreg mozgása, átalakulása során a kőzetek lassan lesüllyednek, a fokozódó nyomás és hőmérséklet hatására a mészkő elbomlik ( $\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2$ ), az így keletkező szén-dioxid a tűzhányókon és a termálvizeken keresztül ismét kijut a légkörbe.

Ez a körfolyamat egyfajta önszabályozó visszacsatolásként is működik. Ha ugyanis a levegőben a szén-dioxid-koncentráció feldősul, fokozódik a savanyú eső képződés, miáltal egyre több szén távozik a légkörből, a rendszer visszaszabályozza önmagát. Érdemes azt is hozzá tenni, hogy szénsav nemcsak a savanyú esőcseppekben távozik a légkörből, de gőz formájában is. A légnemű szénsav gőz ugyanis kb. 2,2-ször nehezebb, mint a levegő, ezért igyekszik abból gyorsan kiüledni, ezzel

nemcsak a szén-dioxidot távolítja el a levegőből, hanem magával viszi a vízgőz egy részét is, ami ugyancsak üvegházgáz.

Figyelembe véve a természetes önszabályozó folyamatokat, ma már több élvonalbeli tudós hangoztatja, hogy túlbecsüljük a mesterséges CO<sub>2</sub> kibocsátás hatását.

Prof. dr. Reményi Károly akadémikus például az ENPOL-2000 Társulatnál tartott egyik előadásában bemutatott egy diagramot, amely több százezer évre visszamenőleg szemléltette a légköri szén-dioxid-koncentráció és az átlagos felszíni hőmérséklet alakulását.

Ebből az derült ki, hogy mind a melegedés, mind a szén-dioxid-koncentráció nagyjából százezer éves ciklusokban periodikusan változik, és a két a paraméter között valóban erős korreláció van. Csakhogy számos esetben a klíma melegedése megelőzte a szén-dioxid-koncentráció növekedését, ezért nem egyértelmű, hogy közülük melyik az ok és melyik a következmény.

Geofizikus szakemberek véleménye szerint ez a kérdés összefügghet a felszíni vizek gázelnyelő képességével. Az óceánok vizében hatalmas mennyiségű elnyelt gáz van, többek között oxigén és szén-dioxid is.

Ha az óceán hőmérséklete növekszik, csökken a víz gázelnyelő képessége, szén-dioxidot bocsát ki a levegőbe, növeli az üvegházhatást, és ez pozitív visszacsatolásként működve tovább fokozza a melegedést. Amikor azonban a légkörben túl sok a vízgőz, a fokozott felhőképződés a napsugarakat visszaverve megindítja a lehűlési folyamatot.

Hasonlóan szkeptikus dr. Miskolczi Ferenc, a NASA volt kutató fizikusa. Szerinte egy olyan bolygón, amelyen hatalmas mennyiségű felszíni víz található, a kipárolgó vízgőz miatt magától kialakul az elvileg lehetséges maximális üvegházhatás, és ezt már az egyéb gázok nem tudják tovább növelni, mert ha egy másik üvegházgáz koncentrációja növekszik, az ennek megfelelő vízgőz kiszorul a levegőből, és a rendszer visszaszabályozza önmagát. Miskolczi professzor az elméletét hatalmas mennyiségű általa feldolgozott mérési adattal támasztja alá. Ezek többek között az atmoszféra rétegződésére és a hőmérsékleti gradiens változására vonatkoztak.

Ahogy magasabbra megyünk a légkörben, csökken a nyomás és általában a hőmérséklet is. Az atmoszféra rétegződésének legegyszerűbb modellje szerint bármilyen magasságban akkora a nyomás, hogy az elbírná a felette elhelyezkedő rétegek súlyterhelését. A meleg talajszint-

ról pedig a levegő felfelé áramlik és kitágul, de közben elvileg – oldal irányban – nem ad le hőenergiát és nem is kap, ezért az állapot változása adiabatikusnak tekinthető. Ennek megfelelően számítható ki az adiabatikus hőmérsékleti gradiens az ismert termodinamikai egyenletek alapján.

A valóságban azonban a levegő nedvessége is befolyásolja a hőmérsékleti gradienst, mivel ha a vízgőz kicsapódik páracseppek formájában, hőt ad le, amikor pedig a vízcseppek elpárolognak, hőt vesznek fel, és ezt a hőmérsékleti gradiens kiszámításánál korrekcióba kell venni.

A talajszint és a világűr közötti hőmérséklet-különbség a hőmérsékleti gradiens integráljaként számítható ki az atmoszféra rétegvastagságára. Mivel a világűr hőmérséklete állandó, az átlagos felszíni hőmérséklet emelkedése esetén a felszín közelében a hőmérsékleti gradiensnek növekednie kell.

Ha pedig a melegedést tényleg a szén-dioxid okozza, erős korrelációnak kell lenni a szén-dioxid-koncentráció és a hőmérsékleti gradiens között, ezt az összefüggést azonban Miskolczi professzor 60 éves időtartamra kiterjedő mérési adatsorozata nem igazolja, ami arra utal, hogy az üvegház-gázok szerepét hibásan értelmezzük.

A talaj által alulról fűtött légkör állapota ugyanis instabil, és a turbulens áramlásokat tartalmazó felfelé törekvő felmelegedett levegő igyekszik helyreállítani az adiabatikus gradienshez közeli állapotot, ezért a klíma globális működési mechanizmusának jellemzéséhez csupán a légkört alkotó gázok abszorpciós tulajdonságainak figyelembe vétele nem elegendő.

Az önszabályozó folyamatban ugyanis ha az üvegházhatás megnő, erősödik a felszíni vizek párolgása, ez több hőt von el a felszíntől, és ez a többlet hőelvonás akár meg is haladhatja a megnövekedett üvegházhatásból eredő hőtöbbletet oly módon, hogy a vízpára által szállított többlet hőenergia konvekciós áramlással olyan magasra jut fel, ahonnan az már nagyrészt a világűr felé szét tud sugárzódni.

Miskolczi professzor nem azt állítja, hogy az üvegház erőssége nem változik, csupán azt, hogy az nem képes minden határon túl növekedni, hanem egy átlagérték körül ingadozik.

Ezek az ellenvélemények általában nem jutnak el a közvéleményig, sőt az ezzel foglalkozó kutatók véleményét rendszeresen elhallgatják, és még személy szerint is sok támadás éri őket.



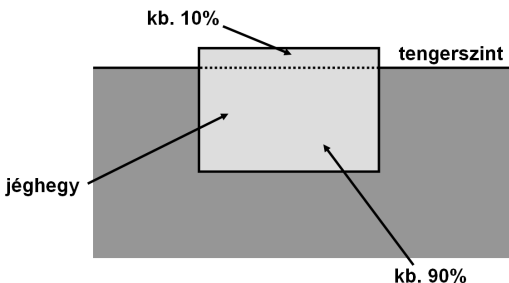
A szén-dioxid biznisz ugyanis nagy üzlet. Gondoljunk csak a sok ezer milliárd eurós kvótakereskedelemben realizálható profitra, valamint a szén-dioxid-csökkentő zöld iparágak örvendetesen növekvő termelési volumenére, amely szerencsés módon hozzájárul a statisztikailag kimutatható GDP növekedéséhez is.

Az emberek többsége, sőt a politikai döntéshozók jelentős része is viszonylag könnyen befolyásolható a gazdasági lobbik által működtetett hírközlő médiumok segítségével. Példaként említhető, hogy a TV-ben a szén-dioxid-kibocsátás illusztrálására gyakran láthatunk füstölő kéményeket.

A szén-dioxid azonban szintelen, szagtalan, átlátszó gáz, akárcsak a levegő, ezért nem látható. Nem véletlen, hogy a must forrása idején a borpincébe csak égő gyertyával ajánlatos lemenni, amely az elalvásával jelzi, ha szén-dioxiddal telített veszélyes mélységbe érünk.

Egy másik gyakori propaganda a sarkvidéki jégmezők elolvadásával kapcsolatos, amely miatt majd a tengerek szintje nagy mértékben meg fog emelkedni. Nos, a NASA által közzétett adatok szerint az 1990-2010 évek között az Északi-sarkon a jég valóban olvadt, ámde az Antarktison a jég tömege növekedett. Ez utóbbi adatot persze nem tették közzé.

Nézzük meg, mi történhet az Északi-sarkon a jég olvadása miatt, ahol a jég a víz felszínén úszik, akárcsak egy hatalmas jéghegy. A jelenséget az ábra mutatja. Archimédész tétele szerint minden vízbe mártott jéghegy a súlyából annyit veszít, amennyi az általa kiszorított víz súlya, és ezért, amikor a vízen úszó jég elolvad, víz formájában pontosan annyi helyet fog elfoglalni, amennyi vizet korábban kiszorított, így azután, még ha az Északi-sark teljes jégtakarója el is olvadna, ettől még a tengerek szintje egyetlen milliméterrel sem lehetne magasabb.



Más a helyzet persze a Déli-sark körüli jégtakaróval, amelynek az elolvadása valóban megemelhetné az óceánok szintjét. De vajon tényleg megemelné-e, és milyen mértékben?

Ennek a jégtömegnek a teljes elolvadása csak akkor következhetne be, ha a Föld átlagos éves hőmérséklete olyan magas lenne, hogy már a sarkvidékek környékén is megközelítené a  $0^{\circ}\text{C}$ -ot. Ekkor azonban az Egyenlítő környékén olyan magas hőmérsékletek alakulnának ki, hogy lehetetlen volna ott az emberi élet.

Az extrém magas hőmérsékleteken a felszíni vizek párolgása fokozódna, ez a vízszint csökkenését eredményezné, és jelentősen kompenzálná az olvadásból adódó vízszintemelkedést. Hasonló jelenség egyes édesvízi tavaknál is megfigyelhető, vízszintjük csökken, területük összehúzódik, némelyek kiszáradnak.

A kérdés vizsgálatát bonyolítja, hogy a sarki jégtömegek gyakorlatilag sómentesek, ezért a felolvadásuk a sós tengereket felhígítja, emiatt a tengervíz sótartalma és ezzel a sűrűsége (fajsúlya) megváltozik, ami a tengeri élővilág szempontjából káros lehetne.

A tengerszint emelkedésének kérdése egyáltalán nem egyszerű, a számítógépes szimulációs modellek nagyon bonyolultak, bennük túl sok paraméter szerepel, emiatt csak közelítő számítások elvégzése lehetséges. Ráadásul a kiindulási adatok sem eléggé pontosak, márpedig az „input” adatokban mutatkozó csekély eltérés jelentősen megváltoztatja a számítások végeredményét.

A problémát az is nehezíti, hogy a számítógépen modellezett folyamatokat olyan ellentétes hatású tényezők határozzák meg, amelyek általában egymással csaknem egyensúlyban vannak, és attól függően, hogy az egyensúly – akár csekély mértékben – melyik irányba billen fel, a következmény katasztrofálisan eltérő lehet. Így azután azon sem lehet csodálkozni, hogy a különféle matematikai modellekre épülő számítógépes programok ugyanarra a problémára ellentmondó eredményeket adnak.

Különféle zártkörű szakmai rendezvényeken, kis példányszámú szakfolyóiratokban egyre gyakrabban találkozhatunk élvonalbeli tudósok – közöttük akadémikusok, sőt Nobel-díjasok – véleményével, hogy a globális éghajlatváltozásban a mesterséges eredetű szén-dioxid-kibocsátás hatása erősen vitatható, ezek azonban nem jutnak el a szélesebb közvéleményig.

A számos tudományos bizonyíték ellenére szén-dioxid ügyben világszerte terjednek a tömegmanipuláló média-módszerek, hiszen a folyamatban lévő „zöld” technológiai változások leállítása jelentős gazdasági érdekekbe ütközne, miközben a szén-dioxid kvótakereskedelem hatalmas kockázatmentes jövedelmet biztosít a tőzsdei spekulánsok számára, annak árán, hogy nehezíti a gazdaságilag kiszolgáltatott országok felemelkedését, kilábalását a válságból, mivel akadályozza a saját természeti erőforrásaik kiaknázását.

Egy további következménye az éghajlatváltozás elleni értelmetlen szélmalomharcnak, hogy erre a célra pazaroljuk el felelőtlenül azokat a fontos természeti erőforrásokat, amelyekre pedig szükség lenne ahhoz, hogy meg lehessen oldani a valódi problémákat, amelyek veszélyeztetik a természet állapotát és az egészséges emberi környezetet.



## Ózonréteg és UV-sugárzás

Az ózon világoskék, szúrós szagú, mérgező gáz, az oxigén három atomos módosulata, napsugárzás hatására keletkezik a sztratoszférában, ahol ritka gázként széteszolva van jelen, nagyon fontos a földi élet szempontjából, mert ez védi meg az élőlényeket a káros ultraibolya sugárzástól.

Az ózon ugyanakkor kb. 2.000-szer hatékonyabb üvegházgáz, mint a szén-dioxid, ezért számottevő mértékben (kb. 8%-ban) vesz részt a globális üvegházhatás létrehozásában. Az persze mégsem lenne szerencsés, ha az üvegházhatás az ózonkoncentráció csökkenése miatt mérséklődne, hiszen ez a talajszinten az egészségkárosító ultraibolya sugárzás veszélyes mértékű erősödésével járna.

A sztratoszféra mellett a talaj közelében is találkozhatunk ózonnal. Ózon található a gépkocsik kipufogó gázaiban, ez a városi szmog egyik káros összetevője. Ózon képződik mesterséges ultraibolya fény hatására is, a szoláriumokban, higanygőzlámpák közelében, és ívhegesztő készülékek használatakor.

Az ózon az egyik legerősebb oxidálószer, ezért alkalmas az ivóvíz fertőtlenítésére, a szennyvíz és az élelmiszer sterilizálására is. Ezen tulajdonsága miatt az ózon erősen mérgező, belélegzése súlyos légzőszervi károsodást okozhat.

Az UV-sugárzás spektruma három sávra tagolható, ezek megnevezése és hullámhossz-tartománya a következő:

- UVC, 0,10-0,28 mikron
- UVB, 0,28-0,32 mikron
- UVA, 0,32-0,40 mikron

A Napból érkező ultraibolya (UV) sugárzást a légkör legfelső rétege, az ionoszféra átengedi. Az ionoszféra alatt, a sztratoszférában viszont, mintegy 15-40 km közötti magasságban, az UV-sugárzás legveszélyesebb komponense, az UVC túlnyomórészt elnyelődik, ennek során felbontja a két atomos oxigén molekulákat, és ezek bomlásából képződik a három atomos ózon.

Nagyrészt az Egyenlítő térsége felett naponta mintegy 300 millió tonna ózon jön létre, ahonnan a sarkok felé szétterülve fokozatosan lebomlik és visszaalakul kétatomos oxigénné. Az így képződött ózonréteg az UV-sugárzás második komponensét, az élőlényekre káros UVB sugárzás jelentős részét elnyeli.

A harmadik fajta UV-sugárzás, az UVA jelentős része eléri a talajszintet, az állatok és emberek bőrében pigmentképződést vált ki és hozzájárul a D-vitamin szintézishez, növényekben pedig a klorofill képzésben és fotoszintézisben játszik szerepet. Az utóbbi folyamatnál a növény leveleiben vízből és szén-dioxidból oxigén felszabadulás mellett szénhidrátok képződnek. Ez a Földön a legfontosabb élelmiszer- és oxigéntermelő folyamat.

A Napból az UVB és UVC hullámhossz-tartományban a légkör felső rétegeire négyzetméterenként mintegy 25 watt besugárzási teljesítmény jut, amely az atmoszféra szűrő hatása nélkül képes lenne a Földön minden életet elpusztítani. Szerencsére az atmoszféra ebből a szempontból nagyon hatékony, benne a besugárzási teljesítménysűrűség exponenciálisan csökken, minél veszélyesebb egy sugárzás, annál gyorsabb az intenzitásának csökkenése. Ebből is látszik, hogy milyen jól van megkonstruálva ez a bolygó.

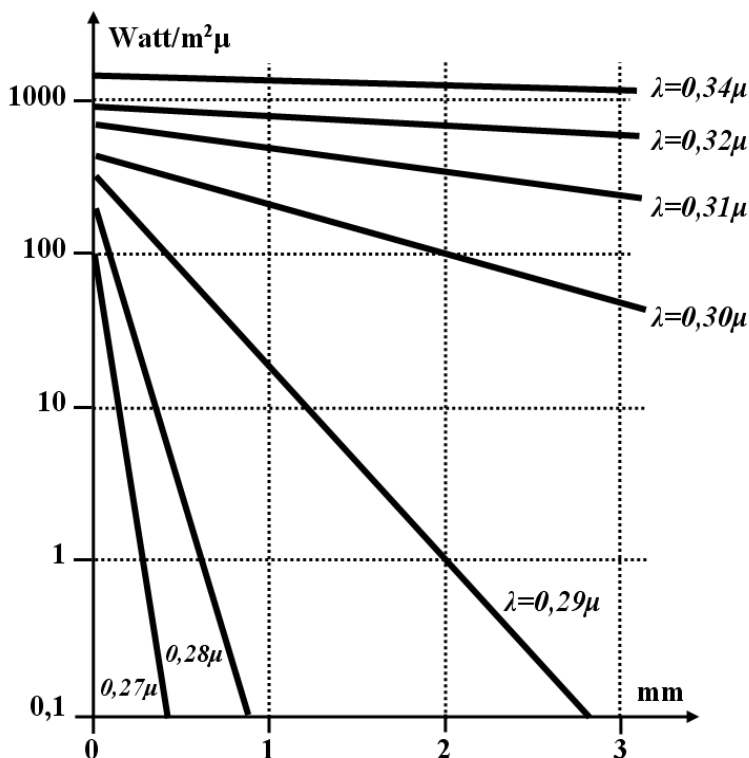
Ha a teljes ózonmennyiséget lehoznánk a Föld felszínére, normál atmoszférikus nyomáson mindössze kb. 3 mm vastagon borítaná be a földet, ennek ellenére a szűrő hatása igazán bámulatra méltó.

Az ózonréteg „effektív vastagságát” Dobson egységben mérik. Egy Dobson egység akkora ózonmennyiséget jelent, amely a talajszinten, atmoszférikus nyomáson 0,01 mm vastag gágréteget képezhetne. Nor-

mális körülmények esetén a mérsékelt égövben az „ózonréteg” effektív vastagsága mintegy 300-320 Dobson.

A sztratoszférában az ózon bomlását jelentősen fokozhatják különféle kémiai vegyületek, közöttük ipari eredetű szennyező gázok is, és így alakulhat ki az „ózonlyuk”.

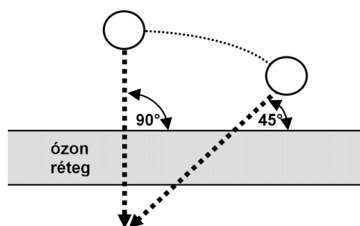
Ózonlyukról akkor beszélünk, ha az ózonréteg mérőszáma nagyjából 200-220 Dobson alá esik. Ilyen esetben a talajszinten a veszélyes UVB sugárzás intenzitása aggasztó mértékben felerősödhet, ráadásul az eloszlása kedvezőtlen módon megváltozik, benne a rövidebb hullámhosszú, keményebb, egészségre ártalmasabb komponensek aránya jelentősen megnő. Az itt látható diagram mutatja, hogy a különféle hullámhosszú UV komponensek hogyan gyengülnek az ózonrétegen való áthaladás során.



A diagramból látható, hogy a 290 nanométer (0,29 mikron) alatti hullámhosszúságú UV sugarak gyengülése nagyon jelentős, olyannyira, hogy ezeken a hullámhosszakon az ózonréteg 1 mm (100 Dobson) mértékű „vékonyodása” esetén a talajszintig eljutó besugárzási intenzitás több nagyságrenddel megnövekedhet.

A délelőtti és délutáni órákban azonban a ferde beesés miatt a sugárzás gyengül. Ha például a beesési szög 45 fok, akkor az UV-sugárzás az ózonrétegben már kb. 41%-kal nagyobb effektív rétegvastagságon halad keresztül, amint az ábra szemlélteti.

Bár az UV-sugárzás forrása a Nap, de a légkörön való áthaladás során a levegőrészecskéken a sugárzás szóródik, ezért a felszínre az égbolt más részeiről – főleg a Nap látszólagos helyzetéhez közelálló irányokból – is jön sugárzás. Ugyancsak szóródik az UV-sugárzás bármiféle fényvisszaverő tárgyon, jelentős mértékben vízfelületen is, főleg ha az hullámozik és ezért gyakori a felülethez képest ferde beesési szög, ezért csónakázás közben fokozott UV-besugárzás érheti a testünket.



Érdeemes azt is tudni, hogy a víz alig nyeli el az UVB sugárzást, annak számottevő hányada akár egy-két méter vastag vízrétegen is még képes áthatolni. A felhő sem nyeli el teljesen az UVB sugárzást, azon akár a besugárzás 90%-a is áthatolhat, még a kifejezetten vastag felhőzet is átengedi a besugárzás legalább 30%-át. Így azután nyáron felhős időben, sőt még víz alatt is lehet barnulni.

A víz ezen optikai tulajdonsága teszi lehetővé azt is, hogy az ultraibolya spektrofotometria jól használható a vízben lévő különféle szennyeződések kimutatására, koncentrációjának mérésére.

Az UVB sugárzás az ember bőrének jelentősen árthat. Tipikus károsodás a heveny felégés (erythema), amelynek tünetei a bőrpír, kiütés, hólyagosodás, valamint a felégést követő hámlás, és ha a heveny felégés gyakran ismétlődik, késleltetett krónikus hatás is kialakulhat, például szárazsodás vagy bőrrák (melanoma).

A hatás alattomosan jelentkezik, hiszen az UV-sugárzás hullámhossza rövidebb a még éppen látható ibolyaszínű fénynél – ezért is nevezik

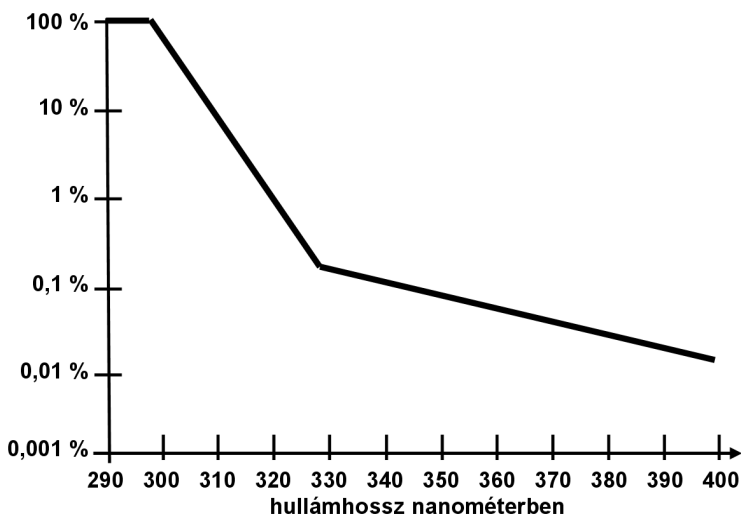
ultraibolyának – így szemmel nem látható, ezért a bőrön kiváltott hatások mellett felléphet szemkárosodás is.

Az ózonlyuk nemcsak a szárazföldi élőlényekre káros, a tengeri élővilágot is veszélyezteti, hiszen – mint említettük – a víz jól átengedi az ultraibolya sugárzást, ezért hatással lehet a tengeri táplálékláncban fontos szerepet játszó planktonokra és puhatestűekre, ezen keresztül a tengerekben található valamennyi élőlényre.

Mivel a különféle hullámhosszúságú UVB komponensek biológiai hatása eltérő, ezért a WHO (World Health Organisation), az IRPA (International Radiation Protection Association) és a CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) adatai alapján kidolgozott egy módszert, amellyel a lakosság számára közérthető módon lehet előrejelzést adni az UV-sugárzás veszélyességéről.

Eszerint a sugárzás mértéke az UV index, amelyhez a besugárzási intenzitás spektrumát egy veszélyességi súlyozó függvénnyel összeszorozva integrálják és így kapják a 0,3 mikronos sugárzással egyenértékű besugárzási intenzitást.

A súlyozó függvény jellegét az alábbi diagram szemlélteti.



Az UV index mérőszáma 0 és 10 között van. Az 1-es UV index azt jelenti, hogy a biológiailag ekvivalens besugárzási intenzitás négyzetméterenként 25 milliwatt, a 2-es index azt jelenti, hogy a besugárzás ennek duplája, a 3-as azt, hogy ennek háromszorosa, stb.

Az UV indexet ma már gyakran közzéteszik az időjárás-jelentéssel együtt, és ahhoz nemzetközi megegyezés szerint az alábbi táblázat szerinti fokozat minősítéseket és színekódokat rendelik hozzá:

<b>UV index</b>	<b>minősítés</b>	<b>színekód</b>
0.1 – 2.0	gyenge	kék
2.1 – 4.9	mérsékelt	zöld
5.0 – 6.9	erős	sárga
7.0 – 7.9	nagyon erős	narancs
8.0 felett	extrém erős	vörös

Magát az ózonréteget még 1913-ban fedezte fel Charles Fabry, és ezt követően az 1920-as években G. M. B. Dobson fejlesztette ki a róla elnevezett Dobson spektrométert, amelynek segítségével nagy pontossággal megmérhető a sztratoszférában az ózon mennyisége.

A méréseket azóta rendszeresen végzik, ennek köszönhetően az 1970-es években sikerült kimutatni az ózonkoncentráció csökkenését az Antarktisz felett. Ezt követően nemzetközi tanácskozások kezdődtek, hogy milyen intézkedésekkel lehetne megakadályozni az ózonréteg további károsodását.

A kutatási eredmények alapján azt állapították meg, hogy a sztratoszférába feljutó halogén elemek (klór, fluor, bróm) gyorsítják az ózon lebomlását, és főleg a téli hónapokban ez ózonlyuk kialakulásához vezethet.

A szabad klór atom a lebontást két lépésben valósítja meg. Először egy ózon molekulával reakcióba lépve klóroxid és kétatomos oxigén keletkezik ( $\text{Cl} + \text{O}_3 = \text{ClO} + \text{O}_2$ ). A második lépésben a létrejött klóroxid lép reakcióba egy újabb ózon molekulával, aminek eredményeként egy szabad klór atom és két darab kétatomos oxigén molekula keletkezik ( $\text{ClO} + \text{O}_3 = \text{Cl} + 2\text{O}_2$ ). Ezután a magányos klóratom előlről kezdi az

első lépést, és így egyetlen klór atom akár 100.000 ózonmolekulát is képes lehet lebontani. Hasonló katalizátor mechanizmus szerint működik a többi halogén kémiai elem.

A sztratoszférába ezek az elemek főleg halogénezett szénhidrogének (freonok-halonok) formájában juthatnak fel, és azokból az intenzív UV-sugárzás hatására felbomolva szabad halogén atomok szabadulnak fel. Bár ezek az anyagok egy idő múlva a nagyobb fajsúlyuk miatt kiülep-szenek, azonban ez hosszú időt vesz igénybe, és ez alatt jelentős káros hatást képesek kifejteni.

Azonban nem csupán az ipari eredetű gázok károsítják az ózonréteget. Erdőtüzeknél és szerves anyagok bomlásakor is kerülhetnek klór vegyületek a magasabb légköri rétegekbe.

Bár az UV-sugárzások élettani hatásai csaknem egy évszázad óta ismertek, mégis csak az 1970-es években fordítottak komolyabb figyelmet arra, hogy az ipari eredetű gázok a sztratoszférába felhatolva károsíthatják az ózonréteget, és ezzel megnövelhetik a bőrrák kockázatát.

E felismerés hatására elsőként Svédország tiltotta be az ózonréteget károsító aeroszol permetek (spray-ek) használatát. Rövidesen megszületett a Bécsi (1985), a Montreali (1987), és a Kyotoi (1997) Egyezmény is, és az aláíró országok kötelezték magukat az ózonréteget károsító kémiai anyagok kibocsátásának korlátozására, illetve a kibocsátás betiltására.

Van azonban néhány megválaszolatlan kérdés az ózonképződési és -lebomlási folyamattal kapcsolatban, amelyekről még az 1990-es években prof. dr. Marx György akadémikus több publikációjában foglalkozott. Az ózon ugyanis túlnyomórészt az Egyenlítő felett képződik és a sarkok felé szétterülve fokozatosan lebomlik, akkor is, ha semmiféle káros anyag a bomlást nem siettet.

Mint említettük, az Egyenlítő felől a sarkok felé áramló ózon egyik fele az északi, másik fele a déli féltekén sodródik, és ezek egymással már nem keverednek. A mérések szerint azonban a déli féltekén az ózon lebomlása sokkal gyorsabb, ezért főleg itt keletkeznek ózonlyukak, annak ellenére, hogy az ózont károsító ipari gázok túlnyomó részét az északi féltekén bocsátják a levegőbe.

Ez a paradoxon tudományos körökben számos vitát váltott ki. A lehetséges magyarázat szerint a jelenség oka az eltérő földrajzi környezetben keresendő. A Déli-sarkon ugyanis egy hóval és jéggel borított ha-

talmas szárazföld helyezkedik el, amelyet tengerek vesznek körül, az Északi-sarkon viszont hatalmas tenger van, amelyet szárazföldek vesznek körül. Ezen túlmenően a déli félteke felszínének nagy része vízfelület, míg az északi féltekén helyezkedik el a szárazföldek túlnyomó többsége.

Mindezek miatt nem azonos a Déli-sark és az Északi-sark felett a légkör hőmérsékleti rétegződése, és különböznek az ezekben kialakuló áramlások is, valamint a levegőben lebegő mikro-méretű megfagyott jégkristályok mérete és koncentrációja is eltérő. Ezek a körülmények pedig jelentősen befolyásolhatják az ózon lebomlásának folyamatát. Ez egyúttal azt is jelenti, hogy az ózonlyukak kialakulásban az ember ipari tevékenysége mellett természetes tényezők is hatékonyan közrejátszanak.

A halogénezett szénhidrogének betiltása ugyanakkor jelentősen átrendezte egyes iparágak szerkezetét a világban, többek között a műszeriparban, ahol vállalkozások mentek tönkre, míg mások hatalmas piaci részesedést szereztek.

Példa erre egy hazai kutatóintézetben az 1990-es évek elején kifejlesztett és szabadalmazott automatikus olajszennyező mérő berendezés, amelynek prototípusa csaknem egy évig sikeresen működött egy hazai olajfinomító-telepen, folyamatosan mérve a folyóba kibocsátott tisztított ipari szennyvíz szénhidrogén-szennyezettségét, és automatikus riasztást adva veszélyhelyzet esetén.

A szélsőséges időjárási körülmények mellett kifogástalanul működő műszernek köszönhetően két alkalommal is megelőzhető volt jelentős környezetszennyezés kialakulása. A műszerben a  $C_2Cl_3F_3$  vegyi képletű  $CF_2Cl-CFCl_2$  molekula szerkezetű freon féleség volt az oldószer, amelynek a forráspontja  $47^\circ C$ , a gőze több mint 6-szor nehezebb mint a levegő, folyékony állapotban pedig másfélszer nehezebb a víznél, amelyben nem oldódik, ezért az aljára leülepedik.

A nevezett freon vegyület a műszerben zárt rendszerben keringett, a használt oldószer automatikus tisztítás után visszakerült a körfolyamatba, a tiszta oldószer felett pedig desztillált vízréteg volt, amely megakadályozta annak párolgását.

Bár ilyen vegyület még sokkal kisebb óvatossági intézkedések mellett sem képes feljutni az ózonréteg magasságáig, azonban ennek ellenére a műszer forgalomba hozását az előzetesen megszerzett TÜF minősí-



tés ellenére betiltották, jelentős anyagi veszteséget okozva a kutatóintézetnek.

Hasonló intézkedések következtében szenvedett el komoly veszteségeket több német és japán műszergyártó cég, miközben ezen a szakterületen a nemzetközi piac több vonatkozásban is átrendeződött.

A Föld déli féltekéjén, az Antarktisz közelében az ózonréteg azóta is gyakran sérül, annak ellenére, hogy ipari halogénezett szénhidrogének már évtizedek óta alig jutnak fel a sztratoszférába. Feljutnak azonban természetes eredetű halogének erdőtűzek és vulkáni tevékenység következtében.

Hogy az ózonlyukakban mekkora az emberi tevékenység közrehatása, az máig vitatott, az azonban valószínű, hogy a hatósági intézkedésekben a tudományos és környezetvédelmi szempontok mellett időnként gazdasági lobbierődek is szerepet játszhatnak.

Érdemes még említést tenni a talaj közelében kimutatható ózonnal, amely természetes körülmények között csak igen kis mennyiségben fordul elő, azonban ha mégis előfordul, akkor súlyosan károsítja a növényeket, az állatokat és az embereket. A nagyobb városokban viszont egyre gyakrabban lépi túl a levegő mesterséges eredetű ózon tartalma a veszélyes mértéket.

A gépkocsik kipufogógázai, valamint a fűtésből származó füst-gázok miatt kialakuló nagyvárosi szmog ugyanis az egészségkárosító nitrogén-oxidok, szénmonoxid és szénhidrogéngőzök mellett egyre több ózont is tartalmaz.

A mesterséges eredetű felszín közeli ózon legnagyobb része a napfény hatására keletkezik a kipufogógázokban található nitrogén-oxidok és illékony szerves komponensek fotokémiai reakcióiban.

## **A kőkorszaktól az atomkorszakig**

Az emberiség három millió év óta létezik. A fémeket hatezer éve ismerjük és használjuk. Az ezt megelőző 2 millió 994 ezer év volt a kőkorszak, amelyről nem sokat tudunk. Írásos emlékek nincsenek, eltekintve néhány 25-30 ezer éves agyagtáblától, amelyeken ékírással jelek ismerhetők fel, valamint néhány 60-70 ezer éves, megkövesedett pálmalevélről, amelyekbe különleges jeleket karcoltak.

70-75 ezer évvel ezelőtt volt egy globális katasztrófa, amelyben az emberiség túlnyomó része elpusztult. Azt is tudjuk, hogy 12 ezer évvel ezelőtt lezajlott egy nagy léptékű klímaváltozás, véget ért a jégkorszak, kialakult egy kellemes éghajlat, amely lehetővé tette az emberi civilizáció gyors fejlődését.

Abban az időben már ugyanolyan emberek éltek, mint ma. Lehetek közöttük zseniális tehetségek, olyanok, mint Einstein, Edison, Beethoven, Shakespeare vagy Michelangelo.

A fémkorszakot megelőző évezredek nevezik új kőkornak (neolitikum), amelyben az emberiség – fémek nélkül – már hatalmasat volt képes alkotni. Akkoriban voltak már pár száz lakosú települések, fából, kőből, agyagból épült, igénytelen házakkal. Voltak orvosok, mérnökök és iparosok is, még ha nem is így nevezték őket.

Ekkor terjedt el a földművelés, akkor avatkozott bele az ember igazán a természet működésébe, bizonyos mértékben befolyásolva még az éghajlatot is. A termőföldek kialakításához ugyanis az ősnövényzetet felégették, ezzel hatalmas mennyiségű szén-dioxid került a levegőbe, az elszenesedett, kormos talaj pedig jó hatásfokkal nyelte el a napsugárzás melegítő energiáját, akárcsak a meghonosított és nemesített sárguló gabonaföldek.

Fejlődött az orvostudomány is. Az akkori gyógyítók ismerték a gyógynövényeket és a fájdalomcsillapítást is. A koponya megnyitásával járó agyműtéteket is végeztek, ezeket a páciensek kétharmad része túlélte. Hasonló műtéteknél a túlélési arány ma sem sokkal jobb.

Készültek szakrális építmények, amelyekhez sok tonnás kőtömböket kellett több emeletnyi magasságba felemelni. Ismerték több száz kő- és kristályféleség fizikai tulajdonságait.

Egyik múzeumunkban egy pár éve kiállított, 10 ezer éves, „kőbalta” feliratú, kékszürke tárgy mérete és formája olyan volt, mint egy közepes méretű kalapácsfej, amelyet barkácsboltban vásárolhatunk. A tükörsimára csiszolt szerszámban a nyél beillesztésére szolgáló, ovális alakú, kifelé tágló furat tökéletes pontossággal volt megmunkálva.

Ha egy gyártástechnológus mérnök azt a feladatot kapná, hogy készítsen tervet ilyen munkadarabok előállítására, alighanem lézeres megmunkálás mellett döntene.

Tízezer évvel ezelőtt fagerendák és rönkök, növényi rostokból készült kötelek és zsinórok, valamint bitumenes szigetelés alkalmazásával már tengeri közlekedésre alkalmas hajókat is építettek.

Ismerték a fazekasságot, készítettek cserépedényeket, tudtak gabonát és más növényi magvakat őrölni. Több kutató szerint optikai nagyító-lencsék is készülhettek ebben a korszakban, habár más tudósok ezt vitatják.

Kisebb helyi összetűzésektől eltekintve nem ismerték a háborút, amelyhez hadseregekre lett volna szükség, amelyek felszereléséről és eltartásáról a „termelő” lakosságnak kellett volna gondoskodnia.

Hiányzott a szervező központi irányító hatalom is, fémek hiányában pedig egyébként sem lehetett volna egy megszállni kívánt területen a lakosság sakkban tartására alkalmas fegyverekkel ellátni a katonákat.

A fémkorszak ugyanis egyúttal a háborúk korszakának kezdetét is jelentette, szemben az új kőkorszakkal, amelyben az emberek életmódja bár igénytelen, de viszonylag békés lehetett.

Talán ez is oka, hogy bizonyos szakrális eseményeknél több későbbi civilizációban kerültek a fémek használatát. A jeruzsálemi templomot is úgy építették, hogy a felhasznált köveket nem volt szabad fémszerszámmal érinteni.

Az emberiség mintegy 6 ezer évvel ezelőtt kezdett kilépni a kőkorszakból, átlépett a réz-, majd a bronzkorszakba, amikor megtanultak fémeszközöket készíteni. Ehhez már kellett – legalább minimális mértékben – valamiféle bányászat, színesfémkohászat, fémolvasztási, öntödei és kovácsolási technológia. Ilyen technológiákat vadászó, halászó, gyűjtögető nomád társadalom működtetni nem képes. Ehhez letelepedett, termelőképes civilizáció kell.

Az első ilyen társadalmak nagy folyók mentén alakultak ki.

A legrégebbi közülük a sumer, Mezopotámia déli vidékén, ahová északkeleti irányból vándoroltak be több mint hatezer évvel ezelőtt a sumer törzsek, akik a gyarapodó népesség ellátása érdekében meghonosították a földművelést és az állattenyésztést, olymódon, hogy az Eufrátesz menti száraz, meleg, félsivatagi területeken öntözni kezdték a földeket.

Ennek érdekében megtanulták a vizek szabályozását, a mocsarakat lecsapolták, öntözőcsatornák, hidak, gátak, vízlépcsők és víztároló medencék épültek, megalkották a gémeskúthoz hasonló elven működő, vízenergiával mozgatott vízátemelő szerkezeteket, dúsan termő gabonaföldeket, datolyapálma-ligeteket, legelőket és zöldségeskerteket varázsoltak a korábbi terméketlen területen.

Olyan tökéletes csatornarendszert alakítottak ki, amely ötezer évig fennmaradt, csak a tatárok rombolták le később. Más területeken is hatalmasat alkottak. Míg az egyiptomiak nem ismerték a kereket, a sumérok négykerekű kocsikat használtak. Fejlett mezőgazdaságukban árpat, búzát, szőlőt, datolyát és más gyümölcsöket termeltek, készítettek sört és bort is. A vidék azonban fában, kőben és fémekben szegény volt, ebből importra szorultak. Ezért hatalmasra fejlesztették a kereskedelmet az „elmaradottabb” népekkel.

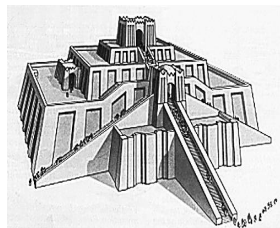
Ehhez létrehoztak egy hajóflottát olyan hajókkal, amelyek alkalmasak voltak folyami és tengeri hajózásra is, képesek voltak jelentős terhek szállítására akár több ezer kilométeres távolságokon.

Hajókkal nemcsak mezőgazdasági termékeket szállítottak, hanem követ, fát (főleg cédrust) és egyéb építőanyagokat, valamint fémgyártáshoz szükséges nyersanyagokat, félkész állapotú ónt és rézet is.

Ezzel a koncepcióval évezredekkel megelőzték gróf Széchenyi István terveit, aki szerint hajózni kell, mert ez a záloga egy nemzet felemelkedésének.

Felépült a főváros, Ur és számos további nagyváros, mint Eridu, Uruk, Lagas, Kis, Badtibira, Nippur és Umma. A sumer városokat derékszögű utcák alkották, középpont piramis alakú templommal, és a városot nyílegyenes falak határolták.

A városokban megjelentek a kézművesek és az építőmérnökök, akik hatalmas épületeket hoztak létre, mint például a Zikkurat, a „Mennysziget hegye”, Ur város toronytemploma, amelynek építését a hagyomány szerint Nannar holdisten tiszteletére még Ur-Nammu király kezdte, és Sulgi király folytatta, ámde később az „özönvíz” miatt romba dőlt, és Kr. e. 2200 körül Nabu-na’id király újjáépíttette. Alighanem ez az építmény lehetett a későbbi egyiptomi piramisok előfutára.



A sumer birodalomban hatalmasat fejlődött a kézműipar, a mérnöki és csillagászati tudomány, a matematika és a geometria. A régészeti leletek között akadnak réz és bronz szerszámok, fegyverek, edények, hajómodellek, hangszerek (például a Sub-ad királyné sírkamrájából előkerült hárfa), továbbá ékszerek, körzők, mérőszalagok, földmérési segédesszközök.

Meg tudták mérni kis- és nagytömegű áruk súlyát, kidolgozták a nap-tárrendszert, megalkották a térképészet tudományát, ismerték a Pitagorasz-tételt, feltalálták a boltíves építkezést, használtak fazekaskorongot, kereket, fémekével szántották a földet, és tőlük származik a kör 360 fokra osztása.

A csillagászatban és az időszámításban ma is a sumer hagyományt követjük azzal, hogy egy év 12 hónapból, egy nap pedig 24 órából áll, továbbá, hogy egy óra hatvan percre és 3600 másodpercre tagolódik.

Mivel azonban egy év nem azonos 12 darab 30 napos hónappal, kidolgozták a módszert, ahogyan az eltérés korrigálható, és bevezették a 12 csillagképből álló állatöv fogalmát, amelyet manapság az asztrológusok is használnak.

Megalkották a sumer ékirást, tőlük származik az emberiség első jelentős irodalmi alkotása, a Gilgames-eposz. Az írás elterjedésével megjelentek a vallási iratok, amelyekben lejegyezték a mitológiájukat, és megjelentek a piramis alakú, lépcsős templomokban a vallási szobrok, az istenek képmásai.

A sumer istenek a görögökhöz hasonló tulajdonságúak voltak, a tetteiket agyagtáblára írt sumer és akkád eposzok örökítették meg. A víz tisztelőt és fontosságát mutatja, hogy kezdetben csak két isten létezett, Apszu, az édesvíz és Tiámat, a tenger istene, majd a kettőjük egyesüléséből született a többi isten.

Egyetlen civilizáció sem tart örökké, ez érvényes a sumérokra is. Birodalmukat a beözönlő nomád törzsek meggyengítették, majd Kr. e. 2007 körül leigázták az akkádok. Később az akkádokat legyőző gutik és amoriták uralták a területet, mígnem Babilon hódította meg – továbbfejlesztve az eredményeket.

Babilon sem volt túl hosszú életű, ámde egyik uralkodója, Hammurápi halhatatlanná tette, megalkotva híres törvénykönyvét, amelyet kőbe véstek, hogy mindenki megnézhesse, és senki se tudja megváltoztatni.

A mezopotámiai sumér-babiloni civilizáció jelentősen befolyásolta az emberiség tudományos és kulturális fejlődését, innen terjedt el a bronzkésztés tudománya, és számos eredményüket átvették Egyiptomban, a krétai és a korai görög civilizációban.

Ily módon a sumer civilizáció a többi kultúra elindítója volt, és talán jogosan használták önmagukra a Ku-Mag-Ari kifejezést, amelynek jelentése: „a fensőbb isteni tudás népe”.

A sumér-akkád-babiloni civilizáció annak köszönhette virágzását, hogy ésszerűen hasznosították a természet erőforrásait, főleg a vizet, amely nem csak az élőlények legfontosabb éltető eleme, de olyan hatalmas erőforrás, amelyet egyetlen fejlett civilizáció sem nélkülözhet.

Ezt ismerték fel később a középkori Európában, beleértve a honfoglaló magyarokat, akik megalkották a monumentális Árpád-kori csatorna-rendszert, amely a Kárpát-medence alföldi területein egységes elvek

alapján kezelte a vízügyi problémákat, egyszerre megoldva az öntözés és a vízelvezetés problémáját.

Ennek maradványait tárták fel többek között a Rábaköz és a Hanság vidékén, valamint a kalocsai és sárközi térség régészeti lelőhelyein. Az Árpád-kori csatornák két vagy három párhuzamos mederből álltak, és a kitermelt földet a medrek között magasították fel. A csatornarendszer maradványai – meglehetősen lepusztult állapotban – még a XVIII. században is léteztek.

Ez a csatornahálózat számos vízügyi beavatkozást tett lehetővé, például egyes csatornák elzárásával vagy megnyitásával szabályozni lehetett a vizek magasságát, területeket lehetett elárasztani, mesterséges tavakat létrehozni vagy lecsapolni.

A csatornarendszer alkalmas volt arra is, hogy háborús időben egyes útvonalakat járhatatlanná téve akadályozzák az ellenséges csapatok mozgását.

Már az eddigi feltárások is arra utalnak, hogy a Kárpát-medencében az Árpád-háziak korában sok ezer kilométernyi kiterjedésű ilyen csatornahálózat működhetett. Ha ez ma is működne, talán kevésbé kellene aggódnunk a Duna-Tisza köze elsivatagosodása miatt.

Nyugat-Európa gazdasági fejlődésében is hatalmas jelentőségű volt a folyóvizek erőforrásainak kiaknázása öntözésre, energiatermelésre gabonák őrléséhez és kovácsoláshoz, nem utolsósorban hajózáshoz.

Több száz év alatt építették ki a nagy tömegű olcsó szállításokra alkalmas vízi utakat, csatornákkal összekötve folyókat, tengereket, óceánokat.

Az egyik leghíresebb, ma is hajózható csatorna Franciaországban még a „Napkirály”, XIV. Lajos idején épült, ez Gibraltár kikerülésével köti össze a Földközi-tengert az Atlanti-óceánnal. A csatorna vízutánpótlását hatalmas duzzasztómű segítségével kialakított víztározó biztosítja.

A korszerűsített nyugat-európai csatornarendszerekben mára kétszintű hajóút-kereszteződéseket is kialakítottak, akárcsak az autópályáknál.

A vízben rejlő hatalmas lehetőségeket a fejlett államok a XX. században mindenütt eredményesen hasznosították.

Példa erre, hogy a nagy gazdasági világválságból (1929-1931) való kilábalás érdekében, miután a világhírű közgazdász, John Maynard

Keynes tanácsára Amerikában lecsökkentették az adókat, hitelekben hatalmas állami – többek között vízügyi – beruházásokba kezdtek.

Ekkor épült meg – többek között – a világ akkori legnagyobb víz-erőműve, a Hoover-gát, olcsó villanyáramot és öntözési lehetőséget kínálva a korábban csaknem lakhatatlan sivatagos környéknek, amelyből bőven termő mezőgazdasági területeket, virágzó, pazar kertvárosokat varázsoltak, munkát adva a munkanélkülieknek.

A gazdasági fellendülés hatására vált a közeli Las Vegas is Amerika egyik felkapott szórakoztatóközpontjává.

Vizek energiájának hasznosítása az ezredforduló után is hatalmas jelentőségű, amit az is mutat, hogy a zöldek által forszírozott „megújuló” villamosenergia-termelés túlnyomó részét vízenergiával termelik. Kivételesen ebből a szempontból Magyarország, ahol politikai okokból tilos víz-lepcsőt építeni.

A magyar nép eredetével foglalkozó kutatások során időnként felvetődik, hogy talán a sumérok leszármazottai lehetünk. Ha ez bebizonyosodna, büszkéek lehetnénk az őseinkre, bár azt azért fel kellene ismerni, hogy az alma most bizony jó messzire esett a fájától.



## Környezetszennyezések

A közelmúltban egy nemzetközi híró kiváló tudós a kutatóintézetében növényvédő anyagokkal kísérletezett. Bár a munkavédelmi szabályzat ilyen esetre védőkesztyű viselését írja elő, de a professzor ezt nagyvonalúan figyelmen kívül hagyta. Azután egyszer csak behoztak vizsgálatra egy növényi eredetű bioélelmiszer mintát. A tudós gondosan felvette a védőkesztyűt, és csak azután vette át a mintát. A munkatársa kérdésére pedig, hogy ezt miért teszi, azt felelte, hogy a bio növény esetleg gombafertőzött lehet.

Az eset rávilágít modern világunk paradoxonjára, arra, hogy már semmiben nem bízhatunk. Ha nem használunk vegyszereket, esetleg az élelmiszerrel gombatoxinok juthatnak a szervezetünkbe, ha használunk, akkor műtrágya és növényvédőszer-maradványok okozhatnak kárt az egészségünkben, ha pedig genetikailag módosított (GMO) növényt fogyasztunk, amely úgy van génmanipulálva, hogy vegyszerek nélkül is ellenálljon a gombafertőzésnek, akkor sem lehetünk teljesen biztosak abban, nincs-e annak valamilyen mellékhatása.

Úgy tűnik, ebben a kérdésben is Murphy „hármasszabálya” érvényesül, amely szerint nyerni nem lehet, döntetlent elérni nem lehet, játszából kiszállni nem lehet.

Az emberiség egészségét és jövőjét elsősorban nem a klímaváltozás, az ózonréteg károsodása, a radioaktív sugárzás, vagy a szén-dioxid-kibocsátás veszélyezteteti leginkább, hanem azok a kémiai vegyületek,

amelyek tömegesen kerülnek ki a környezetünkbe az iparból, a mezőgazdaságból, a közlekedésből, a szállításokból, a háztartásokból, és mérgezik a levegőt, a vizet, a termőföldet és az élelmiszereket.

A modern emberiség a GDP-ben mérhető korlátlan gazdasági fejlődés illúziójában ma már tömegesen termel olyan árucikkeket, amelyek a normális emberi élet szempontjából fölöslegesek, és ezek gyakran több ezer kilométeren keresztül szállítva jutnak el a fogyasztóhoz. A keletkező melléktermékek feldolgozása, ártalmatlanítása, újrahasznosítása egyre újabb iparágak felfutását eredményezi, amelyek tevékenysége ugyan csak beleszámít a GDP-be.

Érdemes röviden áttekinteni, hogy honnan milyen veszélyes anyagok juthatnak a szabadba, milyen következményekre lehet ezeknél számítani, és milyen lehetőségek vannak a védekezésre.

## *Levegőszennyezés*

Ebben a vonatkozásban leggyakrabban az üvegházhatású és ózonkárosító gázokat szokás említeni, amint azt az előző fejezetekben részleteztük. A városi lakosság egészségét azonban főleg a lokális hatások veszélyeztetik, amelyek oka többek között a levegőben található kén- és nitrogén-oxidok, szénhidrogének, nehézfém-vegyületek, valamint a por és a kórom.

Ezek egyik következménye a nagyvárosi szmog, valamint a kéntartalmú savas eső, amely nem tévesztendő össze a természetes eredetű szénsav tartalmú savanyú esővel.

A szmog szó az angol füst és köd szavak összevont rövidítéséből ered (smoke + fog = smog). A szakirodalom a szmog két típusát különbözteti meg, eszerint van London típusú és Los Angeles típusú szmog.

A londoni szmog főleg a szén elégetéséből ered, tartalmaz port, kormot, valamint kéndioxidot ( $\text{SO}_2$ ), amelyből köd jelenlétében kénsavcseppek ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) alakulhatnak ki.

A Los Angeles-i szmog napfényes napokon képződik, amikor az autók kipufogógázaiából származó nitrogén-oxidok és szénhidrogének a napsugárzás hatására fotokémiai reakcióba lépnek, ártalmas gáz és aeroszol keveréket hoznak létre. Az ilyen szmog tartalmaz ózont, erősen mérgező formaldehideket, ketonokat és peroxiacetil nitrátokat is, ame-

lyek ingerlik a szemet, károsítják a légzőrendszert, és kárt okoznak a növényzetben.

Káros anyag még a városok levegőjében a por és a korom. Egyes nagyvárosok felett egyfajta koromfelhő alakul ki, amelyek a magasabb légrétegekbe feljutva nagy távolságra elsodródhatnak.

Koromrészecskéket már az Északi-sarknál is megfigyeltek. A fekete koromszemcsék leülepednek a jégre, megváltoztatják annak fényelnyelő képességét. Egyes kutatók feltételezik, hogy ez nagyobb hatással lehet az északi-sarki jégtakaró olvadására, mint a globális melegedés.

A városi levegőben vannak még nitrogén-oxidok, ólom- és higanyvegyületek, valamint századmilliméternél is kisebb, kémiaiilag semleges porszemcsék, amelyek a tüdőbe jutva asztmás betegséget okozhatnak.

A nagyvárosi légszennyezés ellen a védekezés leginkább abból áll, hogy az előírt egészségvédelmi határértékek túllépésekor a lakosság számára riasztást adnak, ha a helyzet súlyosbodik, korlátozzák a közlekedést.

Mivel a nagyvárosi levegőszennyezés két legfontosabb oka a közlekedés, valamint az épületek fűtése, ezért több nagyvárosban az ezekből származó kibocsátás csökkentésére szolgáló rendeleteket is alkotnak.

Az egyik lehetőség az, hogy P+R parkolókat (Park and Ride = Parkolj és utazz tovább!) alakítanak ki a város szélén, és korlátozzák a belvárosba a gépjárművek behajtását, a tömegközlekedést pedig kötött pályás járművekre (villamos, trolis, metró) terelik, a megmaradó autóbusz járatokon pedig villamos vagy hibrid hajtású buszokra térnek át.

Ami pedig a fűtést illeti, korlátozzák az éghető anyagok (szén, fa, gáz, olaj, hulladék) városon belüli használatát, helyette a távfűtést és a villamos fűtést, valamint a napenergiával történő hőszivattyús fűtést, vagy az egyéb égetésmentes megoldásokat támogatják.

## ***Vízszennyezés***

A mai modern világban a vizek szennyezése hatalmas mértékű, az ipari és mezőgazdasági tevékenységből, valamint a háztartásokból savak, lúgok, egészségre káros fémek, szerves és szervetlen vegyületek, növényvédők, szerek, gyomirtók, gyógyszermaradványok, hormonok kerülnek a vizeinkbe.

A legnagyobb kibocsátó az ipar, ezen belül elsősorban a vegyipar. A világon naponta mintegy 2,5 millió köbméter ipari szennyvíz keletkezik, ezek több mint fele tisztítás nélkül kerül a szabadba. Óriási a háztartások szerepe is, ezek szennyező anyagai között megtalálhatók a különféle mosószerek, öblítők, vízlágyítók, kozmetikumok, gyógyszerek, savak és lúgok.

Jelentős vízszennyező a mezőgazdaság, ahonnan vegyszerek, gyomirtók, rovarirtók, műtrágyák kerülnek a felszíni vizekbe.

A szennyvizek egy része az épületekből és utcai lefolyókból a közcsatornába jut, másik része közvetlenül a talajba kerül. Ez történik, amikor esik az eső. A víz kitűnő oldószer, ez az esővízre fokozottan igaz, mivel a levegőből szén-dioxidot old ki, és ettől enyhén savas hatásúvá válik. Az eső a gyárkémények által kibocsátott füsttel és az autók által kibocsátott gázokkal kapcsolatba kerülve más szennyeződések, például kénvegyületeket is magával vihet. Lakott környezetben az esőcseppek jelentős része autókra és épületekre hull, ezek szennyeződéseit lemossa a talajba vagy a közcsatornába.

A talajban a szennyezett esővíz – a kőzet- és talajrétegeken áthaladva – leadja a szennyeződések egy részét, miközben újabb szennyeződéseket old magába – például műtrágyát, gyomirtó és rovarölő szereket – és ez addig ismétlődik, amíg a víz a felszínre bukkan, és forrásokon, patakokon, folyókon keresztül a tengerekbe jut.

Az ilyen szennyeződésekhez adódnak hozzá a csatornahálózatokból származó szennyvizekből a tisztítás során el nem távolított egyéb szennyeződések és a bomló szennyeződéseken élősködő mikroorganizmusok.

Az eredmény az, hogy az óceánokban köt ki évenként többek között nagyjából 80 millió tonna műtrágya, 120 millió tonna mosószer és kozmetikum, több mint 2 millió tonna cink és csaknem 400 ezer tonna ólom. Ezek károsítják a tengerek élővilágát, beleértve a planktonokat, amelyeknek fontos szerepük van az oxigén-szén-dioxid körforgásban és a globális bio-ökológiai rendszer stabilitásában.

És akkor még nem beszéltünk a kölaajszennyezésről, amelyből egyetlen literrel fogyasztásra alkalmatlanná lehet tenni akár ezer köbméter (vagyis egy millió liter) tiszta ivóvizet.

Mindezek további következménye az, hogy ma a világon legalább egymilliárd ember csak nagyon korlátozott mértékben tud hozzájutni a tiszta, egészséges ivóvízhez.

Ámde az ivóvízzel jól ellátott fejlett országokban is minden ivóvíz közvetve az esőből származik, amely – szénsavtartalmának köszönhetően – eredetileg lágy víz. Mivel azonban az esővíz a felszíni köztrétegen átszivárogva fém sókat old ki – főleg kalciumot és magnéziumot –, ezért a vezetékes és kút vizek még a tisztítás ellenére is tartalmaznak ilyen oldott sókat. Ez okozza azt, hogy az ivóvizek jelentős része „kemény” víz.

Ami viszont a gyakran emlegetett radioaktív szennyezést illeti, ezek szerepe az ivóvízben jelentéktelen. Számottevő mennyiségben tartalmaznak ugyanakkor radioaktív izotópokat a termálvizek, a gyógyvizek és egyes ásványvizek.

Néhány évtizeddel ezelőtt még számos gyógyfürdő reklámozta, hogy radioaktív gyógyvize mennyire hasznos a mozgásszervi betegségekre, ivókúráként pedig gyomor- és bélbántalmak ellen.

A radioaktív hatás ugyanis lehet hasznos is meg káros is, hiszen minden csak a mértéktől függ, ahogyan azt már Aszklépiosz, a gyógyítás ógörög istene hirdette. Mert ha beveszünk egy tablettát aszpirint, attól elmúlhat a fejfájásunk. De ha beveszünk százat, attól meghalunk. Így működik a radioaktivitás is.

Az ipari és mezőgazdasági szennyvizek gyakran tartalmaznak szerves és szervetlen szén- és nitrogénvegyületeket, fém sókat, nitrátokat, nitriteket, ammóniumot, lebegő szilárd részecskéket, különféle kloridokat, foszfor-, kén-, vas-, ólom-, mangánvegyületeket, továbbá baktériumokat és vírusokat.

Ezeket a szennyvizet azonban az üzemek csak alapos szűrés és tisztítás után engedhetik ki a közcatornába, a kibocsátási határértékeket kötelező szabványok és jogszabályok írják elő.

Más a helyzet a lakóépületekből kikerülő kommunális szennyvizekkel, amelyek tisztítás nélkül jutnak a közcatornába, ezért ezek szűrése és tisztítása az egyes településekre és/vagy lakóközösségekre hárul.

A kommunális szennyvizek általában szerves és szervetlen szén-, nitrogén- és foszforvegyületeket, lebegő szilárd részecskéket, valamint kisebb mennyiségben kénvegyületeket és különféle fém sókat tartalmaznak.

A kommunális szennyvizek tisztításának korszerű módszere a biológiai tisztítás, amely több technológiai lépésből áll. Első lépés a lebegő szilárd részecskék kiülepítése. Ennek érdekében a vízhez fém sókat kevernek, ezek hatására a lebegő részecskékből pelyhek alakulnak ki, amelyek a vízből ülepítéssel kiválaszthatók.

Ezután következik a több lépéses biológiai tisztítási folyamat, amelynek során különféle baktériumok és gombák a szerves vegyületeket először ammóniavegyületekké alakítják át, majd a baktériumokkal működő „biokonverter” az ammóniavegyületeket átalakítja nitritvegyületekké, ez utóbbiakat pedig nitrátokká.

A biológiai tisztítási folyamat befejező fázisa a denitrifikáció, amelyben – oxigénmentes környezetben élő anaerob baktériumok segítségével – a nitrogén vegyületekből nitrogén gáz ( $N_2$ ) képződik, és ez a levegőbe eltávozik.

A hazai települések szennyvíztisztítói jól fel vannak szerelve kémiai analitikai műszerekkel, ezekkel folyamatosan ellenőrzik, hogy a tisztító üzemből ne kerülhessen élővízbe olyan tisztított szennyvíz, amelyben a szabványokban és jogszabályokban előírt határértékeket meghaladó koncentrációban maradtak káros anyagok. Ez az intézkedés azért fontos, mert – közvetve – a vízvezeték-hálózatba kerülő ivóvíz is, megfelelő további tisztítási műveletek után, a tavainkból és folyóvizeinkből származik.

Ezért a hálózati vízvezetékbe kerülő víz minőségét is naponta ellenőrzik, vagyis sokkal gyakrabban, mint a palackozott ásványvizek minőségét. Ennek során mérik – többek között – a víz vezetőképességét, keménységét, lúgosságát, klorid-, vas-, mangán-, nitrát-, nitrid- és ammóniumtartalmát, valamint a kémiai oxigén igényt (KOI), amely megadja, hogy a vízben oldott szerves anyagok oxidáláshoz mennyi oxigén szükséges.

A gondos vizsgálatoknak köszönhető, hogy Magyarországon a víz-csapokból mindenütt jó minőségű, tiszta, iható víz folyik.

## ***Talajszennyezés***

A biológiai szervezetek szerves anyagokból épülnek fel, ezek molekuláinak legfontosabb komponensei a szén-, a nitrogén-, a hidrogén- és az oxigénatomok. Emberi beavatkozás nélkül a természetben a szerves

vegyületek felépítéséhez szükséges szén-dioxidot megkötik a növények a levegőből, a nitrogént pedig a talajban tenyésző nitrifikáló baktériumok dolgozzák fel, majd az így létrejövő szerves anyagokat az állatok elfogyasztják, az állati trágyával minden visszakérül a talajba, amit onnan a növény felvett.

Az emberiség akkor kezdett igazán beleavatkozni a természet háborítatlan ciklikus működésébe, amikor 10-12 ezer évvel ezelőtt kezdett áttérni a halászó, vadászó, gyűjtögető életmódról a rendszeres földművelésre.

A földművelés elterjedésével és azzal, hogy a megtermelt növényeket gyakran máshová szállítják, az egyensúly felborult. A szaporodó emberiség egyre több nitrogéntartalmú vegyületet fogyaszt, amelynek nitrogén tartalma nem kerül vissza a talajba, hanem a vizek szennyezése során a folyókban, tavakban és óceánokban köt ki.

Már a középkorban felismerték, hogy a földeket a regenerálódás érdekében időnként paragon kell hagyni, vetésforgót kell alkalmazni, lóherét kell bele vetni, vagy állati trágyával meghinteni, különben terméketlenné válik.

Ez azonban a növekvő népesség élelmiszerellátáshoz már a XIX. században sem volt elegendő, ezért a vegyészek kifejlesztették a nitrogéntartalmú műtrágyák előállítási technológiáját, majd később a foszfor- és káliumtartalmú műtrágyákat is.

Ettől függetlenül azonban a hagyományos paraszti gazdaságokban még a XX. század első felében is alig keletkezett hulladék, mert szinte mindent felhasználtak, újrahasznosítottak, amit ma már elszállítandó és megsemmisítésre váró hulladéknak tekintünk.

A talajvízbe kerülő ipari és kommunális szennyezések egyre nagyobb mennyiségben jelennek meg a távolabbi termőtalajokban is, ezeket a talaj egyes komponensei megköthetik, vízben oldódva felszívódhatnak a növények gyökérzetében, bekerülhetnek a táplálékláncba.

Ráadásul a XX. század második felében a terméshozamok növelése érdekében a mezőgazdaság fokozott kemizálása során nagyhatású rovarölő, gombaölő szerek és gyomirtók kerültek forgalomba, amelyek az előnyös hatásaik mellett a káros vízszennyezők számát is tovább növelték.

További problémát jelentenek az alom nélküli állattartásban keletkező hígtrágyák, az élelmiszer-feldolgozó üzemekből, a hulladéklerakó

helyekről, valamint a szennyvíztárolókból a talajvízben oldódó anyagok, amelyekből ártalmas mikroorganizmusok is juthatnak a talajba, ahol napokig, sőt hónapokig élhetnek a talajvízszint alatt.

A szerves szennyezőanyagok nagy része a talajban a holt szerves anyagokhoz hasonlóan viselkedik. Egy részük mineralizálódik, és így módon a szén-, nitrogén- és foszfortartalmuk ismét hasznosul. Más anyagokat különféle mikroorganizmusok bontanak le, de beépülhetnek a táphumuszba is, esetleg fosszilizálódnak, és ezzel kikerülnek a biológiai körfolyamatból. Ezek a folyamatok függenek a talaj hőmérsékletétől, nedvességtartalmától és pH-értékétől, amelyekre ugyanakkor ezek a folyamatok visszahatnak. A tapasztalatok szerint a szerves szennyezőanyagok lebomlása szempontjából a legkedvezőbb a semleges körüli pH érték (pH = 6 és 8 között).

A szervetlen szennyezőanyagok a talajban a növényi tápsók ionjaihoz hasonlóan viselkednek, ezek előfordulhatnak oxidok és hidroxidok formájában.

Lehet bennük toxikus fém is, például kadmium, kobalt, cink, higany, réz, ólom, króm, nikkel, amelyek a szerves molekulákba beépülve elfoglalhatják más atomok helyét, mint amilyen a vas, kalcium, magnézium, kálium stb. A káros fémeket tartalmazó molekulák beépülhetnek a talajban a mikroorganizmusok szervezetébe, vagy vízben oldott formában felszívódhatnak a növények gyökérzetében, és bekerülhetnek az állati és az emberi táplálékba.

A problémát súlyosbítja, hogy a talajban fizikai-kémiai szempontból nincs egyensúlyi helyzet, mivel annak beállításához évekre, sőt évtizedekre lehet szükség, miközben az éghajlati és egyéb környezeti tényezők állandóan változnak.

## ***Élelmiszer-szennyezés***

A vizek és talajok szennyeződésének következménye az emberi táplálékul szolgáló élelmiszerek szennyeződése. Az ebből eredő egészségkárosodások megelőzése érdekében szabványok rögzítik a szennyezés még éppen megengedhető mértékét, amelyeket rendszeresen hatóságilag ellenőriznek, a nem megfelelő élelmiszerek árusítását, forgalomba hozá-



sát megtiltják, a visszaéléseket pedig szigorúan büntetik. A fontosabb élelmiszer-szennyező anyagok a következők:

A *nitrátok* leggyakrabban a zöldségekben (spenót, saláta) fordulnak elő, a közegészségügyi szempontból még megengedhető nitráttartalom felső határértéke az évszaktól függően is változhat.

Veszélyes szennyező anyagok a gombatoxinok. Ezen belül az *aflatoxinok* rákkeltő hatásúak, általában magasabb hőmérsékletű és páratartalmú környezetben alakulnak ki, főleg földimogyoróban, diófélékben, szárított gyümölcsökben, kukoricában és rizsben fordulhatnak elő. Az *ochratoxin* károsíthatja az immunrendszert és az idegrendszert, okozhat vesebetegséget, daganatkeltő hatású, főleg gabonafélékben, kávébabban, kakaóbabban és szárított gyümölcsökben szokott előfordulni. A *patulin* előfordulhat gyümölcsök levében, elsősorban alma lében. A sejtkárosító *fusarium toxinok* főleg a mérsékelt égövben termelt gabonafélékben fordulhatnak elő.

Veszélyes egészségkárosító szennyező anyagok még egyes fémek, fém vegyületek, így az *ólom*, amely károsítja a gyermekek szellemi fejlődését és teljesítőképességét, felnőtteknél növeli a vérnyomást, vérkeringési betegségeket okoz. A *kadmium* felszívódása veseelégtelenséghez és csontrendszeri károsodáshoz vezethet. A *higany* károsíthatja a csecsemők agyának fejlődését, idegrendszeri károsodást okozhat felnőtteknél, ez főleg halakban és halból készült termékekben fordul elő. A *higany* legkárosabb kémiai formája a metil-higany, amely a szabadba kerülő higanyból biokémiai reakciókban jöhet létre.

Nagyon veszélyes anyagok még a *dioxinok* és a dioxinszerű vegyületek, amelyek létrejöhetnek erdőtűzben vagy vulkáni működés során, de ipari folyamatokban is, mint például a festékgyártás, papírfehérités, és többek között rákot, immunrendszeri és idegrendszeri zavarokat, májkárosodást, meddőséget és sterilitást okozhatnak.

További egészségre ártalmas élelmiszerszennyező daganatkeltő anyagok még a *policiklikus aromás szénhidrogének*, amelyek többek között különféle füstölési, hőkezelési és szárítási eljárások során szennyezhetik az élelmiszert.

Végül érdemes még említeni a *szervetlen ón* szennyezést, amely konzervekben, dobozos italokban fordulhat elő, gyomor-bél panaszokat okozhat.

## **Az ökológiai lábnyom**

Az emberiség létszámának rohamos gyarapodása, az éghajlat melegedése, valamint a környezet és a természet fokozódó károsodása miatt az emberiség új kihívásokkal kénytelen szembenézni.

A problémák oka, hogy az emberiség létszáma rohamosan növekszik, miközben a rendelkezésre álló természeti erőforrásokkal nem megfelelően gazdálkodunk. A megfelelő gazdálkodás azt jelenthetné, hogy csak olyan mértékben használjuk fel az erőforrásokat, amilyen ütemben azt a természet képes pótolni.

Természeti erőforrás minden, amit az életünkhöz felhasználunk, például az iható tiszta víz, a beszívható tiszta, egészséges levegő, a szennyezésektől mentes termőföld, az élelmiszerek, az ipar nyersanyagai, az energiahordozók és energiaforrások, továbbá ezek regenerációs képessége.

Amikor szennyvizet engedünk egy tóba vagy folyóba, igénybe vesszük azt a természeti erőforrást, amely a szennyezést lebontja, közömbösíti. Amikor fát, szenet, olajat, földgázt termelünk ki és égetünk el, igénybe vesszük a természeti erőforrásokat, amelyek mindezeket újra-termelik, az égéstermékeket hatástalanítják, a levegőt ismét tisztává teszik. Amikor éveken keresztül ugyanazon a területen tömegesen termesztünk ipari növényeket és kimerítjük a talaj termőképességét, igénybe vesszük azokat a természeti erőforrásokat, amelyek képesek a talajt regenerálni.

W. Rees és M. Wackernagel kanadai tudósok a problémák megoldására a fenntartható fejlődés koncepcióját javasolják, ami azonban nem gazdasági fejlődést jelent, hanem az élet minőségének javulását, olyan magatartás mellett, amely megőrzi a természetet a következő generáció számára, ugyanakkor biztosítja a ma élő emberiség szükségleteinek kielégítését.

A fenntartható fejlődés fontos tényezője a bioregionalizmus. Ennek alapelve, hogy az életünkhöz szükséges javakat lehetőleg a helyszínen (régión belül) termeljük meg, állítsuk elő, elkerülvén a hatalmas erőforráspazarlást, amit a nagy távolságú szállítások jelentenek. Azokat a javakat pedig, amelyeket a régióban nem lehet előállítani, lehetőleg a szomszéd régióból kell behozni, bár néhány alapvető, nélkülözhetetlen termék távolabbról is beszerezhető. Egyúttal fel kell mérni a vonatkozó régió eltartóképességét, és azon a szinten kell stabilizálni a népesség létszámát.

Az eltartható népesség meghatározásának egyik módszere az ökológiai lábnyom (ecological footprint). Ez azt jelenti, hogy a felhasznált természeti erőforrásokat területigényben fejezzük ki. Az így kapott számérték megmutatja, hogy mekkora földterület kell egy ember, egy embercsoport, egy nemzet, vagy akár a teljes emberiség szükségleteinek kielégítéséhez.

A termőterület azonban a Földön korlátozott. Bolygónk felszínének több mint kétharmad részét víz borítja, a szárazföldeknek pedig mindössze 15%-a alkalmas mezőgazdasági művelésre. Ez a 15% azonban fogy. Márpedig ahol nincs termőtalaj, mert nem is volt (például a sivatagban), vagy ahol azt a városok, az ipar és a bányászat terjeszkedése miatt felszámoltuk, ott a termőtalaj újbóli kialakulása több száz vagy akár több ezer évet vehet igénybe.

Rees és Wackernagel számításai szerint a fenntartható fejlődés szabályainak betartása mellett a Földön élő minden emberre két hektár terület jutna, ámde ennél sokkal több erőforrást veszünk igénybe.

A különbség az ökológiai deficit, amelynek következménye számos környezeti katasztrófa, a természeti erőforrások kizsákmányolása és elszennyezése, valamint a nemzetek közötti gazdasági, diplomáciai és háborús konfliktusok.

A modern fogyasztói társadalomban a fogyasztás és a termelés folyamatos növekedése a cél, és ez ellentmond a fenntartható fejlődés

követelményeinek, olyannyira, hogy ha a világon mindenki az EU normái szerint élne, ehhez szükség lenne még legalább további két Föld bolygóra.

Az is probléma, hogy az erőforrások egyenlőtlenül oszlanak meg, mivel az emberiség mindössze 6%-a birtokolja a rendelkezésre álló összes erőforrás csaknem 60%-át, miközben a Földön minden második ember alultáplált.

Az ökológiai lábnyom tehát azt mutatja, hogy egy ember vagy embercsoport eltartása átlagosan mekkora termőterületet igényel, a mértékegysége pedig az egy főre vetített termőterület igény hektárban (ha) kifejezve.

Rees és Wackermagel adatai szerint a Földön 1961-ben az egy főre igénybe vett ökológiai lábnyom még csak 0,88 ha volt, de ez az ezredfordulóra már 2,85 ha/fő szintre növekedett, miközben a népesség, valamint az egy főre jutó erőforrás felhasználás növekedése miatt az ezredforduló körül a rendelkezésre álló kontingens mindössze 2,18 ha/fő volt, ami a bioszféra több mint 30 százalékos túlterheltségét jelenti.

A különböző földrészek és országok esetén az ökológiai lábnyom nagy mértékben eltér. Ez 2000-ben már az USA-ban átlagosan 9,57 ha/fő, Nyugat-Európában 6,3 ha/fő, Kelet-Európában átlag 4,9 ha/fő, Magyarországon pedig 3,7 ha/fő volt.

Az ökológiai lábnyomra vonatkozó számítások azonban félrevezetők, a helyzet alighanem rosszabb, hiszen például a szén, a kőolaj és a földgáz bányászatánál csak a kitermeléssel kapcsolatos erőforrás-ráfordítást, valamint az ezek elégetésénél fellépő környezetterhelést vették figyelembe, de azt nem, hogy a kibányászott mennyiség természetes úton mennyi idő alatt tudna újratermelődni.

A fosszilis energiahordozók kitermelése olyan mértékű, hogy amennyit ezekből egyetlen év alatt felszínre hozunk és felhasználunk, annak természetes úton való újraképződéséhez százezer év sem lenne elég. Nem csoda, hogy ezek a források lassan kimerülnek. A problémát fokozza, hogy az emberiség létszáma állandóan növekszik, az elosztható erőforrás-mennyiség viszont nem lesz nagyobb, sőt egyes erőforrástípusoknál még csökken is.

Lehetne erre azt mondani, hogy hatalmas mennyiségű szénhidrogéntartalmú kőolaj van még a föld mélyén, amelyek felszínre hozása a bányászat technológiai fejlődése során majd megoldódik. Van azonban

egy probléma, az, hogy a kitermeléshez energia kell, és minél mélyebbről kell ezeket kitermelni, annál nagyobb a kitermelés energiaigénye, míg végül eljuthatunk oda, hogy egy hordó kőolajból vagy egy köbméter földgázból kevesebb energiát tudunk csak előállítani, mint amennyit a kitermeléséhez fel kell használni.

Ebben az esetben már a kitermelés – legalábbis energetikai szempontból – értelmetlenné válik, habár a petrolikémiai ipar számára továbbra is fontos nyersanyagnak fognak ezek számítani, csak nagyon drágán.

Van-e megoldás a súlyosbodó erőforrás-problémára, vagy bele kell törődni, hogy az emberiség előbb-utóbb felhasználja az összes lehetséges erőforrást, és annyira elszennyezi a környezetet, hogy végül saját magát is elpusztítja?

Az egyik lehetőség új műszaki megoldások kidolgozása, feltalálása. Ilyen irányban hatalmas kutatómunka folyik jelentős számú magasan kvalifikált tudós közreműködésével.

A probléma több kérdéscsoportot érint.

Az egyik a nyersanyagkészletek kimerülése. Az ipar egyre több fém, ásványi anyagot, stb. igényel, de a készletek kifogyóban vannak. E probléma megoldása azonban műszakilag lehetségesnek látszik egyrészt a hulladékok újrahasznosításával, másfelől anyagtakarékosabb műszaki konstrukciók alkalmazásával. Szóba jöhetne még a haszontalan és felesleges, csupán divat jellegű termékek előállításának mérséklése is, amely azonban jelentős üzleti érdekeket sérthet.

Másik probléma az egyre növekvő energiaigények biztosítása, még hozzá olyan megoldásokkal, amelyek sem a működésükkel, sem a létesítésükhöz szükséges műszaki berendezések előállításával nem okoznak számottevő üvegházhatást. Ez a feladat talán megoldható lesz a fúziós energia hasznosításával, amire már eddig is dollármilliárdokat költöttek, egyelőre mérsékelt eredménnyel.

A ténylegesen hasznosítható megoldás legkorábban 20-30 év múlva kerülhet alkalmazásra. Addig azonban meg kell elégedni a már létező megoldásokkal.

További probléma az emberiség élelmszer-ellátása és a betegségek gyógyítása. Ma a Földön több száz millió ember rendszeresen éhez, és milliók halnak meg alultápláltság és megfelelő gyógyszerek hiánya miatt. Ez a probléma a népesség rohamos növekedésével súlyosodik. Megoldás egyelőre nincs. Meg lehetne próbálkozni az életmód és az

étkezési szokások megváltoztatásával, ami azonban eddig túl sok eredményt még nem hozott.

Az emberiség ökológiai lábnyoma tehát folyamatosan növekszik, és a megfékezésére nem rendelkezünk egyszerű és hatékony megoldással. Ha egyáltalán van megoldás, az nagyon bonyolult lesz, ráadásul ütközni fog befolyásos gazdasági lobbierdekekkel. Valóban hatékony, működőképes megoldásokat a természettudományokat magas szinten ismerő és művelő szakemberektől lehet remélni, nem pedig a lelkes aktivistáktól, vagy a politikusoktól, akik számára fontosabb a pártok népszerűsége és a következő választás várható eredménye.

Kérdés az is, hogy a lehetséges megoldásban mekkora a szerepe az energiatermelésnek, ezen belül is a „megújuló” energiáknak, hiszen az erőművek telepítése is területet igényel, de még ennél is nagyobb területet igényel az erőművek működtetéséhez és karbantartásához szükséges energiahordozók és egyéb erőforrások előállítása, begyűjtése, valamint az erőmű üzemidejének lejártá után annak felszámolása, a hátramaradó veszélyes hulladékok ártalmatlanítása.

Erre vonatkozóan az Interneten alig találunk bővebb információt, az alábbi adatok prof. dr. Szarka László 2011. november 14-én megtartott előadásából származnak. (ld. <http://www.enpol2000.hu/?q=node/505>)

Eszerint villamosenergia-termelés esetén a „zöld” energiák közül a biomassza energia ökológiai lábnyoma 35-ször, a szélenergia ökológiai lábnyoma 11-szer, a napenergia ökológiai lábnyoma pedig másfélszer akkora, mint amekkora vízenergia esetén lenne.

## **Energia és környezet**

A káros anyagok kibocsátása és az egyes országok gazdasági fejlődése szempontjából is kiemelten fontos az energia termelése, elosztása, szállítása és felhasználása, annál is inkább, hiszen a klímaváltozással kapcsolatban bűnbaknak kikiáltott szén-dioxid-kibocsátás legnagyobb hányada ehhez kapcsolódik. Így azután a környezetvédő mozgalmak, a nagypolitika, valamint különféle nemzeti és nemzetközi gazdasági érdekcsoportok számára is az energetika egyfajta ütközési pontot jelent.

Energiát három célra használ ma az emberiség:

- A közlekedésben és szállításban járművek meghajtásához, valamint mezőgazdasági gépek (traktorok, cséplőgépek) működtetéséhez nagy részt folyékony üzemanyag (benzin, dízelolaj) elégetésével.

- Hőenergia formájában épületek fűtéséhez, melegvíz készítéshez, sütéshez-főzéshez, illetve az iparban fémek és egyéb anyagok olvasztásához, hőkezeléséhez.

- Villamos energia formájában villamos gépek és kötött pályás közlekedési eszközök (villamos, metró, trolis) meghajtásához, világításához, háztartási gépek (mosógép, hűtőszekrény stb.), valamint hírközlési, adatfeldolgozó és egyéb elektronikus eszközök működtetéséhez.

A megtermelt és felhasznált energiát különféle módon szokás kifejezni, ezért ezek összehasonlítása gondot okozhat.

A mértékegységek közötti eligazodás szempontjából néhány fontosabb összefüggés a következő:

A háztartásokban az elfogyasztott földgáz mennyiségét köbméterben ( $\text{m}^3$ ) mérik. Egy köbméter gáz fűtőértéke, vagyis energiatartalma kb. 32-36 megajoule (megadzsúl = MJ).

Az elfogyasztott villamos energia mennyiségét ugyanakkor kilowatt-órában (kWh) mérik, ami nem tévesztendő össze a teljesítménnyel, amelynek a mértékegysége a kilowatt (kW). Egy 100 wattos lámpa például 10 óra alatt fogyaszt el egy kilowattóra energiát. Egy kilowattóra pedig a fentebbi mértékegységben 3,6 MJ energiát jelent.

A kilowattóra ezerszerese a megawattóra (MWh), milliószorosa a gigawattóra (GWh).

A megajoule ezerszerese a gigajoule (GJ), és az egy millió gigajoule megnevezése a petajoule (PJ).

A kitermelt kőolaj mennyiségének mértékegysége általában a barrel, azaz hordó. Egy barrel kb. 160 liter, és mivel a kőolaj sűrűsége (fajsúlya) változik, ezért azzal számolnak, hogy egy tonna kőolaj átlagosan 7 hordónyi olajat jelent.

Hogy a helyzet még cifrább legyen, szokás még a megtermelt és/vagy elfogyasztott energia mennyiségét millió tonna kőolaj egyenértékben (MToe) is mérni, ahol egy MToe kb. 42 petajoul (PJ), azaz csaknem 12 ezer gigawattóra (GWh) energiát jelent.

A megtermelt energia egy része különféle veszteségek miatt nem hasznosul, ezért meg kell különböztetni a primer energiát illetve energiahordozót, valamint a veszteségek után megmaradó, ténylegesen kinyerhető és hasznosítható mechanikai, villamos vagy egyéb energiát.

A világ teljes energia felhasználása 2010-ben kb. 600 exajoule (EJ), azaz 600 ezer petajoul (PJ) körül volt. Ennek több mint háromnegyede valamilyen éghető anyag (szén, fa, olaj, földgáz stb.) elégetésével lett megtermelve, általában nem túl jó hatásfokkal és hatalmas mennyiségű károsanyag kibocsátásával.

Mivel az emberiség létszáma, ezzel az energiaigénye is növekszik, a kedvezőtlen folyamatok megfékezése érdekében megoldandó két fő probléma a következő:

1. Hogyan lehet minél több energiát megtakarítani, a pazarlást felszámolni.
2. Hogyan lehet a szükséges mennyiségű energiát minél jobb hatásfokkal és minél kisebb káros emisszióval megtermelni.



A jármű üzemanyagokkal külön fejezetben foglalkozunk. A jelen fejezet tárgya az, hogy főleg a háztartásokban felhasznált hőenergia és villamos energia hogyan állítható elő minimális környezetterheléssel, hogyan lehet ezekkel takarékoskodni, mennyire alkalmasak és célszerűek a zöld mozgalmak által javasolt műszaki megoldások.

## *Hőenergia*

Statisztikai adatok szerint a lakossági energiafelhasználás 70-80%-a hőenergiaként hasznosul (fűtéshez, meleg víz készítéséhez, sütés-főzéshez). Fűtéshez bármilyen energiaforrás megfelel, hiszen a lakásba bevitt összes energia (az is, amit világításra, vagy a TV készülék és a számítógép működtetéséhez használunk) előbb-utóbb hővé alakul át, hozzájárul a lakás fűtéséhez, a hasznosítás hatásfokát pedig főleg az épület szigetelése határozza meg.

Nagyon fontos energiatakarékossági tényező tehát az épületek hőszigetelése, amelynek módszereit a már meglévő épületek esetén két fő csoportba lehet osztani:

1. A külvilággal érintkező falak szigetelése a hőátteresztő képesség csökkentése érdekében.

2. A nyílászárók (ajtók, ablakok) szigetelése a levegő átteresztés (huzat) kiküszöbölése érdekében.

A külső falak utólagos szigetelésére számos jól bevált megoldást fejlesztettek ki. A szigetelés történhet belül vagy kívül. A külső szigetelés több szempontból előnyösebb. Egyrészt egyszerűbb a kivitelezése, mert nem kell a belső térhez hozzányúlni. Penészedés szempontjából is a külső szigetelés jobb, és azért is, mert ilyenkor a nagy tömegű fal hőkapacitása is érvényesül, a fűtési teljesítmény ingadozása esetén képes stabilizálni a beltéri hőmérsékletet. Fontos a falak természetes szellőzésének biztosítása is, ezért a jelenleg ismert megoldások közül a közetgyapotos megoldás a legjobb, annál is inkább, mivel a műanyag habszigetelést különféle kártevők (bogarak, madarak) károsíthatják.

Ami a nyílászárók „tökéletes” szigetelését illeti, ez olykor kétélű fegyverré válhat. Bár el lehet azt érni, hogy a legnagyobb szélviharban sem lebbenjen meg az ablakunkon a függöny, azonban ez a belső levegő minőségének rovására mehet, amelyben felhalmozódhat a szén-dioxid,

gázfűtés esetén pedig akár oxigénhiány is felléphet a lakásban. Erre utal, hogy a nyílászáró szigetelések bevezetése óta Budapesten több tragikus baleset történt, többek között gázmérgezések és füstmérgezések is, amelyek jobb szellőzés esetén esetleg elkerülhetők lettek volna.

Több országban a nagyvárosokban igyekeznek teljesen kiküszöbölni a gázfűtést, és helyette távfűtést vagy villamos fűtést alkalmaznak, mert ez nemcsak a benn tartózkodók egészsége szempontjából előnyös, hanem mérsékelhető a nagyvárosi levegőszennyezés (szmog) is.

Új épületek esetén a fűtési energia jelentős része az épület megfelelő kialakításával, tájolásával megtakarítható, erre alkalmas árnyékolási megoldások esetén pedig a klímaberendezés is feleslegessé válik.

Ami a hőenergia forrását illeti, erre a célra bármilyen környezetbarát energiaforrás alkalmas, hiszen a sokat emlegetett entrópia törvény gondoskodik arról, hogy az épületbe bejutó bármilyen energia hőenergiává alakuljon át.

Energiatakarékos hőenergia hasznosítási megoldás a hőszivattyú, amellyel a lakásunkat fűthetjük a külvilágból (vízből, talajból, levegőből, geotermikus vagy napenergiából stb.) elszivattyúzott hőenergia segítségével, de ugyanilyen módon oldható meg az épületek nyári klimatizálása is, sőt még arra is van lehetőség, hogy nyáron a lakásból kivont hőt meleg víz készítéséhez használjuk fel.

A hőszivattyú működtetéséhez külső (többnyire elektromos) energia szükséges, azonban mégis gazdaságos lehet, hiszen így egységnyi energia befektetésével akár 4–5 egységnyi hőenergiát is kaphatunk a lakás fűtéséhez.

Épületek hőszivattyús fűtése és hűtése esetén legtöbbször a talajhőt hasznosítják (amely nem tévesztendő össze a valódi geotermikus energiával). A talajban ugyanis 15–20 méter mélyen a hőmérséklet télen-nyáron csaknem állandó, nagyjából  $+8\sim 10^{\circ}\text{C}$  körüli, ezért a talajból télen hőt szivattyúzva az épületet fűthetjük, nyáron pedig hőenergiát visszapumpálva klimatizálhatjuk.

Lehetséges hasznosítani az épületet körülvevő levegő hőtartalmát is. A levegőkazán a külső levegőből veszi ki a hőenergiát, és még mínusz  $20^{\circ}\text{C}$ -os környezeti hőmérséklet esetén is képes a lakás belső terét  $20\text{--}25^{\circ}\text{C}$ -ra felfűteni. Az ilyen hőszivattyú magát a levegőt használja munkaközegnek, annak összesűrítésével nyeri ki belőle a hőenergiát, amiből

egy újabb (zárt rendszerű kompresszoros) hőszivattyú állít elő magasabb hőmérsékletű munkaközeget.

Primer hőforrásként hasznosítható a napenergia is, például a tetőre szerelt napkollektorok segítségével, és bár télen kevés a napsütés, és kicsi a napkollektor hőteltjesítménye, azonban hőszivattyúval a fűtőteltjesítmény ilyenkor is feljavítható.

Nagyobb létesítmények fűtéséhez valódi geotermikus hőszivattyús rendszer alkalmazása is gazdaságos lehet, ennél a Föld belsejéből felfelé áramló hőt csapolják meg 1000-2000 méter mélységű szondák segítségével.

A hőszivattyús rendszerek hatékonyságára meg szokták adni a COP munkaszámot ( $COP = \text{Coefficient Of Performance}$ ), amely azt mutatja, hogy a hőszivattyú által leadott hő hányszorosa a hőszivattyú működtetéséhez felhasznált villamos energiának. A COP szám természetesen attól is függ, hogy mekkora hőmérsékletkülönbséget kell áthidalni.

Nem biztos azonban, hogy a hőszivattyús fűtés környezetvédelmi szempontból globális szinten is nyereséges. Ha például 4-szeres hatásfokú hőszivattyús fűtést alkalmazunk, akkor 1 kWatt villamos teljesítménnyel 4 kWatt fűtőteltjesítményhez jutunk, ha azonban a villamos energiát olyan hőerőmű szolgáltatja, amely csak 25% hatásfokkal hasznosítja a fosszilis tüzelőanyagot, akkor az 1 kWatt villamos teljesítmény megtermeléséhez az erőműben 4 kWatt fűtőértékű üzemanyagot kell elégetni, és ezzel a károsanyag-kibocsátás mennyisége nem változik. Azonban még így is hasznos lehet az ilyen megoldás, hiszen a károsanyag-kibocsátás nem egy zsúfolt város közepén, hanem attól távolabb történik.

## ***Villamos energia***

A legtisztább és legsokoldalúbb energia a villamos energia, amely alapvetően meghatározza egy ország fejlettségi színvonalát. A villamos erőműveket a következő tulajdonságaik alapján szokás összehasonlítani:

- A villamos energia előállítási költsége
- Rugalmas szabályozhatóság
- Balesetveszélyesség
- Környezeti hatások

A villamos energia költségét az erőmű teljes életciklusára vonatkoztatva számítják ki, és ezt vetik össze az élettartam alatt megtermelt összes energia mennyiségével. Az összes költségbe bele kell érteni a beruházás és üzemben tartás költségét, a felhasznált energiahordozó árát, valamint az élettartam lejárta után a lebontás és a környezet helyreállításának költségét is, valamint a hátramaradt veszélyes hulladékok ártalmatlanítását.

Gyakran hangzik el, hogy bár az igazán környezetbarát megoldások sokba kerülnek, azonban a társadalomnak meg kell hozni az áldozatot a természet megóvása érdekében.

Ha azonban valami drága, az általában azt jelenti, hogy az előállításához túl sok természeti és emberi erőforrást kell felhasználni, és ez kétséges, hogy a javasolt megoldás tényleg olyan nagyon „zöld-e”, mint amilyennek látszik.

Nagyon fontos az erőmű szabályozhatóságának kérdése, mert a villamos energiát továbbító-elosztó hálózat energiát tárolni nem tud, ezért gondoskodni kell arról, hogy minden pillanatban pontosan annyi villamos energia legyen betáplálva, amennyi a fogyasztás és a hálózati veszteségek összege, ellenkező esetben felborul a rendszer stabilitása, ami súlyos üzemzavarokhoz vezet. Szabályozhatóság szempontjából az erőművek három fő csoportja a következő:

- Előre kiszámítható és megtervezhető teljesítménnyel működő, ún. alap erőművek, például szén- és atomerőművek.
- Rugalmasan szabályozható erőművek, például vízerőművek, gázmotoros és gázturbinás erőművek, szivattyús energiatárolók.
- Időjárástól függő, ingadozó teljesítményű erőművek, például szél-turbinás erőművek, a naperőművek egyes típusai.

Minél több szabályozhatatlan „zöld” erőművet szeretnénk látni a környezetünkben, annál nagyobb kapacitású szabályozható erőművekre van szükség a villamos hálózat stabilitása érdekében.

Ami a baleseti és egészségi kockázatokat illeti, ezeket is az életciklus alatt a megtermelt összes villamos energia mennyiségére vetítve érdemes vizsgálni. Hasonló ez a közlekedési eszközök veszélyességéhez. Ha például egy repülőgép lezuhan, az utasok általában meghalnak, míg az autó- és motorkerékpár-balesetek nagy részét túl lehet élni.

Mondhatjuk-e vajon, hogy a repülőgép veszélyesebb, mint a motorkerékpár? A statisztikai adatok szerint nem. Mert ha valaki motorkerék-

páron utazik Budapestről Debrecenbe, legalább egy nagyságrenddel nagyobb esélye van a halálos balesetre, mintha repülőgéppel utazna Pekingbe, pedig legalább 100-szor nagyobb távolságon utazna. Ilyen szempontból a veszélyesnek tartott atomerőművek biztonsági szintje magasabbra adódik egyes „zöld” erőművekhez képest.

Környezeti hatások szempontjából is a teljes életciklusra kell vonatkoztatni a környezetterhelést és a károsanyag-kibocsátást, méghozzá lehetőleg „globális” szinten.

A „környezetbarát” energia termeléséhez szükséges műszaki berendezéseket ugyanis gyakran külföldről importáljuk, ezért a gyártáshoz fűződő káros hatás az exportórnél lép fel (amit persze meg is fizetünk), ámde így a környezetterhelést csupán exportáljuk, méghozzá többnyire egy kevésbé fejlett országba.

Nagyon fontos a villamos energiával való takarékoság, ámde számos jó szándékú „zöld” intézkedés eredményessége vitatható.

Vegyük például az energiatakarékos kompakt lámpákat. Ezek elterjesztését az indokolta, hogy a hagyományos izzólámpák mindössze az energia 4-5 százalékát hasznosítják fényként, míg a kompakt lámpáknál a hatásfok akár 15-20% is lehet. Kérdés azonban, hogy a „vesztés” valóban veszteség-e, hiszen az épületben minden energiavesztés hővé alakul át, és hozzájárul a lakás fűtéséhez. Márpedig főleg azokban a hónapokban fűtünk, amikor a Nap későn kel és korán nyugszik, és ilyenkor sokkal gyakrabban világítunk, mint nyáron.

Hatalmas környezetterheléssel jár ugyanakkor a higany kitermelése, feldolgozása valahol a világ túlsó végén, egy „kevésbé fejlett” régióban, de környezetterhelés léphet fel a felhasználás helyén is.

Régebben a higanygőz fénycsőveket főleg intézményekben használtak, ahol az elhasználódásuk után azokat gondosan begyűjtötték. Ma már a legnagyobb felhasználó a lakosság, a kompakt lámpák túlnyomó többsége a kommunális szemétben köt ki. Márpedig a talaj, a víz és az élelmiszerek higanyszennyezése világszerte aggasztó mértékben növekszik. A szabadba kikerült higany pedig szerves vegyületeket alkot, ezek a vegyületek a ma ismert legveszélyesebb idegrendszert károsító és rákkeltő anyagok közé tartoznak.

Tekintsük át röviden a fontosabb villamosenergia-termelési technológiák tulajdonságait.

## *Hagyományos hőerőművek*

Lokális környezetterhelés szempontjából a legnagyobb káros hatást kétségtelenül a régi, elavult technológiájú szénfűtésű hőerőművek jelentik.

Egy ezer megawattos ilyen erőmű felhasznál naponta mintegy 8-10 ezer tonna szenet. Egy év alatt legalább 3 és fél millió tonnát. Kibocsát 10-12 millió tonna szén-dioxidot, 3 millió tonna hamut, 500 ezer tonna gipszet, 30 ezer tonna salakot, 16 ezer tonna kéndioxidot, ezer tonna port, 4-8 tonna urániumot (a felhasznált szén uránium tartalmától függően), ezzel még a radioaktív szennyezések szempontjából is veszélyesebb, mint egy atomerőmű.

Ez azonban csupán a régi típusú ilyen erőművekre érvényes. A korszerű szén-erőművek hatásfoka sokat javult, a levegőbe történő kibocsátás nagy része ma már megfelelő szűrési módszerekkel kiküszöbölhető. Ugyancsak lehetőség van a szén-dioxid-emisszió csökkentésére, annak kiszűrésére, bár ez költséges eljárás, a szén-dioxid vitatható szerepe miatt nem is biztos, hogy indokolt.

A Nobel-díjas Oláh György professzor azt javasolja, hogy érdemes a szén-dioxidot visszatartani, kimerült földgázlelőhelyeken a föld alatt tárolni, mivel ez lehet a jövő egyik fontos nyersanyaga. Biotechnológiai eljárással ugyanis szén-dioxidból és vízből napenergia felhasználásával szerves vegyületek állíthatók elő, amelyek üzemanyagként, vagy vegyipari alapanyagként lesznek majd hasznosíthatók.

Az egyre modernebb szénfűtésű erőművek még sokáig fontos szerepet töltenek be a világ energiaellátásában, vitatható annak ésszerűsége, hogy ezeket át kell állítani biomassza fűtésre.

Amikor a XIX. század első felében gróf Széchenyi István ünnepélyesen megnyitotta az első hazai szénbányát, arról beszélt, hogy nem kell többé a kazánok fűtéséhez kivágni az erdőket, mert van elég szenünk. Amikor pedig az első hazai erőműben szén helyett „biomasszát” azaz faaprítékot kezdtek használni, az egyik „szakpolitikusunk” büszkén jelentette ki, hogy nem kell többé szénrel fűteni a kazánokat, mert van elég fánk. Csakhogy a fatüzelés hatásfoka meglehetősen rossz, ha az energetikai célú, gyorsan növekvő és gyorsan kitermelhető faültetvények esetén a hosszabb távú talajerő-regenerálás problémáját is számba vesz-

szük, akkor a teljes környezetterhelés szempontjából a végső egyenleg csaknem a nullával lesz egyenlő.

Világviszonylatban a szén felhasználása az összes primer energia-hordozó között 30% körüli arányt képvisel, a villamosenergia-termelésben meghaladja a 40%-ot, Németországban pedig az atomerőművek leállítása miatt várhatóan túl fogja lépni az 50%-ot.

Az emberiség még hosszú évtizedekig nem nélkülözheti a szén használatát, mindaddig, amíg meg nem születik az igazi „megújuló” megoldás.

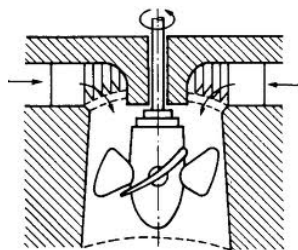
Ez vonatkozik Magyarországra is, amelynek könnyen kitermelhető szénvagyonra legalább 200 évig gazdaságosan biztosítani tudná egy akkora teljesítményű szénerőmű ellátását, mint a Paksi atomerőmű.

## ***Szélerőművek***

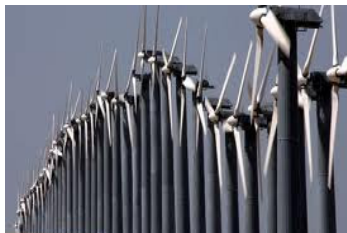
A szélerőenergia hasznosítása olyan energiatermelési lehetőség, amelynél – elvileg – nem lép fel környezetkárosítás és üvegház-gázok kibocsátása. Sajnos a szélerőmű hatékonysága meglehetősen csekély.

Ha úgy termelünk villamos áramot, hogy egy villamos generátor meghajtásához turbinát használunk, és a turbinán valamilyen közeg (levegőt, gőzt, gázt, vizet, olajat, stb.) áramoltatunk át, akkor az elérhető teljesítmény jó közelítéssel arányos lesz a turbina keresztmetszetével, az átáramló közeg sűrűségével (fajsúlyával), sebességével, valamint a turbinán fellépő nyomáseséssel, pontosabban ezek szorzatával.

Érdekes összehasonlítani egy szélturbinát és egy vízturbinát teljesítményét. A levegő sokkal ritkább, mint a víz, hiszen egy köbméter víz tömege egy tonna, vagyis 1.000 kg, míg egy köbméter levegő tömege nem egészen egy kg és 30 deka. Ráadásul egy szélturbinán olyan kis nyomásesés léphet fel, ami csupán töredéke a vízturbinákon fellépő nyomásesésnek. Ez az oka, hogy a szélturbinák átmérője sokkal nagyobb, mint a vízturbináké. Egy vízturbinát teljesítményének kiváltása több ezer szélturbinával volna lehetséges, ha pedig egy egész ország villamosenergia-termelését szeretnék szélerőművekkel megoldani, az



ahhoz hasonlítható, mintha sok ezer zseblámpaelem összekapcsolásával próbálnánk meghajtani egy villanymozdonyt.



Egyetlen vízturbina helyettesítéséhez hatalmas szélturbina erdőt kellene felépíteni, ehhez nagyságrendekkel több acélt, rezet, műanyagot, szigetelőanyagot, elektronikát kell felhasználni, ezek legyártása és helyszínre szállítása, a gyártáshoz szükséges nyersanyagok kohászati és vegyipari előállítása óriási környe-

zetterheléssel és hatalmas költséggel jár.

Erre persze azt lehetne válaszolni, hogy ha egyszer meghoztuk az áldozatot, akkor már a szélerőmű ingyen termel.

Csakhogy az ilyen erőművekben rendszeresen előfordulnak meghibásodások, ezért rendszeres karbantartási, javítási és alkatrészcsere problémák is felmerülnek. Ráadásul az ilyen erőművek sem tartanak örökké. Élettartamuk legfeljebb néhány évtizedre becsülhető, hiszen ki vannak téve az időjárás viszontagságainak, szélviharoknak, villámcsapásoknak, ezért ezeket előbb-utóbb le kell bontani, és meg kell szabadulni a hátra maradt veszélyes hulladékoktól.

Ha pedig felbecsüljük a teljes életciklusra vetített hozadékot akár gazdaságossági, akár környezetterhelési szempontból, az eredmény meglehetősen siralmas. Ráadásul a szélturbina csak akkor termel energiát, ha megfelelő sebességgel fúj a szél, azért az effektív kihasználhatósága is csekély, a kiszámíthatatlan teljesítményingadozás kiegyenlítéséhez pedig hagyományos erőműveket kell készenléti (stand-by) üzemmódban járatni.

Ha mindezt figyelembe vesszük, a nagy teljesítményű hálózati szél-erőművek nettó hozadéka még szén-dioxid-kibocsátás szempontjából is gyakorlatilag csaknem zérus.

## ***Naperőművek***

A Napból olyan hatalmas mennyiségű energia sugárzódik a Földre, hogy merőleges beesés esetén a talaj minden egyes négyzetméterére kilowatt nagyságrendű besugárzási teljesítmény jut. Csupán a Föld siva-



tagaira beeső napenergia mennyiség is már legalább 100-szor akkora, mint az emberiség teljes fosszilis energia felhasználása.

A napenergia gazdaságos lehet fűtéshez és melegvíz készítéshez, és kifejlesztettek olyan megoldásokat is, amelyeknél napenergiával klíma-berendezéseket működtetnek hőszivattyú segítségével.

Bár a Nap „ingyen süt”, azonban villamos energia előállításához mégis nagyon drága, mivel a napenergia villamos energiává való átalakítása bonyolult és költséges műszaki megoldásokat igényel.

Villamosáram termeléséhez lehet használni napelemet, napkollektort vagy naperőművet.

A napelemek alapanyaga valamilyen félvezető. Ebben játszódik le az energia átalakítás folyamata, amelynek során a fény elnyelődésekor mozgásképes töltött részecskék generálódnak, ezek a félvezetőben kialakuló elektromos tér hatására rendezett mozgást végezve szolgáltatnak villamos energiát.

Ez a megoldás jól alkalmazható elektronikus készülékek működtetéséhez, nagy mennyiségű hálózati villamosenergia-termeléshez azonban ez a módszer gazdaságtalan.

Szóba jöhet napelemes megoldás a sziget-üzemű áram termeléséhez, amikor olyan létesítményt – például mezőgazdasági telepet – kell ellátni villamos energiával, ahol a hálózat kiépítése nem megoldható, vagy nagyon költséges lenne. Ilyen esetben akkumulátort kell használni az energia tárolásához, inverterrel kell előállítani a szükséges váltóáramot.

Ami a hálózatba betáplált napenergia teljesítményingadozását illeti, az jobban kiszámítható, mint a szélenergia esetén, hiszen abban biztosak lehetünk, hogy éjjel nem süt a Nap, nappal pedig a déli órákban számíthatunk nagyobb teljesítményre, mert ilyenkor még felhős égbolt esetén is kinyerhető lehet valamekkora hasznosítható energia. Ráadásul a napenergia nagyságrendekkel nagyobb mennyiségben áll rendelkezésre, mint a szélenergia. De azért a hálózat szabályozási problémáit ez a megoldás is erősen terheli.

Vannak persze a napelemeknél gazdaságosabban működő naperőművek is. Az egyik megoldásnál parabolatükrökkel kazánt fűtenek, és a hagyományos hőerőművekhez hasonlóan gőzturbinákkal termelik a villamos áramot. Mivel a kazán hőkapacitása jelentős mértékben képes kiegyenlíteni a napsugárzási erősség ingadozását, ez enyhíti a hálózati instabilitás problémáját.

Alighanem még jobb megoldás a napkémény, más megnevezéssel termik erőmű, amelynél mesterséges üvegházak alakítanak ki oly módon, hogy nagy kör alakú földterületet beborítanak üveggel vagy műanyaggal, ez a közepe felé fokozatosan magasodik, és középen kéményben végződik, amelyben szélturbinák helyezkednek el, és ezeket a felfelé áramló levegő (termik) mozgatja. Az üvegház olyan jól tárolja a felhalmozott hőenergiát, hogy a turbinák folyamatosan, akár napi 24 órán keresztül képesek áramot termelni, így nem merül fel az energiatárolás problémája.

A napenergia hasznosítása ma még meglehetősen költséges, azonban hosszabb távon fontos szerepet tölthet be a környezetbarát energia termelésében, de nem valószínű, hogy az előttünk álló néhány évtizedben ez lesz a meghatározó megoldás.

## ***Geotermikus erőművek***

A „zöld” energiák közé szokás sorolni a föld mélyebb rétegeiből kitermelhető hőenergiát is, nem is alaptalanul, hiszen ez az energia – elvileg – nem okoz sem üvegházgáz kibocsátást, sem egyéb környezetterhelést. Vagy talán mégis? A „valamit valamiért” elv ugyanis itt is érvényesül.

A geotermikus hőenergia két forrásból táplálkozik. Az egyik a közetek hővezetése, amelynek során a földkéreg alatti magas (1000-1200°C körüli) hőmérsékletű folyékony-képlékeny magma hőenergiája áramlik felfelé, kialakítva egy fokozatos hőmérsékletesést, az ún. geotermikus gradienst. A magmából származó hőenergiához helyenként hozzáadódhat még egy járulékos hőenergia, amely a közetek természetes mozgásának, alakváltozásának, súrlódásának következménye. A két hatás következtében a Föld felszíne alatt átlagosan 30-40 méterenként növekszik a hőmérséklet 1°C-kal, ez azonban a különféle földrajzi területeken jelentősen eltérhet a szilárd földkéreg vastagságától függően.

Érdemes azonban figyelembe venni a kinyerhető energia korlátait is. A Föld geotermikus hőteljesítménye kb. 40 millió megawatt. Ha ezt elosztjuk a bolygó kb. 510 millió négyzetkilométer területével, kiderül, hogy az átlagos négyzetméterenkénti teljesítmény a tized wattot sem éri el, ami legfeljebb egy zseblámpa elem teljesítménye.

Bár Magyarországon a vékonyabb földkéreg miatt a geotermikus gradiens a globális átlag duplája, de még így is reménytelen vállalkozás lenne a villamosenergia-termelésben ennek túl nagy szerepet tulajdonítani. Elterjedt tévhiedelem ugyanis, hogy Magyarország geotermikus adottságai Izlandhoz hasonlóak. A kettő azonban össze sem hasonlítható. Izlandon egymás után sorakoznak az aktív vulkánok, amelyek közelében párszáz méteres fúrásokkal lehet magas hőmérsékleten hatalmas energiához jutni, amelyhez hasonlóra Magyarországon nincs lehetőség.

A geotermikus erőmű előnye azonban a szél- és naperőművekkel szemben, hogy a működése előre kiszámítható, tervezhető, mivel a teljesítménye gyakorlatilag nem függ olyan természeti tényezőktől, amelyeket nem tudunk befolyásolni. Meg kell azonban gondolni, hol érdemes ilyen erőművet létesíteni. A mélyfúrás költséges vállalkozás, és ha nem megfelelő helyen fúrunk, a ráfordítás kárba vész. A beruházást alapos földtani kutatásnak, előkészítésnek kell megelőznie, amelynek során fel kell mérni, hogy mekkora a kitermelhető hőteljesítmény, illetve hőenergia készlet. A geotermikus hőforrások idővel kimerülhetnek, a megfelelő teljesítmény elérése érdekében pedig egymástól megfelelő (legalább 500-1.000 méter) távolságban kell kialakítani a folyadék kivételi és visszasajtolási kutatkat.

Mivel a felszínre hozott termálvíz környezetre veszélyes anyagokat (nehézfém vegyületeket és radioaktív izotópokat) tartalmazhat, ezért élővízbe kibocsátani csak megfelelő gáztalanítás, tisztítás, ülepítés, sótalánítás után megengedett, vagy pedig gondoskodni kell a hőenergia kinyerése után annak visszasajtolásáról.

A környezetvédelmi szempontok mellett a visszasajtolás azért is indokolt, mert enélkül a talajban a nyomás és ezzel a termálkút hozama előbb-utóbb csökkenni fog.

Van egy további probléma is a geotermikus erőművekkel kapcsolatban. Túl sok hőenergia kitermelése esetén a mélyebb rétegekben a hőmérséklet annyira lecsökkenhet, hogy a kőzetek hődilatációja miatt megnőhet a földrengés kockázata. Ámde ha ez nem is következik be, a hőforrás gyakorlatilag kimerülhet, miután a hosszú idő alatt felhalmozódott hőenergia jelentős részét néhány évtized alatt kitermeltük, és ennek utánpótlása esetleg több száz évet vehet igénybe. Így azután az is kérdéses, indokolt-e ezt a fajta energiát „megújulónak” nevezni.

Mindent összevetve, nem sok esély van arra, hogy az emberiség villamosenergia-termelésében a geotermikus energia a jelenleginél jóval nagyobb szerepet kaphat.

## ***Biomassza- és biogáz-erőművek***

Szerves hulladékok elégetésével jelentős hőenergia állítható elő, amely fűtésre, meleg víz készítésére, és villamosenergia-termelésre is hasznosítható. Szerves anyagok bomlásakor keletkező biogázból is lehet termelni villamos energiát, esetleg a gázt földgázzal keverve. Figyelembe kell azonban venni, hogy bármit égetünk el, minden gáznemű égéstermék kivétel nélkül, így a vízgőz is, üvegházgáz. Ráadásul magas hőmérsékleten történő égés során a felhasznált levegőben lévő nitrogén egy része is oxidálódik, márpedig a nitrogénoxidok is üvegházgázok.

Hogy ez a megoldás környezetvédelmi szempontból mennyire előnyös vagy hátrányos, attól is függ, hogy az ilyen erőművek kizárólag csak a környékben egyébként keletkező hulladékot hasznosítják, vagy pedig ilyen célra energiaültetvényeket telepítenek, szántóföldi területeket hasznosítanak, vagy erdők kivágásával teremtik meg a szükséges termőterületet, amelyek termését hosszú szállítási útvonalakon kell eljuttatni az erőműhöz.

Azt is figyelembe kell venni, hogy a mezőgazdasági hulladék sok esetben gazdaságosabban hasznosítható komposztálással a termőtalaj regenerálása érdekében, továbbá, hogy a földterületek energetikai célú hasznosítása az élelmiszerek és állati takarmányok fogyasztói árának növekedéshez vezethet, miközben a „zöld” biomassza erőművek teljes életciklusra vonatkoztatott szén-dioxid-kibocsátási egyenlege nem sokkal jobb, mintha földgázból állítanák elő ugyanazt az energiát.

## ***Földgáz-erőművek***

Földgáz felhasználásával villamos energiát termelni gázturbinákkal és gázmotorokkal lehet. Ezek nagyon gyorsan indíthatók és leállíthatók, a teljesítményük könnyen és gyorsan szabályozható. Alkalmasak ezért a hálózati ingadozások szabályozására – egyfajta kényszermegoldásként –

ott, ahol nem állnak rendelkezésre az e célra sokkal gazdaságosabb vízerőművek és/vagy szivattyús energiatárolók.

Azt is érdemes tekintetbe venni, hogy a szénhidrogének értékes vegyipari nyersanyagok, többek között műanyagok, gyógyszerek, műtrágyák gyártásához, ezért az elégetésük voltaképpen a fogyatkozó nyersanyag-készletek pazarlásaként is felfogható.

A földgáz átlagos fűtőértéke  $32\text{--}36 \text{ MJoule/m}^3$  között van, átlagos összetételét a táblázat mutatja.

megnevezés	kémiai képlet	%	fűtőérték $\text{MJoule/m}^3$
Metán	$\text{CH}_4$	97	35,8
Etán	$\text{C}_2\text{H}_6$	0,919	60,0
Propán	$\text{C}_3\text{H}_8$	0,363	93,7
Bután	$\text{C}_4\text{H}_{10}$	0,162	118,0
Szén-dioxid	$\text{CO}_2$	0,527	
Oxigén	$\text{O}_2$	0-0,08	
Nitrogén	$\text{N}_2$	0,936	
Nemesgázok		nyomelemként	

A földgáz használata melletti érv szokott lenni, hogy mivel a kibocsátott füstgázokban sokkal kisebb a szén-dioxid aránya, mint szén elégetése esetén, ezért kisebb a hatása a globális melegedésre.

Az érvelés szépséghibája, hogy azok a zöld mozgalmak, amelyek például a gázmotoros áramtermelést támogatják, erősen ellenzik a vízenergia és atomenergia használatát, pedig ezeknél egyáltalán nincs üvegházgáz-kibocsátás.

## Vízerőművek

Káros anyagokat és üvegházgázokat ki nem bocsátó tiszta, hatékony és gazdaságos energia a vízenergia, amely nyerhető folyók duzzasztásával, tengerpartokon pedig apály-dagály során fellépő szintingadozások kiaknázásával.

Bár egy vízerőmű felépítése és üzembe helyezése a közvetlen környezetében megváltoztatja az ökológiai rendszert, azonban ilyen helyeken mindig kialakul egy másik ökológiai egyensúly, amely képes normálisan beleilleszkedni a természet rendjébe.

Egy folyami vízerőmű létesítése összefügg a vízgazdálkodás, árvízvédelem, folyamszabályozás, környezetvédelem és közlekedés kérdéseivel, ezért ilyen beruházáshoz több szakterületre kiterjedő átfogó, komplex vizsgálatok kellenek.

Magyarországon az első komolyabb folyamszabályozási munkák a Tisza folyón történtek az 1800-as években, enélkül Magyarország területének legalább harmadrésze emberi tartózkodásra alkalmatlan, egészségtelen ingoványos mocsárvidék lenne.

Egy folyami vízerőmű gazdaságossága nagymértékben függ attól, hogy a folyón a duzzasztóművet kizárólag energiatermelés céljából építik-e meg, vagy pedig az egyéb okok miatt szükséges duzzasztóműre szerelnek fel – esetleg utólag – áramtermelő turbinákat.

A természetvédők szerint a vízlépcsők építése – erőművel vagy anélkül – tönkreteszi a folyók természetes állapotát. Azonban, hogy mit tekintünk „természetes” állapotnak, nyitott kérdés. Példaként hozható fel az amerikai Grand Canyon, amelyben a folyó helyenként másfél-két kilométer mélységben kanyarog, miután több millió éven keresztül mélyítette a medret. Hasonló eróziós folyamatok minden folyónál fellépnek, így a Dunánál is, amelynek hazai szakaszán a talaj mállékonyabb, mint a Grand Canyon esetén. Ezért a meder állandóan mélyül, és mivel a klímaváltozás miatt a Duna vízhozama is csökken, az átlagos vízszint még jobban csökken. Jelentős a szezonális vízszíntingadozás is, amely Budapest környékén meghaladja a 8 métert.

A vízszint csökkenése károsan befolyásolja a Duna-Tisza közén a talajvízszintet, amely a homokhátságon ma már mintegy 6 méterrel van mélyebben, mint egy évszázaddal korábban.

A Duna vízszíntingadozása pedig azt jelenti, hogy a meder mélyén a hidrosztatikus nyomás ingadozása meghaladja a négyzetméterenkénti 8 tonnát, és ez hozzájárul az egyre gyakoribb löszfalomlásokhoz, veszélyeztetve a part menti településeket.

A Duna vízhozamának csökkenése és a meder mélyülése miatt is fontos lenne a hazánkon keresztül haladó víztömegek egy részét visszatartani és hasznosítani, azzal ésszerűen gazdálkodni, egyébként a Duna-

Tisza köze talajvízszintjének csökkenése miatt az elsivatagosodás kockázata merül föl.

Mivel az eróziós probléma a folyó teljes hosszában fennáll, megfékezésére a Duna felső szakaszán több tucat vízlépcsőt építettek, stabilizálva a vízszintet, minimalizálva annak ingadozását. Ez alól kivétel Magyarország, ahol politikai okokból nem épülhet vízlépcső, és hagyni kell a folyó állapotának természetes pusztulását.

Egy vízlépcső voltaképpen kereszt irányú gát, és hasonlóan működik, mint az úszómedencéknél a feszített víztükör, megakadályozva a vízszint süllyedését aszály idején, árvíz közeledésekor pedig a vízszint előzetes csökkentésével helyet lehet csinálni a közeledő többlet víztömegnek, mérsékelve az árvízi károkat.

Ha egy folyón vannak vízlépcsők, érdemes azokra turbinákat telepíteni áramtermelés céljából. Megtévesztő a zöld propaganda, hogy a magyarországi folyók erre nem alkalmasak. Folyóink vízenergia termelő kapacitása a villamosenergia-felhasználás 10-15 százalékát tudná biztosítani. Ráadásul a vízerőmű teljesítménye könnyen és gyorsan szabályozható, ezért kiválóan alkalmas a hálózati teljesítményingadozások szabályozására.

A vízenergiát az ember ősidők óta használja. A XIX. században a Duna magyar szakaszán több száz úszó vízimalom működött, amelyekben a lehorgonyzott hajó lapátkerekét forgatta az áramló víz, és ezzel őrölték a gabonát. A technológia fejlődésével az 1830-as években kezdtek megjelenni az első igazi vízturbinák, az 1860-as években pedig Werner von Siemens vízturbinával hajtott villamos generátort épített. 1896-ban pedig, amikor Magyarországon a honfoglalás ezer éves évfordulóját ünnepelték, Thomas Alva Edison és Nikola Tesla közreműködésével megépült a Niagara-vízesésnél a világ első, ma is működő villamos vízerőműve, amely jelentősen hozzájárult ahhoz, hogy az USA lett a világ leggazdagabb országa.

A vízenergia ugyanis a legolcsóbb villamos energia, nemcsak azért, mert egy vízerőmű egyszerű szerkezetű, és nem igényel üzemanyagot, de azért is, mert az élettartama minden más erőműnél hosszabb.

Az Európai Unió előírásai szerint növelni kell a „megújuló” energia arányát. Ez a követelmény könnyen teljesíthető olyan országokban, mint Ausztria vagy Szlovákia, ahol vízerőművek működnek, Magyarország számára azonban a feladat szinte megoldhatatlan. A villamos hálózat

teljesítményingadozásának szabályozása nélkül ugyanis nem lehetséges megfelelő kapacitású szél- és naperőművek bekapcsolása a hálózatba, ehhez könnyen és gyorsan szabályozható vízerőművekre és szivattyú-turbinás energiatárolókra lenne szükség.

## ***Atomerőművek***

Az utóbbi években számos élvonalbeli tudós – köztük Nobel-díjasok – állították, hogy a globális energiaválságot szándékosan hozták létre, és ha a lobbierőke nem akadályozná, az emberiség energiaproblémáit több száz évre olcsón és környezetbarát módon meg lehetne oldani.

Villamosenergia-termeléshez a leghatékonyabb a nukleáris energia, ezzel lehet legkisebb területen legtöbb villamos energiát megtermelni füstgázok és üvegházgázok kibocsátása nélkül.

Ha például a Paksi Atomerőmű áramtermelését szélturbinákkal vagy napelemekkel akarnánk előállítani, ehhez legalább tízezer darab 30-35 emeletnyi magasságú hatalmas tornyokra szerelt szélturbinára lenne szükség, vagy legalább 15 millió négyzetméternyi területet kellene napelemekkel beborítani, és még azzal a problémával is meg kellene birkózni, hogy hogyan tároljuk az energiát azokra a szűk napokra, amikor nem fúj a szél, vagy nincs elegendő napsütés.

Ami az ilyen erőművek balesetveszélyességét illeti, atomerőművel sokkal több villamos energiát lehet termelni, mint bármilyen egyéb villamos erőműben ahhoz, hogy azonos esély legyen azonos számú baleseti áldozatra. Ha pedig összeszámoljuk az eddig előfordult nukleáris balesetek áldozatainak számát, az kevesebb, mint ahányan egyetlen hónap alatt a Földön közlekedési balesetben veszítik az életüket.

Ami a sugárártalom kockázatát illeti, minden éghető anyagban található radioaktív izotóp, szénben, fában, földgázban és a biomasszaként ismert szalmában is, ezek elégetésekor az izotópok a levegőbe kerülnek és szétszóródnak.

Egy nukleáris erőműben is keletkezik sugárzó hulladék, de sem ez, sem egyéb káros anyag a levegőbe nem kerülhet.

Ma már számos mérés igazolja, hogy az éghető anyagokat (szén, biomassza, olaj, földgáz stb.) használó erőművek közelében magasabb a



radioaktív háttérsugárzás, mint az atomerőművek közelében, azoktól azonos távolságban.

Ezt az is igazolja, hogy a világban a sugárártalom miatti halálesetek száma több ezerszer kisebb, mint ahányan dohányzás miatt, vagy vegyi anyagok által okozott mérgezések következtében veszítik el az életüket.

Az viszont kétségtelen, hogy a fukushimai „atomkatasztrófa” után a nukleáris erőművek elleni tiltakozás világszerte nő. Ámde a valóságban semmiféle „atomkatasztrófa” nem történt. A katasztrófa a földrengés és a szökőár volt, amelynek következtében legalább 20 ezer ember halt meg, és üzemképtelené vált egy atomerőmű, amelyet pár héten belül egyébként is leállítottak volna. Történt ugyan csekély izotóp kiszivárgás, amely miatt – amint azt az újságok közölték – pár napig a háttérsugárzási intenzitás csaknem 100-szorosra növekedett. Azt azonban elfelejtették hozzátenni, hogy a sugárzási szint még így is csak tizedrésze volt az egészségre kockázatos határértéknek, vagyis nagyjából annyi, mint amekkora egy radioaktív termálfüves gyógyfürdőben szokott lenni, arról nem beszélve, hogy egyes orvosi diagnosztikai vizsgálatoknál (röntgen, CT, PET, MRI stb.) a páciens sokkal nagyobb besugárzási intenzitásnak van kitéve, mint amekkora egy atomerőműben az alkalmazottakat érheti.

Ami a nukleáris erőművek biztonságát illeti, ezen a téren a haladás nagyon jelentős. A legújabb erőműtípusoknál a környezeti kibocsátással járó üzemzavarok valószínűségét és az esetleg kibocsátott aktivitás mennyiségét rendkívül kis értékre sikerült leszorítani, olyannyira, hogy az ebből származó kockázat nagyságrendekkel kisebb más ipari ártalmak kockázatánál.

A kis és közepes aktivitású hulladékok (elhasználódott szerszámok, gépalkatrészek, védőszemüvegek, kesztyűk, fertőtlenítő- és mosószerek stb.) biztonságos végső elhelyezését több országban jól megoldották, a nagy aktivitású hulladékokat pedig erre alkalmas geológiai formációkban néhány száz méterrel a föld alatt jól el lehet szigetelni a környezettől, és ezen a téren még további jelentős fejlesztések várhatók. Azt sem szabad elfelejteni, hogy ezek a hulladékok még jelentős mennyiségű energiát tartalmaznak, és a gazdaságos újrahasznosításukra világszerte folynak kutatások.

A föld mélyén hatalmas mennyiségű természetes radioaktív anyag található akkor is, ha nem temetünk el semmit, hiszen egyébként nem is

tudnánk urániumot bányászni. Ezen alapul az elv, amely szerint annyi nagy aktivitású hulladékot temessünk a földkéregbe, amennyit onnan az ércekkel kitermeltünk.

Az persze kétségtelen, hogy az urániumkészletek is végesek, és előbb-utóbb kimerülnek. Nukleáris energia termelésére azonban alkalmas még a tórium is, amelyből olyan hatalmas könnyen kibányászható mennyiség van a Földön, amellyel akár 20 ezer évig fedezni lehetne az emberiség villamosenergia-szükségletét.

A tóriumos reaktor valamivel drágábban termeli ugyan az energiát, azonban nagy előnye, hogy mivel benne a tórium fokozatosan alakul át urániummá, amelynek a bomlása termeli az energiát, ezért a reaktorban soha nincs egyszerre annyi hasadó anyag, hogy veszélyt okozhasson, és ezért nem is lehet vele atombombát gyártani.

A Nobel-díjas fizikus, Carlo Rubbia nyílt levelet intézett Barack Obama elnökhöz, hogy a nagy teljesítményű tóriumos reaktor kifejlesztését az USA finanszírozza. Az első tóriumos kísérleti reaktorok ugyanis már sikeresen működnek Indiában és az USA-ban, Kínában pedig már be is indították a tórium reaktoros energetikai programot.

## Környezetbarát üzemanyagok

2010-ben a világon mintegy 700 millió autó közlekedett, és azt jósolják, hogy a számuk 2030-ra meghaladhatja a 2 milliárdot. Ha figyelembe vesszük a közúti közlekedéssel kapcsolatos járulékos környezetterheléseket is, amelyek forrása a gépkocsigyártás, -javítás és -karbantartás, a kőolajtermelés, -szállítás, -finomítás, a benzinkutak működtetése, a járművek leselejtezése, valamint az ezekből származó veszélyes hulladékok ártalmatlanítása, akkor felismerhetjük, hogy talán éppen a közlekedés jelentheti a legnagyobb környezetterhelést és természetkárosítást.

A gépkocsik üzemanyagát kőolajból állítják elő. A kőolajtelepek sok millió évvel ezelőtt élt állatok és növények maradványainak lebomlásával alakultak ki, ám a készletek lassan kimerülőben vannak, ezért a világ energiafogyasztásának jelentős hányadát adó kőolaj helyett előbb-utóbb más energiahordozókat kell keresni.

A kőolajkészletek tehát nem korlátlanok, előbb-utóbb mégiscsak elfognak. Ellenvetésként persze felhozható, hogy egyre újabb lelőhelyeket tárnak fel, és még hatalmas fel nem fedezett készletek lapulhatnak a föld mélyén. Ez igaz. Csakhogy ezek kibányászásához egyre több energiát kell felhasználni, és egyszer majd eljuthatunk oda, hogy egy hordó kőolaj felszínre hozásához több energiára lesz szükség, mint ami egy hordó kőolaj felhasználásával előállítható. Bár ez a veszély egyelőre nem fenyeget, azonban a kőolajjal már csak azért is érdemes takarékoskodni, mivel nem csupán energiaforrás. A földgáz és a kőolaj – vagyis a

bányászható szénhidrogének – jelentik ma a legfontosabb nyersanyagot gyógyszerek, műanyagok, festékek, ragasztók, növényvédő szerek és számos egyéb vegyipari termék gyártásához.

A takarékoskodás egyik lehetősége a belsőégésű motorok kompreszió viszonyának és ezzel a teljesítményének és hatásfokának javítása, amelynek érdekében jelentős kutatások folynak. A magasabb kompreszióhoz azonban magasabb oktánszámú benzin kell, ezért – az egészségkárosító ólomvegyület adalékok betiltása után – az oktánszámot a benzint alkotó szénhidrogén komponensek arányának módosításával, valamint elágazó szénláncú szénhidrogének alkalmazásával igyekeztek javítani.

Előtérbe került a növényi eredetű „bio-üzemanyagok” használata is. Ezenél az alapelv az, hogy mivel a növény a levegő szén-dioxid tartalmából vonja ki a szenet, ezért az ilyen üzemanyag elégetése ugyanannyi szén-dioxidot termel, mint amennyit a növény a levegőből kivont, és ezzel a folyamat elvileg „nullszaldós” lehetne.

A bioüzemanyagok egyik fajtája az olajnövényekből nyerhető biodízel, ezt Amerikában leginkább szójaból, Európában nagyrészt repceből állítják elő. A másik fajta növényi üzemanyag az etil-alkohol, vagyis a bioetanol. Ezt főleg gabonamagvakból, erdei üledékekből, famaradványokból, Brazíliában pedig kukoricából és cukornádból állítják elő. A bioetanolt hagyományos benzinnel összekeverve hozzák forgalomba, az etanol aránya általában 5% és 20% között van.

Ma már egyes országokban a kukoricatermés 20%-át, vagy a repce-termés 70%-át fordítják ilyen célra. Emiatt sok országban a gabona- és takarmánypiacon a kereslet nő, a kínálat csökken. Az eredmény az élelmiszerárak növekedése. Szaporodnak az olyan tünetetek is, amelyek jelszava: „Az embereket tápláljuk, vagy az autókat!”

A bioüzemanyagok gyártása energiát és egyéb természeti erőforrásokat igényel. Egyetlen liter bioüzemanyag előállításához kb. 5.000 liter jó minőségű víz felhasználásával jár.

Félrevezető a közhiedelem, hogy a növények állandóan szén-dioxidot bontanak le és oxigént bocsátanak ki. Ezt csak olyankor teszik, amikor megkapják a szükséges ultraibolya sugárzást, vagyis nappal. Éjszaka a növény az állatokhoz hasonlóan lélegzik, oxigént fogyaszt és szén-dioxidot bocsát ki. Ámde egyes növények „viselkedése” ennél is rosszabb. A biodízelolaj fontos nyersanyaga, a repce, a fejlődése során

dinitrogén-oxidot is termel, amely csaknem 300-szor hatékonyabb üvegházgáz, mint a szén-dioxid.

A bioüzemanyag-ültetvények további problémája, hogy ha ugyanazon a földterületen ismételten ugyanazt a növényt termesztjük, kimerülnek a talaj erőforrásai, amit műtrágyázással kell pótolni. Márpedig a műtrágyagyártás jelentős környezetterheléssel és üvegházgáz kibocsátással jár.

Van olyan vélemény, amely szerint a bioüzemanyagokat mezőgazdasági hulladékokból, szalmából, fűből, faforgácsból kellene előállítani. A legtöbb mezőgazdasági „hulladék” azonban olyan szerves anyag, amely fenntartja a talaj szerkezetét, tápanyagokat tárol. Ha e hulladékokat ipari célra használják fel, a talajból hiányzó tápanyagokat megint csak műtrágyával kell pótolni.

Különféle mezőgazdasági, élelmezésügyi és talajerő-gazdálkodási vizsgálatok alapján mára nyilvánvalóvá vált, hogy a bioüzemanyagokkal való kiváltás nem igazi megoldás, ezt azonban a bio-bizniszben érdekelt gazdasági érdekcsoportok nem hajlandók tudomásul venni.

Vannak persze ígéretesebb kezdeményezések is. Például az Audi cég nyilvánosságra került fejlesztése szerint napenergiával vizet bontanak és hidrogént állítanak elő ( $2\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_2 + \text{O}_2$ ), amelyből egy ipari titokként kezelt katalitikus reakcióban szén-dioxid hozzáadásával metán keletkezik ( $2\text{H}_2 + \text{CO}_2 = \text{CH}_4 + \text{O}_2$ ), amely alkalmas üzemanyagnak. A technológiai folyamat környezetbarát, hiszen a melléktermékként kibocsátott gáz tiszta oxigén.

Szénhidrogének és bioüzemanyagok helyett több szakember hidrogén hajtású járművek elterjesztését támogatja. A hidrogén azonban nem energiaforrás, csak energiahordozó, ezt is elő kell állítani más energia felhasználásával.

Ha van hidrogénünk, el lehet égetni belső égésű motorban, az égéstermék vízgőz lesz, ami környezetvédelmi szempontból előnyös. A hidrogén üzemanyag tulajdonságai kedvezőek. Oktánszáma 130 körül van, egy kilogramm hidrogén háromszor-négyszer annyi energiát hordoz, mint a hagyományos üzemanyagok. Csakhogy van néhány probléma. Az egyik a tárolás. Lehet tárolni a hidrogént folyékony állapotban, súlyos, vastag falú, magas nyomású (220 atm) tartályban, mélyhűtve ( $-250^\circ\text{C}$ -on). Ámde ez a módszer felemésztí a termelt ener-

gia legalább 20%-át. A tankolás is körülményes. A hidrogén robbanás-veszélyes, veszélyesebb, mint a PB gáz vagy a benzin.

A kémiai Nobel-díjas Oláh György szerint nem szabad megengedni, hogy nagynyomású tartályokban tárolt folyékony hidrogénnel töltsük fel az autókat. A hidrogént azonban ő is perspektivikusnak tartja, és azt javasolja, hogy a megtermelt hidrogénből és a levegőből kivonható szén-dioxidból állítsunk elő metilalkoholt, és ezzel működtessük a belsőégésű motorokat. Oláh professzor ki is dolgozott ilyen megoldást, azonban ennek gazdaságos gyakorlati alkalmazásához még számos technológiai részletkérdés vár megoldásra.

Egy biztonságos tárolási módszer szerint a hidrogént kémiai kötésbe viszik, és könnyen bomló hidrogéntartalmú vegyületet képeznek. A tárolás azonban súlytöbbletet okoz, a kémiai kötés felszabadítása pedig energiabefektetést igényel, ami lerontja a hatásfokot.

Előnye viszont, hogy az így tárolt hidrogént fel lehet használni üzemanyagcellákban villamos energia előállítására, elektromos hajtású járművekben.

Az üzemanyagcella olyan eszköz, amelyben hidrogén ( $H_2$ ) és oxigén ( $O_2$ ) katalizátoros reagáltatásával és hőenergia hozzáadásával nyernek villamos energiát, miközben víz ( $H_2O$ ) és további hőenergia keletkezik. A cella kiegészíthető üzemanyag-átalakító (reformer) berendezéssel, amelynek segítségével a cella működtetéséhez közvetlenül lehet használni sokféle hidrogén tartalmú vegyületet. Az ilyen cellák teljesítménye ma már 200-250 kilowattig (kb. 340 lóerőig) terjed, súlyuk viszonylag kicsi, és a beindításuk sem túl körülményes.

Kísérletek folytak és folynak villamos hajtású gépkocsik kifejlesztésére is. Azonban a súlyos akkumulátor telepek, valamint a körülményes és időigényes tankolási problémák miatt inkább a hibrid hajtás került előtérbe. Az ilyen járművekben a belső égésű motor mellett elektromos motor is van. Ezek kombinációja lehet soros vagy párhuzamos. Soros megoldásnál a belső égésű motor villamos generátort működtet, amely áramot termel a kerekeket meghajtó villanymotor számára, fékezőskor pedig a villanymotor generátorként működik, és tölti az akkumulátort. Ennél a megoldásnál azonban – különféle villamos és mechanikai veszteségek miatt – csupán a belsőégésű motor mechanikai teljesítményének mintegy 60%-a hasznosul.

Hatásfok szempontjából előnyösebb a párhuzamos elrendezés, amelyben alacsony sebességnél a járművet a villamos motor hajtja akkumulátorról, magasabb sebességnél pedig bekapcsolódik a belsőégésű motor is, amely a kerekek hajtása mellett tölti az akkumulátor telepet is. Ez a megoldás főleg alacsony átlagos sebességű, gyakori megállással, gyorsítással, fékezéssel járó városi forgalomban jelent jelentős (akár 30%-os) üzemanyag-megtakarítást, és kíméli a környezetet, országúton viszont nem sokkal jobb a hatásfoka, mint a hagyományos megoldásoknak.

Jelentős fejlesztések folynak tisztán villamos hajtású gépkocsik megvalósítására is. Egyes nagyvárosokban már ilyen autóbuszok közlekednek. Problémát okoz azonban a viszonylag hosszadalmas tankolás és az akkumulátorokból származó súlytöbblet, valamint az egyszeri feltöltéssel megtehető korlátozott utazási távolság.

Mindent összevetve, a fokozódó utazási, szállítási és közlekedési igény kielégítése üzemanyagokkal hosszabb távon nehezen megoldható. Előbb-utóbb korlátozni kell a felesleges nagy távolságú szállításokat például oly módon, hogy minél inkább a helyben vagy közelben előállított termékeket fogyasztjuk. Hosszabb távon pedig a nehezedő üzemanyag-ellátás miatt megváltozhatnak az emberek utazási, nyaralási, szabadidő eltöltési szokásai is.

## Táplálkozás és életmód

A természeti erőforrások kimerítésében, a fokozódó környezetterhelésben, sőt még az éghajlatra gyakorolt – bár vitatható – kedvezőtlen hatásokban is fontos szerepet kap az emberiség életmódjának és táplálkozásának megváltozása. Ha a kevésbé fejlett országok, például Kína, India, Brazília lakosai hasonló színvonalon akarnának élni, mint ami Észak-Amerikában és Nyugat-Európában megszokott, ez súlyos következményekkel járhatna.

Az emberiség néhány száz évvel ezelőtt főleg növényekkel táplálkozott. Az egyszerű emberek nagyrészt kásaféléken éltek. Mária Terézia királynő például távlati célként fogalmazta meg, hogy vasárnaponként tyúk főjön minden jobbágy család fazekában, hiszen abban az időben már az is luxusnak számított, ha egy 4-6 gyermekes szegény családnak lehetősége volt hetenként egy alkalommal közösen elfogyasztani egy tyúkot.

Az utóbbi 100-150 évben a táplálkozási szokások megváltoztak. A magasan fejlett országokban az emberek egyfajta csúcsragadozóként viselkednek. Óriási mennyiségű húst fogyasztanak, még hozzá pazarló módon, hiszen a megtermelt húsáruk jelentős része köt ki a szemétben romlott élelmiszerként vagy ételmaradékként.

A FAO (Food and Agriculture Organization) adatai szerint a világ teljes hústermelése 1961-ben még nem érte el a 100 millió tonnát, 2009-ben pedig már megközelítette a 300 millió tonnát, vagyis fél évszázad



alatt csaknem megháromszorozódott. Ezen belül a marhahústermelés több mint duplájára (2009-ben már kb. 65 millió tonnára), a sertéshústermelés az ötszörösére (2009-ben több mint 100 millió tonnára), a baromfi-hústermelés pedig csaknem 10-szeresre (2009-ben kb. 90 millió tonnára) növekedett.

Az egy főre jutó éves húsfogyasztás Amerikában 2005-ben meghaladta a 120 kg-os értéket, ami napi több mint 30 deka hús elfogyasztását jelenti a teljes lakosság létszámára vetítve, amely létszámba beleértendőek – többek között – az újszülött csecsemők és a vegetáriánus szerzetesek is.

Gyors ütemben növekszik a „fejlődő” országok fogyasztása is. Kínában 1995 és 2005 között az egy főre jutó húsfogyasztás másfélszeresére növekedett és megközelítette a 60 kg-ot, ami az USA fogyasztásnak csaknem a fele. Brazíliában pedig az egy főre jutó húsfogyasztás 2005-ben már meghaladta a 80 kg-ot.

Ha a világ „fejlődő” országaiban a húsevés a nyugati országokhoz hasonló mértékűvé válik, a szükséges élelmiszer-mennyiség előállításához fel kellene számolni a Földön még meglévő összes erdőséget, a helyükön takarmánynövényeket kellene termesztetni, hiszen legalább hét kilogramm gabona kell egy kg marhahús, négy kg gabona egy kg disznóhús, és két kg gabona egy kg csirkehús előállításához.

És akkor még nem beszéltünk az emberiség rohamosan növekvő létszámáról, az egy főre jutó átlagos erőforrás-felhasználás növekedéséről.

A részletesebb számítások azt mutatják, hogy ha egy termőterületen meg tud élni egy olyan ember, aki a nyugati szokások szerint táplálkozik, akkor ugyanez a termőterület el tudna tartani legalább 10 vegetáriánust vagy 4-5 olyan embert, akik hetenként legfeljebb egy vagy két alkalommal fogyasztanak mérsékelt mennyiségben húsételt. Ráadásul ilyen étkezési szokások mellett kevesebb takarmányra és műtrágyára lenne szükség, és kevesebb káros vegyi anyag kerülne a környezetbe.

Van a kérdésnek egy másik oldala is. Ugyanis, még ha főleg növényi táplálékon is élünk, nem mindegy, hogy hol termett az a bizonyos növény. A kérdés több szempontból is fontos.

Már évtizedekkel ezelőtt felfigyeltek arra, hogy a városi lakosok között gyakrabban fordulnak elő allergiás panaszok, mint faluhelyen, bár a különbség az utóbbi évtizedekben csökkenő tendenciát mutat.

Minden földrajzi helynek megvannak a sajátos ökológiai jellegzetességei, eltérőek a talajkémiai, talajgeológiai, háttérugrázási paraméterek, másfajta növények és állatok élnek, mások a gyomnövények, a gomba-félék, az énekes madarak, a növényi kártevők, a bogarak és a talajférgek, ezek szervezetében más baktériumok, mikroorganizmusok tanyáznak, amelyek melléktermékei megtalálhatók az élelmisznövényekben és az állati takarmányokban.

Ha valaki egész életét egy farmon tölti és helyben termelt élelmiszerekkel táplálkozik, gyermekkorától adaptálódik ezekhez a tényezőkhöz, de nem fog adaptálódni a Dél-Amerikából importált pirospaprikához, a Hollandiából importált tehéntejhez, az Ausztráliából importált halkonzervhez, a Dél-Afrikából importált zöldalmához és az Indiából importált guárgumihoz, nem beszélve az E-számokkal kódolt élelmiszeradalekokról és a génmódosított kenyérgabonáról.

Az, hogy a fejlett országokban élő emberek – főleg a városi lakosság – jelentős részben távolról oda szállított élelmiszereken él, nemcsak az egészséget és az allergiaérzékenységet befolyásolja, de óriási szállítási költségekkel is jár. Ez nemcsak magasabb élelmiszerárakat eredményez, hanem a szállítóeszközök – főleg kamionok – által elégetett szénhidrogének következtében számottevően megnöveli a károsanyag-kibocsátást is.

Az életmódunk más vonatkozásban is hatással van a környezetünkre. A modern ember kényelmesen szeret élni, élvezni akarja az életet, ezért az életmódjához hozzátartozik az is, ahogyan a szabadidő eltöltése zajlik, vagyis az idegenforgalom. Ma már mindenki külföldre akar menni nyaralni, lehetőleg autóval vagy repülőgéppel. Nyaranként hatalmas népvándorlás indul el, főleg a meleg éghajlatú országok felé, ahol a hőség ellen a turisták klimatizált szállodákban laknak, óriási villamosenergia-felhasználás árán mesterségesen előállítva azt a környezetet, amit akkor élvezhetne a turista, ha otthon maradna a saját lakóhelyén.

Sőt, ma már a személyautókat, villamosokat és autóbuszokat is klímaberendezésekkel látják el, jelentősen megnövelve az energiapazarlást.

Az ENSZ előrejelzése szerint az emberiség létszáma 2050-re elérheti a kilencmilliárd főt, utána már a népesség növekedése várhatóan nem folytatódik. Kérdés azonban, hogy lesz-e még akkor elegendő élelmiszer, hiszen már ma is sokkal többen éheznek a Földön, mint amennyi két évszázaddal ezelőtt a bolygó teljes lakossága volt.

A gazdag országok, valamint a multinacionális élelmiszeripari és bioüzemanyag-vállalkozások pedig egyre nagyobb mértékben igyekeznek felvásárolni a szegényebb országok megművelhető földjeit, beleértve a kelet-közép-európai országok földjeit is. Bár ez ellen vannak ugyan tiltakozó mozgalmak, egyes államok jogszabályi intézkedésekkel is próbálnak védekezni, azonban a globalizálódó liberális szabad kereskedelem jelszavával, gazdasági és politikai nyomás „hátszelével” mégiscsak zavartalanul terjeszkedik a nemzetközi húsipar, fokozódik a termőföldek felhasználása üzemanyagok és ipari nyersanyagok előállításához.

Közben pedig növekszik a gabona és a takarmány ára, ma már a „fejlett” országokban is egyre többen éheznek.

Ezzel párhuzamosan ugyanezekben a „fejlett” országokban megjelent egy új egészségi probléma, mégpedig a mozgásszegény életmóddal párosult, túl sok húst fogyasztók egészségkárosodásának problémája, amelynek a megjelenési formája a kóros elhízottság, a cukorbetegség, a vastagbélrák, a vérkeringési betegségek, és még sorolhatnánk.

A FAO egyik jelentésében egyenesen az olvasható, hogy a nagyüzemi intenzív állattenyésztés tönkreteszi az emberi társadalmakat, felborítja a társadalom, a természet, a vidék, a környezet, a gazdaság és az egészségügy egyensúlyát.

A hagyományos paraszti állattenyésztés helyben megtermelhető takarmányra épült, általában a gabonatermelés vagy a kertészet kiegészítője volt, ebben a rendszerben gyakorlatilag nem keletkezett hulladék, mert mindent fel lehetett valamire használni.

A nagyüzemi hústermelés módszere merőben más. A termelési folyamatba beletartozik a vágóhidak működtetése, a húsfeldolgozás, valamint az értékesítés és marketing racionalizálása.

Cél a profit maximalizálása a költségek csökkentésével, amihez hozzátartozik az élőmunka minimalizálása, a termelési folyamat automatizálása, valamint a termékek szabványosítása.

A „kihozatal” javítása érdekében nemesítéssel hibrid állatokat hoznak létre, amelyek hústermelő és szaporodási képessége magas. Ezek az állatok a „vadonban”, természetes körülmények mellett nem is lennének életképesek, mivel túlságosan érzékenyek a betegségekre, gyakran kapnak gyógyszereket, antibiotikumokat is, ezzel hozzájárulnak az emberre veszélyes rezisztens baktériumok elterjedéséhez.

Közben a túlzásba vitt nemesítés miatt a természetes fajták kihalnak vagy megritkulnak, ahogyan történt ez többek között a kitűnő tulajdonságú magyar mangalica malac és szürkemarha állomány esetében.

A modern állattartásban az állatokat beton istállókban, szűk helyre összezsúfolódva tartják, megfosztva őket a természetes mozgás lehetőségétől, hogy azzal se „pazarolják” az energiát, a túlnyomórészt mesterséges tápokból álló takarmányukat pedig általában multinacionális cégek állítják elő.

Jelenleg Brazília a világon a legnagyobb marhahús- és marhabőrexportőr. Ez magyarázza az Amazonas menti őserdők felégetését, kiirtását legelőterületként történő hasznosításra. Az erdőirtások másik célja az egyre nagyobb mértékű szójatermesztés, főleg állatok takarmányozásához.

Mindez azt is jelenti, hogy már a fejlett országok bőségesen táplálkozó lakói is egyre inkább egészségtelen ételekhez jutnak, hiszen az élelmiszer-tömegtermelésben nagy mennyiségben használnak vegyi anyagokat, az állatok tartásához pedig gyógyszereket és mesterséges vitaminokat. Az intenzív állattenyésztés hatalmas vízfelhasználással, az élővizek és a talajok szennyezésével is jár.

Mindezek alapján valószínűnek látszik, hogy az emberiség – a saját túlélése érdekében – előbb-utóbb rá fog kényszerülni egy „puritánabb” életmódra, ezen belül a húsfogyasztás jelentős mérséklésére.

## **Paradigmaváltás a környezetvédelemben**

Sok jel mutat arra, hogy az ún. „környezetvédelem” terén szükségessé vált, alighanem közeledik is egy (újabb) szemléletváltás, sőt paradigma-váltás, hiszen a jelenlegi doktrínák tovább nem tarthatók fenn, azok eredménytelensége és természettudományos megalapozatlansága miatt.

Szemléletváltás két vonatkozásban is szükséges, mivel alapvetően hibás egyfelől a kérdés közgazdasági és morális megközelítése, másfelől a problémák valóban tudományos elemzése.

Az kétségtelen, hogy a rohamosan szaporodó emberiség gyorsuló ütemben éli fel a természeti erőforrásokat, miközben ártalmas anyagokat bocsát ki a környezetbe.

Ámde a bajok orvoslására hozott intézkedések általában nem ott segítenek, ahol legsúlyosabb a probléma, sőt egyes intézkedések többet ártanak, mint használnak.

Úgy tűnhet, hogy az emberi civilizációt veszélyeztető legfontosabb kockázati tényezők a következők:

- A túlnépesedett emberiség élelmiszerellátása.
- A szaporodó járműállomány üzemanyag-ellátása.
- Egészségkárosító anyagok felhalmozódása a környezetben.
- Az emberiség nehezedő energiaellátása.

Ezek mögött azonban mélyebb okok vannak, ezek elsősorban a következők:

- A hagyományos értékek értékvesztése.
- A természettudományos tájékozatlanság fokozódása.
- A környezetvédelem szakszerűtlen kezelése.

## ***Az értékrendek válsága***

Julius Evola olasz filozófus szerint az emberek valamikor Istent imádták, később rájöttek, hogy bátran imádhathják akár önmagukat is, vagyis az embert. Ezt a mozgalmat nevezték humanizmusnak. Azután az önmagukat imádó emberek egyre nagyobb szabadságot szerettek volna, kialakult a liberalizmus, majd a XX. században az individualizmus.

Az ősi „primitív” emberi közösségek mentalitása még kooperatív volt. Nem legyőzni kellett a törzs többi tagját, hanem együttműködni velük. Fontos szempont volt a többiek megbecsülése, sőt az összes élőlény megbecsülése, annak felismerése, hogy nem urai vagyunk a természetnek, hanem a társai, kölcsönösen függünk egymástól.

Mára a kooperatív társadalmi közösségek felbomlottak, az egymást segítő mentalitást felváltotta a versengés, mások leküzdése, túlszárnyalása, az egyéni érvényesülés, bármi áron.

A globalizálódó világban a családok is széthullottak. Ma már ha egy nagymama arról értesül, hogy a külföldön élő unokája „hazajön” meglátogatni, gyorsan beiratkozik egy nyelvtanfolyamra, hogy tudjon vele beszélni.

Igaza lehetett Marx Károlynak abban, hogy ha egy társadalmi jelenség eljut valamilyen extrém szélsőséghez, előbb-utóbb át fog csapni önmaga ellentétébe. Alighanem valami hasonló történik a túlzásba vitt szabadelvű individualizmus esetében is. Egy olyan világban ugyanis, ahol „mindent szabad”, az erősnek joga van kifosztani a gyengéket.

Kialakulóban vannak ezért az egyre magasabb hierarchia szintű politikai és gazdasági hatalmi centrumok, felosztva maguk között a világot. Manapság azon sem szokás csodálkozni, hogyha az emberi jogok jel-szavával indítanak háborúkat, avatkoznak be szuverén államok belügyeibe, korlátozzák a sajtószabadságot.

Közben pedig óriásira nőnek az egyenlőtlenségek a társadalmon belül, valamint egyes országok, régiók között is. Becslések szerint a világon megtermelt javak 90%-a felett ma már az emberiség 10%-a rendelkezik, és a maradék 10%-on osztozik a többi 90%.

Ámde a modern „fejlett” világban is egyre több a munkanélküli, akiknek pedig van munkájuk, látástól-vakulásig hajszojják magukat, hogy megvásárolhassák a legmodernebb plazma tévét vagy a legokosabb intelligens telefont. Hogy ettől boldogabbak lesznek-e, az nézőpont kérdése.

Néhány évtizeddel ezelőtt egy amerikai turistacsoport ellátogatott egy kelet-ázsiai faluba, ahol az emberek rendkívül alacsony színvonalon éltek, de azért mindenkinek volt mit ennie, volt hol laknia, és mindenki tudott ruházkodni is. Amikor a turisták érdeklődtek, hogy hány szegény ember lakik a faluban, azt válaszolták, hogy náluk nincs szegény ember. Húsz évvel később ismét ott járt egy csoport. Akkor már sok embernek volt fényképezőgépe, rádiója és kerékpárja, és egyre többen panaszkodtak, hogy mekkora a szegénység.

A szegénység és gazdagság relatív fogalom. Az ember nem akkor szegény, ha nem jut hozzá az élete fenntartásához szükséges legfontosabb javakhoz, hanem akkor, ha úgy érzi, hogy másoknak több jut.

Hamvas Béla már évtizedekkel ezelőtt azt írta, hogy az emberi magatartás a hangyátársadalom felé halad. Szimbolikus példabeszéde szerint a hangyák valamikor értelmes lények voltak, de kitalálták, hogy jól szervezett munkával eredményesebben tudják maguknak biztosítani az anyagi javakat. Azóta lélektelen robotokká alakultak át, és a szellemi képességeik leépültek.

Ugyanezen jelenségre utalva Henri Bergson már egy évszázaddal ezelőtt úgy vélte, hogy a modern ember a szerszámkészítő állat színvonaláról a szerszámkészítő szerszám szintjére fog lesüllyedni.

Carl Gustav Jung szerint a modern társadalomban a racionális materialista gondolkodásmód abszolút fölénybe került a spirituális és intuitív oldal rovására, ez számos egyéni és társadalmi problémát okoz, az emberek gondolkodása anyagiasabbá válik, az erkölcsi, szellemi és kulturális értékek leértékelődnek, miközben az emberek egyre többet dolgoznak olyan javak megszerzéséért, amikre nagyrészt nem is lenne szükségük.

Nem csoda, hogy a modern társadalom gyakori tünete a szorongás, a frusztráltság, az emberek elidegenedése, az ezzel járó neurotikus és depressziós tünetek, amelyekből a menekülési út gyakran egyfajta képzeletbeli „virtuális valóság” felé mutat. Ámde a világ úgy működik, hogy amire kereslet van, arra lesz kínálat is. Az érzelgős és horrorisztikus tévésorozatok, „reality show”-k mellett a modern multimédia technika lehetővé teszi a „valóság” egyre tökéletesebb szimulációját.

Szimulációs technikákat régebben is használtak, például pilóták képzésénél. A pilótát beültették egy kabinba, amelyet bonyolult mechanizmussal mozgattak, és a pilóta elé kivetítették a képet, amit a repülőgép ablakából látna, a pilóta pedig úgy manőverezhetett a képzeletbeli repülőgéppel, mintha igazi lenne.

A módszert a számítástechnika tökéletesítette. Ma már sokféle szimuláció lehetséges mozgatót kabin nélkül is. A résztvevő személy fejére speciális sisakot helyeznek, kezeire érzékelőkkel felszerelt kesztyűt húznak, amely követi az ember kézmozdulatait, méri az erő kifejtését, és számítógép segítségével előállítják azokat a kép, hang, tapintási, illat és egyéb ingereket, amelyek a valóság benyomását keltik.

Nagy léptékű műszaki fejlesztési programok működnek, hogy az ilyen technikákat az emberek tömeges szórakoztatására is alkalmassá tegyék. Ez a műszaki lehetőség azonban már filozófiai kérdéseket is felvet, hiszen egyre többen vannak, akik alig tudják megkülönböztetni a virtuális valóságot az igazítól. Előfordult, hogy egy szerencsétlen rabszolgalány szomorú sorsáról szóló tévésorozat hatására az emberek gyűjtést rendeztek a rabszolgalány kiszabadítására.

A kedvezőtlen tendenciákban számos tényező egymásra hatása érvényesül, és a negatív folyamatok visszafordítása csaknem reménytelennek látszik. Ez ugyanis akkor volna lehetséges, ha jelentősen megváltozna az emberiség gondolkodásmódja. Erre azonban csekély a remény. Ráadásul az alapvető szemléletváltást gazdasági és politikai érdekek is akadályozzák.

## ***A tudományos ismeretek hiánya***

Gábor Dénes szerint a tudósoknak köszönhetjük azt a fajta új világot, amely gyökeresen különbözik minden korábbtól, ezért az ő felelőssé-



gük, hogy törődjenek a sorsával. Csakhogy a mai modern világban az emberek nem nagyon érdeklődnek a természettudományok iránt. Leginkább olyasmit szeretnek tanulni, amivel vagy gyorsan lehet sok pénzt keresni, vagy pedig csekély tanulással meg lehet szerezni valamiféle diplomára emlékeztető oklevelet.

Ez azonban azt is jelenti, hogy a környezetünk tele van olyan eszközökkel, amelyek működési elvét az emberek többsége nem ismeri. Azt persze az emberek tudják, hogy hogyan kell bekapcsolni a mosógépet, a számítógépet, az „intelligens” telefont, és hogy mikor melyik gombot érdemes megnyomni, de azt általában már nem, hogy mi történik a „kütyü” belsejében, és a legtöbb embert ez nem is érdekli.

Magyarországon minden évben sok ember hal meg valamilyen közlekedési, háztartási, munkahelyi, sport-, barkács-, hobbi-, vagy egyéb balesetben, pedig a nagy részük sérülés nélkül megúszhatná a veszélyhelyzetet, ha ismerné a fizika, a kémia és a biológia törvényeit legalább olyan szinten, ami egy második gimnazistától elvárható.

Sajnos a természettudományos tájékozatlanság mára eluralkodott a döntéshozó politikusok között is. De még ha meg is értik a tudományos érveket, a szakszerűségnél sokkal fontosabb számukra, hogy a döntések eredménye mekkora szavazatnyereséget vagy -vesztést okozhat.

Márpedig a Parlamentben bármikor meg lehet változtatni az adótörvényeket, a nyugdíjtörvényeket, vagy akár az alkotmányt is, a természet törvényei azonban makacsul tartják magukat. Érdemes lenne időnként erre is tekintettel lenni.

Hogy mi lehet a megoldás? Talán egy váratlan katasztrófa, amely kényszerítheti a szükséges szemléletváltást. De azért jobb lenne, ha ez katasztrófa nélkül következhetne be.

Mindezek ellenére a modern világ legfontosabb hajtómotorja mégis csak az igazi szaktudás, azonban az igazi nagy tudású szakembereknek alig van beleszólásuk a magasabb politikai döntésekbe. És ez vonatkozik a környezetvédelemre is. A problémát nehezíti, hogy fokozódik a tudományos szakterületek közötti szakadék. A modern tudósok jelentős része specialista, a kutatásokat is specialistákból álló csoportok végzik, amelyekhez bonyolult és drága eszközöket használnak. Két specialista közötti kommunikáció pedig olykor a süketek párbeszédére emlékeztet.

Régebben még léteztek igazi polihisztorok, akik a tudomány minden területén járatosak voltak és átfogó ismeretük volt – reál és humán területen egyaránt – a koruknak megfelelő tudományos világról.

Ma már az ilyen „öncélú” tudás nem divat. A „modern” tudás célja a praktikus materiális igények kielégítése, egyre kevésbé a természet működésének megértése.

Sokan úgy gondolják, hogy a fizika, kémia, geológia stb. oktatása specializált technikai tudást ad, ezzel szemben a pszichológia, szociológia, filozófia, művészettörténet, költészet stb. oktatása adja azt a bizonyos másik fajta, humánus tudást. Erről azonban szó sincs. A kérdést nem a tantárgy dönti el, hanem az oktatás módszertana.

Régebben az iskolában a gyerekek az énekórán közösen énekeltek. Ma már az énekóra általában abból áll, hogy a diákokkal bemagoltatják a zenei stílusirányzatokat és a zeneszerzők életrajzát. A természet egészéből kiragadott adathalmazok segítségével pozitívista tudományos metodikával oktatott költészet vagy zeneművészet azonban pusztán technikai jellegű ismereteket nyújt, ugyanúgy elszigeteli az intellektust a mélyebb emberi értékektől, mint bármely egyéb technikai módon oktatott specializált ismeret.

Annak a bizonyos másik fajta, humánus tudás átadásának művészete már csak egyes nagy professzor egyéniségek tulajdonsága. Ezek azonban kevesen vannak. Emiatt a modern egyetemeken túlnyomórészt a reál és humán szakokon egyaránt specializált technikai ismeretek oktatása zajlik.

A helyzetet súlyosbítja, hogy még a technikai tudás területén is a preferenciák attól függenek, hogy milyen tudással lehet több anyagi hasznot realizálni. Egy nyugalmazott műszaki egyetemi professzor, amikor meghallotta, hogy az egyetemükön beindítják a „műszaki menedzser” szakot, szomorúan csak ennyit mondott: „Úgy látszik, mérnökök helyett ezután rabszolgahajcsárokat fognak képezni.”

Ráadásul a modern oktatástechnikai módszerek miatt egyre lazul a személyes kapcsolat tanár és tanítvány között. Régebben a diákokat személyesen vizsgáztatták. Manapság a legtöbb vizsga abból áll, hogy a diákok totószelvényre emlékeztető tesztlapokat töltenek ki, amelyeket számítógép segítségével kiértékelnek.

Van közvetlen számítógépes vizsgáztatási módszer is, amelynél a vizsgáztató tanárt a számítógép billentyűzete és monitora helyettesíti.

Emiatt a tanulók egyre ügyetlenebbek a személyes kapcsolatokban, különösen, amikor több ember előtt meg kell szólalniuk. Vítatható az is, hogy a gépesített és automatizált oktatási módszerek mennyire segítik elő a tanulók önálló gondolkodását.

Egy pedagógiai szakfolyóiratban olvasható volt például egy olyan eset, hogy egy középiskolában a matematika dolgozat kérdései közé becsempészték egy értelmetlen feladatot, amely így szólt: „Egy folyón felfelé halad egy uszály, amelynek a fedélzetén 20 bárány és 16 tehén van. Kérdés, hogy hány éves a kapitány.”

Bármennyire meglepő, a tanulók csaknem fele kiszámította, hogy a kapitány életkora 36 év.

Amikor megkérdezték a diákokat, ezt hogyan számították ki, ez volt a válasz: „Az ilyen szöveges feladatoknál a megoldást általában úgy kell kiszámítani, hogy a kiindulási adatokat vagy összeadjuk, vagy kivonjuk, vagy megszorozzuk, vagy elosztjuk. Az egyetlen ésszerű megoldás jelen esetben az összeadás.”

Vannak biztató törekvések is. A pedagógiai szakemberek mára felismerték, hogy a természettudományokon belül mennyire fontos az ún. határterületek művelése.

A természet ugyanis egységes rendszert alkot, amelyben – többek között – a fizikai, kémiai és biológiai folyamatok egymással kölcsönhatásban zajlanak, ezért érdemes ezek oktatását összekapcsoltnak kezelni. Csak remélni lehet, hogy az ilyen kezdeményezések sikeresnek bizonyulnak.

Minden próbálkozás ellenére a fejlett országokban tovább csökken a fiatalok érdeklődése a természettudományos pályák iránt, egyre kevesebben igyekeznek megismerni és megérteni a természet működésének törvényszerűségeit.

Magas színvonalú természettudományos ismeretek nélkül azonban nem lehet remény az emberiséget fenyegető kockázatok kivédésére, és nem lehetséges az emberek korrekt tájékoztatása sem a valódi problémákról és megoldási lehetőségekről.

Csak az emberek természettudományos műveltségének jelentős javulása esetén remélhető, hogy ne dőljenek be szakmailag megalapozatlan propagandakampányoknak.

## ***Szakszerűtlen környezetvédelem***

A Római Klub célkitűzései alapvetően helyesek voltak. Az alapító kiváló tudósok felismerték, hogy az emberiség egyre nagyobb mértékben éli fel a rendelkezésre álló erőforrásokat, szennyezi a környezetet, és hogy meg kellene állítani ezt a tendenciát.

Azóta a világ megváltozott. A környezetvédelem kérdésével ma már főleg nem tudósok foglalkoznak, hanem hiányos természettudományos ismeretekkel rendelkező mozgalmárok. Ugyanakkor a vállalkozók és a politikusok is felismerték az ebben rejlő lehetőségeket, azt, hogy a környezetvédelem jelszavával hogyan lehet növelni a termelést, a profitot és a GDP-t.

Csakhogynem lehet egyszerre növelni a GDP-t és csökkenteni az erőforrások felhasználását. A két követelmény egymásnak ellentmond. Ki kellett találni valamit, hogy a zöld kecske is jóllakjon és a káposzta is gyarapodjon. Ez pedig az éghajlatváltozás elleni értelmetlen szélmalomharc.

Tény persze, hogy a klíma változik, a bolygó éghajlata melegebb lesz, az időjárási szélsőségek gyakoribbá válnak, és a sarkvidéki jégtakarók visszahúzódnak. Ez a folyamat azonban az utolsó jégkorszak óta, vagyis – kisebb kilengésekkel – évezredek óta folyamatban van. Ha nem vagyunk hajlandók ezt tudomásul venni, az intézkedéseink hibásak lesznek.

Márpedig úgy tűnik, hogy nem vagyunk hajlandók tudomásul venni, és a fontos természeti erőforrásokat a klímaváltozás elleni kilátástalan küzdelemre pazaroljuk, ahelyett, hogy alkalmazkodnánk a változó körülményekhez, és az erőfeszítéseket a valódi problémák megoldására fordítanánk.

A klímaváltozás elleni küzdelem azért is elhibázott, mivel azt kizárólag az üvegháznak tulajdonítjuk, és az intézkedések nagy része a mesterséges eredetű szén-dioxid-kibocsátás visszafogására irányul, miközben a megoldást a „megújuló” energiák fokozott alkalmazásában véljük megtalálni.

És itt már van a dologban egyfajta csúsztatás. Megújuló energia a természetben nem létezik. Az energia nem újul meg, legfeljebb a megjelenési formáját tekintve átalakul, vagy egyik helyről egy másik helyre áramlik. A világegyetemben az energia mennyisége az ősrobbanás óta

változatlan, legalábbis az energiamegmaradás törvényét – minden próbálkozás ellenére – egyelőre nem sikerült megcáfolni.

A gyakorlatban a „megújuló” szóhasználat mást jelent. Azt a „primer” energiát nevezik megújulónak, amelyet a természet képes rövid időn belül pótolni. Nem megújulók a nukleáris üzemanyag készletek, amelyek több milliárd évvel ezelőtt halmozódtak fel a földkéregben, és nem megújulók a több tíz- vagy százmillió évvel ezelőtt kialakult szén- és szénhidrogén-lelőhelyek sem.

Megújuló energiát kizárólag a bioszférából lehet kicsatolni, mert itt zajlik le a gyors regenerálódás az élőlények közreműködésével.

James Lovelock GAIA-elmélete szerint azonban az egész bolygó (bioszféra + atmoszféra + hidroszféra + geoszféra) úgy működik, mint egy hatalmas élő organizmus, amelyben bonyolult energiaáramlások biztosítják a rendszer életképességét.

Kérdés, hogy egy élőlény energiaáramlásaiból mennyi energiát lehet vagy szabad kicsatolni, kiszivattyúzni anélkül, hogy az életét veszélybe sodornánk. Elvileg lehetséges, hogy az ember a saját vérkeringésének energiáját csapolja meg, és azzal működteti a mobiltelefonját vagy a laptopját, ámde nem valószínű, hogy a kezelőorvosa és a gyógyszerésze is helyeselné ezt a megoldást.

A „zöldek” kiszámították, hogy ha a Szahara sivatag területét befednénk napelemekkel, biztosítani lehetne az emberiség villamosenergia-ellátását. A Szahara sivatag azonban klímaszabályozó objektum. A nap-sugarak által felhevített homok felett a forró levegő felfelé száll, és működteti a magasabb légkörben a légáramlatokat. Ha kicsatoljuk a Szahara által felvett napenergia jelentős részét és villamos energia formájában elvezetjük például Európába, felborulhat az éghajlat egyensúlya a mediterrán térségben, sőt esetleg az egész bolygón.

A klíma kényes, finomhangolt rendszer, benne pillangó effektusok működnek, ezért viszonylag kis beavatkozással kiszámíthatatlan lavina hatásokat lehet benne előidézni.

Van egy további probléma. A fizikából ismert entrópia törvény szerint egy magára hagyott rendszer belső rendezetlenségének mértéke, vagyis az ún. „entrópia szintje” növekszik. Az élő szervezetek pedig azért képesek életben maradni, mert a szabályozó rendszerük a belső rendezettségüket magasan, és ezzel az entrópia szintjüket a környezet-hez képest alacsonyan tartja.

Ha villamos energia hasznosítására alkalmas alacsony entrópia szintű energiát veszünk ki egy élő rendszerből, azzal megnöveljük a „megcspolt” rendszer entrópia szintjét, és rontjuk az élő szervezet – jelen esetben a bioszféra – állapotát, és éppen ezt a jelenséget tapasztaljuk a környezet károsodásaként.

Az is gondot okozhat, hogy a „megújulók” hasznosításához szükséges, viszonylag nem túl hosszú élettartamú műszaki berendezések előállításához hatalmas mennyiségű nyersanyagot és energiafelhasználást igényel, amivel tovább fokozzuk a természeti erőforrások pazarlását.

Ráadásul a „megújulók” teljesítménye általában az időjárás szélsőségeitől függ, ezért a villamosenergia-hálózatba ezeket csak akkor lehet bekapcsolni, ha a teljes energiatermelés többségét olyan „hagyományos” erőművek biztosítják, amelyek teljesítménye jól szabályozható, és ez további költséget és erőforrásfelhasználást jelent.

Valóban érdemes elolvasni a GAIA-elmélet megalkotójának legújabb könyvét: „GAIA halványuló arca” (Akadémiai Kiadó, 2010), amelyben a természetért és környezetért aggódó szerző arra a szomorú megállapításra jut, hogy éppen a zöld mozgalmak fogják a természetet és a környezetet teljesen tönkretenni. No de akkor mégis, hogyan jussunk hozzá a szükséges energiához?

A világháború után ugyanis az emberek még elviselték, hogy a lakásokban minden nap több órás áramszünet volt, ami még mindig sokkal jobb, mintha bombák potyognának a fejükre. A mai modern emberiség azonban olyan mértékben ki van szolgáltatva az elektromos energiának, hogy annak hiánya vagy szükségessége az egész civilizáció végét jelenthetné.

Vannak biztató jelek is, amelyek arra utalnak, hogy előbb-utóbb mégis csak győzhet a józan ész. Erre utal, hogy a nemzetközi klímavédelmi egyezményeket szinte egyetlen ország sem tartotta be, sőt több jelentős gazdasági hatalom, így az USA, Kína, és Brazília is bejelentette, hogy az egyezmények érvényességi idejének lejártakor azokat nem hosszabítják meg.

Az ilyen döntések mögött persze főleg gazdasági és politikai motivációk keresendők, nem pedig a természet és a környezet iránti aggodalom, vagy a tudományos igazságok iránti elkötelezettség. Az viszont érthető, ha egy ország nem kíván jelentős gazdasági érdekeket feláldozni olyan cél érdekében, amelynek az elérése kilátástalan.

A Nemzetközi Energia Ügynökség (IEA = International Energy Agency) prognózisa szerint ugyanis, még ha a szén-dioxid kvóta árfolyamát jelentősen meg is emelik, 2030-ig a világ energiafogyasztásában a szén (kőszén, barnaszén, lignit) felhasználása fog a legnagyobb mértékben növekedni, olyannyira, hogy a kitermelés legalább megduplázódik, miközben a „megújulók” aránya soha nem fogja meghaladni a 20%-ot.

Szaporodnak a szűk körű szakmai tanácskozások is, amelyeken kiváló tudósok, nagy tudású szakemberek fejtik ki a véleményüket, amelyek azonban nem nagyon jelennek meg a sajtóban, tévében, rádióban.

Helyettük a tévében rendszeresen szerepelnek lelkes amatőr környezetvédők, közöttük a maguk szakterületén tiszteletre méltó teljesítményt felmutató jó nevű irodalomtörténészek, műfordítók, festőművészek, szobrászok, építészek, szociológusok, politikusok, kőfaragók és balett-táncosok. Igazi természettudós nem nagyon akad közöttük, ők nem szívesen adják a nevüket tudományosan vitatható propagandához. Ha pedig a „környezetvédelem” ellenségeként próbálják kifejezni a véleményüket, gyorsan beiktatnak egy adásszünetet vagy egy intimbetét reklámot.

A radikális zöldek mindig tudják a tuti biztos megoldást, míg azok a szerencsétlen igazi szakemberek folyton csak vívódnak önmagukkal, keresve-kutatva a kivezető utat.

A zöldek például sokáig támogatták a bioüzemanyagokat, de amikor kiderült, hogy ehhez hatalmas termőterületek kellene, és a fellépő élelmiszer- és takarmányhiány miatt milliók halhatnak éhen, akkor már a zöld tüntetők jelszava is így hangzott: „Az embereket etessük, vagy az autókat?”

Hasonló történik ma már a 30-40 emelet magasságú szélérőműveknél, ahol gyakran amiatt tüntetnek, hogy a 250-300 km/óra kerületi sebességű hatalmas, 15-20 tonnás szél lapátok kegyetlenül lekaszabolják a jobb sorsra érdemes szerencsétlen madarakat.

A környezetvédelem mai helyzete leginkább ahhoz hasonlítható, mintha egy súlyos beteg felett konzíliumot tartanának az orvosok, hogy érdemes-e megkockáztatni egy veszélyes műtétet, és mivel nem tudnának dűlőre jutni, megszavaztatnák a celebeket.

Hogy a közvélemény milyen könnyen befolyásolható, jellemző példa lehet az is, hogy a maja naptár szerinti világvége pánik idején Ameriká-

ban élelmes vállalkozók több millió példányban adtak el óriási haszonnal világvége túlélő dobozokat, amelyekben többek között konzervek, ivóvíz, fogkrém és fogkefe volt becsomagolva.

Jellemző példa lehet a már említett aláírásgyűjtési kampány is a dihidrogén-monoxid vegyület betiltása érdekében, amelynek végül az vetett véget, hogy akadt valaki, aki nem hiányzott annak idején a kémia óráról, amikor a tanító néni elmagyarázta ezeket a dolgokat, és rájött, hogy: dihidrogén-monoxid =  $H_2O$ , vagyis víz.

Akár befolyásolja a globális melegedést a mesterséges eredetű széndioxid-kibocsátás, akár nem, érdemes csökkenteni a széndioxid-kibocsátást, és minden egyéb mesterséges eredetű vegyület kibocsátását is a levegőbe, az élővizekbe és a talajba, hiszen ezek veszélyt jelenthetnek az egészségünkre, és ezért törekedni kell a minél inkább emisszió mentes energiatermelésre.

Ebből a szempontból azonban éppen a zöldek által sokat támadott atomenergia és vízenergia a legalkalmasabb, mivel ezeknél gyakorlatilag nincs légnemű emisszió. Az atomerőműveket pedig érdemes lakott területtől távol telepíteni a baleseti kockázat minimalizálása érdekében.

Ami a sugárzásokat illeti, fontos felhívni a figyelmet arra, hogy az emberek egészségét sokkal inkább a vízben, a levegőben és az élelmszerekben található kémiai és mikrobiológiai szennyezések veszélyeztetik, és nem az ionizáló sugárzások. A kétféle kockázati tényező között a különbség óriási, csak nagyságrendekben mérhető.

Sugárártalomnak pedig főleg nem az atomerőművek alkalmazottai vannak kitéve, hanem sokkal inkább azok az orvosok és egészségügyi dolgozók, akik kórházakban és klinikákon sugárterheléses diagnosztikai vizsgálatokat és kezeléseket végeznek.

Az atomenergia mellett fontos felhasználni még egy jó darabig az egyelőre nélkülözhetetlen szénkészleteket is, abban a reményben, hogy előbb-utóbb valóban megszületik a „tisza” energiaforrás.

Érdemes azt is figyelembe venni, hogy a természet nem csak építeni, de rombolni is képes. Ilyen események a földrengések, de ilyenek a lassú eróziós folyamatok is, amelyek hegyomlásokat, folyókon pedig partfalomlásokat okoznak. Ezeket a katasztrófákat pedig jobb megelőzni, mint a károkat utólag helyreállítani. Vonatkozik ez a folyókra is, amelyek csökkenő vízhozama, vízszintcsökkenése, medermélyülése



vagy feltöltődése előbb-utóbb veszélyezteti az ivóvízellátást és a talajok termőképességét.

A folyók szabályozása fontos szerepet tölthet be az éghajlatváltozás során fellépő problémák kezelésében, az élhető környezet megóvásában. Ha pedig a folyóinkon duzzasztóműveket építünk, érdemes azokra áramtermelő turbinákat is telepíteni, és ezzel javítani a villamosenergia-ellátás stabilitását és megbízhatóságát.

## *Néhány következtetés*

Csaknem egy évszázaddal ezelőtt mondta egy dúsgazdag amerikai vállalkozónak egy „primitív” indián törzs „pogány” varázslója: „Amikor kivágyátok az utolsó fát, kihalásszátok az utolsó halat, és kiszivattyúzzátok a földből az utolsó csepp olajat, rá fogtok jönni, hogy a dollár bankjegyeket nem lehet megenni.” Ezzel meg is fogalmazta a modern világ legfontosabb problémáját.

Folyamatosan halljuk ugyanis a jelszavakat, hogy a természeti erőforrásokat nem szabad felelőtlenül pazarolni, miközben azt is halljuk, hogy a lehető maximális mértékben növelni kell a GDP-t, akár azon az áron is, hogy tömegesen állítunk elő divat jellegű termékeket, amelyek fölöslegesek a normális emberi élethez.

A „fejlett” országokban gátlástalanul folyik az erőforrások felélése, miközben a világ másik felén milliók halnak meg az alapvető élelmiszerek, a tiszta ivóvíz és a gyógyszerek szűkössége miatt.

Az emberiség nem véletlenül jött létre, ugyanolyan része a természetnek, akárcsak a többi élőlény, amelyek igyekeznek a környezetüket a túlélésük érdekében számukra kedvezően alakítani. És ez nem könnyű, hiszen a természet állandóan változik, és ehhez folyamatosan adaptálódni kell. Amelyik élőlény populációnak ez nem sikerül, az kipusztul, amint történt ez valaha a brontosauruszokkal.

A szükségszerű paradigmaváltás lényege az a felismerés lehet, hogy a globális klímaváltozás elleni értelmetlen szélmalomharc helyett tudomásul kell venni az éghajlatváltozás tényét, és tudatos beavatkozással kell a környezetünket átalakítani, hogy az emberi civilizáció jövője biztosítva legyen.

Ez sokkal ésszerűbb, mint a sci-fi elképzelések, hogy végszükség esetén majd át kell telepíteni az emberiséget egy másik bolygóra, és azt kell majd lakhatóvá átalakítani, ami már csak azért is abszurdum, mivel a szóba jöhető bolygó ilyen átalakítását az ottani zöld mozgalmak úgymegakadályoznák.

A radikális „zöldek” szerint az emberiség egyfajta káros, nem kívánatos tényező ezen a bolygón, ezért úgy kellene élni és viselkedni, mintha itt sem lennénk, egyáltalán nem szabadna beleavatkozni a természet működésébe, és ha mégis megteesszük, az okozott „kárt” helyre kell hozni.

Azonban a lehető legrosszabb, amit tehetünk, ha hagyjuk a természetet „magától” működni, mert a klímaváltozással együtt járó természetes folyamatok hamarabb tehetik az ember számára élehetlenné a bolygót, mint gondolnánk.

Úgy kell cselekedni, mint a jó gazda, aki ha orkán közeledik, a családi házát felkészíti, ellenőrzi az állapotát, megigazítja a tetőn a laza cserepeket, hogy le ne sodorja a szél. Persze megtehetné, hogy helikoptert bérel, és szembeszáguulva a viharzónával, parittyával lövöldözik rá. Ámde ez csupán erőforráspazarló értelmetlen pótcselekvés lenne, akár csak a mai radikális zöld mozgalmak által sürgetett klímavédelmi intézkedések.

Hasonlóan kell eljárni, ahogyan tették ezt valamikor a nagy folyamvölgyi civilizációk, ahol jobban tisztelték és ismerték a természetet, mint a mai zöldek. Ilyenek voltak Mezopotámiában a sumérok, az Indus folyó völgyében a dravidák, a Sárga folyam völgyében a kínaiak, a Nílus völgyében az egyiptomiak, mert csak így lehetett kiemelkedni a kőkorszakból, anélkül az emberiség ma már nem létezne.

Ami pedig a radikális zöldek által javasolt éghajlatváltozások elleni intézkedéseket illeti, ezekkel éppen azokat az erőforrásokat pazaroljuk el, amelyek megőrzése fontos lenne a túléléshez.

Azt is tudomásul kell venni, hogy véges világban nem lehet végtelesen növekedni sem létszámban, sem termelési produktumban. A népesség növekedése azonban a prognózisok szerint folyamatosan lassul, majd megáll. Ennek egyik oka az, hogy a technikai fejlődéssel az emberek életmódja megváltozik, és emiatt a születések száma fokozatosan csökken.

Baj viszont, hogy az egy főre jutó fogyasztás folyamatosan növekszik. Ráadásul a GDP akkor növelhető, ha az emberek a megvásárolt termékeket minél rövidebb ideig használják, és gyorsan újat vásárolnak helyettük, mert ezzel lehet a termelést felpörgetni. Mivel pedig a szállítási tevékenység is GDP-növelő tényező, érdemes a termékeket több ezer kilométereken át utaztatni, mert ettől is csak javulhatnak a gazdasági statisztikai adatok.

A fokozódó termelés egyre több hulladék és melléktermék keletkezésével jár, amelyek feldolgozása és újrahasznosítása ugyancsak GDP-növelő tényező.

Amde energiatakarékosság szempontjából is fontos lenne, hogy a „tartós” fogyasztási cikkek a valóságban is tartósak legyenek, még akkor is, ha a régebbi típusú termékek kevésbé energiatakarékosak, ugyanis a hulladékok gyakori újrahasznosítása általában nagyobb energiapazarlást jelent, mint amennyit a rövid élettartamú modernebb eszközökkel meg lehet takarítani.

A problémát enyhíthetné, ha a sokat emlegetett lokalizáció igazán valósággá válna, előtérbe kerülne a helyi hagyományok és kultúrák „túlélése”, a sokféleség fennmaradása, az önellátásra termelő emberléptékű gazdaságok, továbbá a javak méltányosabb elosztása, szemben az egyenműsítő, „konzumembereket” létrehozó globalizációval.

A valóságban az egyenlőség és az emberi jogok jelszavával tovább folyik a kulturális különbségek felszámolása, az emberek egyre jobban ki vannak szolgáltatva a globális technológiai-gazdasági folyamatoknak.

Van-e megoldás? Talán van. Ehhez lenne szükség az alapvető szemléletváltásra.

## Irodalomjegyzék

- ALLIBONE, T. E.: Gábor Dénes, NOVOFER Alapítvány, Budapest, 2000.
- APPLEBY, A. J., F. R. FOULKES: Fuel Cell Handbook, Krieger Publishing Co., Malabar, Florida, 1993
- BARROW, John D., Frank J. TIPLER: The Anthropic Cosmological Principle, Oxford University Press, 1986 and 1996
- BATTERSBY, Stephen: Fire down below, New Scientist, 7 August 2004
- BESANÇON, Robert M.: The Encyclopedia of Physics, Van Nostrand Reinhold Company, 1985
- BÖLCSFÖLDI József: Technikai civilizációk kapcsolatainak valószínűségi korlátai, Fizikai Szemle, 2004/10.
- McCARTNEY, E. J.: Optics of the Atmosphere, Wiley, New-York, 1976
- CHODKOWSKI, Jerzy: Kis kémiai szótár, Gondolat, Bp. 1972.
- CLARK, Stuart: Saved by the Sun, New Scientist, 16 September 2006
- CZAYA, Eberhard: A Föld folyói, Gondolat, Budapest, 1988.
- FAZEKAS András István Dr.: Energetikai forгатókönyvek a 2012 évi WEO jelentés alapján (előadás),  
<http://www.youtube.com/watch?v=0zeYlGrj0LE&feature=youtu.be>
- FERENCZY Sándor: Actinic effects of optical radiation on man, MTA Műszaki Fizikai Kutatóintézet, Budapest, 1987.
- FÜZY Olivér: Vízgépek, Tankönyvkiadó, Bp. 1966.
- GAÁL Ferenc: Kis hűtőgépek, Műszaki Könyvkiadó, Bp. 1972.
- GÁBOR Dénes: Találjuk fel a jövőt, NOVOFER Alapítvány, Budapest, 2001.
- GAJZÁGÓ Éva: Emberre szabott univerzum, Élet és Tudomány, 2001/1.
- GOLDBERG, L.: The Absorption Spectrum of the Atmosphere, University of Chicago Press, 1954
- GRANT, V.: The Evolutionary Process: A Critical Review of Evolutionary Theory, Columbia University Press, New York, 1985
- GREENE, Brian: The Fabric of the Cosmos, Penguin Books, 2004
- HÁGEN András: Milanković–Bacsák-ciklus és a földtan, Magyar Tudomány, 2013/2.
- HAJDÚ György: A hőszivattyú a jövő energiaforrása: a Nap és a Föld hőjének hasznosítása, <http://www.inco.hu/inco6/innova/cikk3h.htm>
- HALÁSZ Zoltán: Ur városától Trójáig, Móra Könyvkiadó, 1961
- HAUGE, Frederic, Marius HOLM: Give carbon a decent burial, New Scientist, 17 July 2004
- HÉJJAS István:
- Esélyeink a túlélésre, Anno Kiadó, 2008.
  - A bioszféra és a zöld energia, IPM, 2007. szeptember
  - Az élő bolygó, eVilág, 2004. április
  - Van elég energiánk, United-pc Kiadó, Ausztria, 2012
  - Ezotéria és/vagy tudomány, Tarandus Kiadó, 2012
  - A katasztrófaelmélet alapfogalmai, Mérés és Automatika, 1986/1-2.
  - A szuperhúrok és az antropikus elv, IPM Interpress Magazin, 2006/3.

- A természettudományos elméletek korlátai, eVilág, 2002. szeptember
- A zöldek és a növekedő GDP, <http://realzoldek.hu/velemenyek/2013/04/04/a-zoldek-es-a-novekedo-gdp/#more-3681>
- Energiapolitika és környezetvédelem (előadás, 2012), <http://realiszoldtv.hu/2012/05/01/dr-hejjas-istvan-energiapolitika-es-kornyezetvedelem/>
- Környezetvédelem és GDP, <http://www.realzoldek.hu/modules.php?name=News&file=article&sid=3104>
- HOFFMAN, P.: Tomorrow's Energy – Hydrogen, Fuel Cells, and the Prospects for a Cleaner Planet, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, London, England, 2001
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY: World Energy Outlook, OECD, Paris, 1998
- IOFFE, A. F.: Semiconductor Thermoelements and Thermoelectric Cooling. Infosearch Limited, 1957
- JÁROSI Márton:
  - Életem a magyar energetikáért, Püski Kiadó, Budapest, 2010
  - A nemzeti energiapolitika eredményei és esélyei, Polgári Szemle 2012/1-2. (Társszerző: Kacsó András)
  - Az állam felelősségvállalása az energia-közszolgáltatásokért, Polgári Szemle 2013/1-2. KEPLI Lajos: Nemzeti kincsünk, a víz (előadás), <http://www.realzoldek.hu/modules.php?name=News&file=article&sid=3050>
- KLOPFER Ervin: A természeti állandókról, Informatika, 2004. szeptember
- Közös Jövők, Mezőgazdasági Kiadó, 1988
- LOVELOCK, J. E.:
  - GAIA, A New Look at Life on Earth, Oxford University Press, 1982
  - GAIA halványuló arca, Akadémiai Kiadó, 2010
- MATTHEWS, Damon: The Water Cycle Freshens Up, Nature, 439, 793–794, 2006
- MAYER István: Fejezetek a kvantumkémiaiából, BME Mérnöki Továbbképző Intézet, Budapest, 1987.
- MARX György:
  - Napfény, üvegház, éghajlat, Fizikai szemle, 1993/4.
  - Oxigén, ózon, civilizáció, Fizikai szemle, 1993/4.
- MÁDLNÉ Szőnyi Judit:
  - A geotermikus energia, Grafon Könyvkiadó, Budapest, 2006.
- MÉSZÁROS Milán:
  - Az antarktiszi jég növekszik, <http://realzoldek.hu/modules.php?name=Content&pa=showpage&pid=1211>
  - Egyenlítő helye a paleozoikumban, <http://realzoldek.hu/modules.php?name=Content&pa=showpage&pid=1248>
  - Megújuló energiák (előadás) <http://www.realzoldek.hu/modules.php?name=News&file=article&sid=3053>
- MIKA János (szerk.): Klímaváltozás, hazai hatások, Természet Világa, 2004/II. különszám
- MISKOLCZI Ferenc: Greenhouse effect in semi-transparent planetary atmospheres, IDŐJÁRÁS, Az Országos Meteorológiai Szolgálat folyóirata, 2007/1. szám
- NÁDAI Magda, dr.: Gyümölcs a tudás fájáról, AQUA, Bp. 1992.

- NOWAK, Rachel: Power tower, New Scientist, 31 July 2004
- NUCLEAR ENERGY IN FINLAND, Ministry of Trade and Industry, Helsinki, 2002
- OHMURA, Atsumu, Martin WILD: Is the Hydrologic Cycle Accelerating? Science. 298, 1345–1346, 2002
- OLAH, G. A.: Olaj és szénhidrogének a 21. században, Magyar Kémiai Folyóirat, 1999, 105, 161-167
- OLAH, G. A., G. K. S. PRAKASH: Recycling of Carbon Dioxid into Methyl Alcohol and Related Oxygenates for Hydrocarbons, 1998, US Patent 5,928,806
- OLAH, G. A., G. K. S. PRAKASH, et al.:  
 – Aqueous Liquid Feed Organic Fuel Cell Using Solid Polymer Electrolyte Membrane, 1997, US Patent 5,599,638  
 – Novel Polymer Electrolyte Membrane for Use in Fuel cells, 2001, AU Patent 729900
- ÖVEGES József: Fegyverek fizikája, Zrínyi, 1972.
- PEARCE, Fred:  
 – Harbingers of doom? New Scientist, 24 July 2004  
 – Sea birds might pay the price for green electricity, New Scientist, 7 May 2005  
 – Fuels gold, New Scientist, 23 September 2006
- REMÉNYI Károly: A Föld hőmérsékletei – Miről is beszélünk? Magyar Tudomány, 2010. szeptember, <http://www.matud.iif.hu/2010/09/03.htm>
- ROTMISZTROV, M. N., P. I. GVOZDJAK, Sz. Sz. SZTAVSZKAJA: A szennyvíztisztítás mikrobiológiája, Mezőgazdasági Kiadó, Bp. 1982.
- ROWE, D. M.: Thermoelectrics Handbook: Macro to Nano, Taylor & Francis, 2006
- RUBBIA, Carlo: Energiasokszorozás, Fizikai Szemle, 1994. április
- SCHANDA János:  
 Az optikai sugárzás élettani hatásai, Magyar Tudomány, 2002/8.
- SCHILLER Róbert: Rendszertelen bevezetés a fizikai kémiába, Műszaki Könyvkiadó, Bp. 1987.
- STIENNE, Agnès: A húsipar felzabolja földet, <http://www.magyardiplo.hu/kezdolap/1087-a-husipar-felzabolja-foeldet>
- STOLMÁR Aladár: Az én Csernobilom, Silenos, 2009.
- STRÓBL Alajos:  
 Energiatakarékos környezetkímélés hőszivattyúkkal, OMIKK, Bp. 1999.
- SZABADOS László:  
 Elektromágneses sugárzás a kozmoszból, Magyar Tudomány, 2002/8.
- SZATMÁRY Zoltán: Mit old meg Carlo Rubbia tóriumos energiasokszorozója? Fizikai Szemle, 1994. július
- TELLER Ede:  
 – A boszorkányokról, akik nincsenek, Fizikai Szemle, 1991/1.  
 – Ne féljete, ha nem tudjátok, hogy mitől féltek, Fizikai Szemle, 1991/4.
- THURÓCZY György: A rádiófrekvenciás sugárzások egészségügyi kérdései, Magyar Tudomány, 2002/8.
- TUROVSZKIJ, I. Sz.: A szennyvíziszap kezelése, Műszaki Könyvkiadó, Bp. 1980.
- VAJDA György:  
 – Az atomerőművek kilátásai, Fizikai Szemle 2000/1.  
 – Energiaigények, Magyar Tudomány 1999/9.

- Energiaforrások, Magyar Tudomány 1998/6.
  - Új kihívások az energetikában, Magyar Kémikusok Lapja, 1993/10-11.
- VARJÚ György: Kisfrekvenciás erőkerek egészségi és elektromágneses összeférhetőségi kérdései, Magyar Tudomány, 2002/8.
- WARK, Kenneth: Thermodynamics, McGraw-Hill, 1966
- ZOLETNIK Sándor: Szabályozott magfúzió mágneses összetartással, Fizikai Szemle, 2005. március
- ZSOLNAI László: Boldogság és Gazdagság, Typotex, 2010

## ***Fontosabb internetes források***

A témához kötődő honlapok:

<http://www.realzoldek.hu>

<http://phys.org/>

<http://www.sciencedaily.com/>

<http://www.zoldvalasz.hu/>

<http://realiszoldtv.hu>

<http://realzoldek.weboldala.net/>

<http://kornyezet.ektf.hu/>

<http://www.enpol2000.hu/>

<http://www.centennialbulb.org/cam.htm>

<http://www.polariszemle.hu/>

<http://www.nature.com/ngeo/index.html>

<http://www.muszaki-magazin.hu/>

<http://www.wikipedia.hu>

<http://www.mta.hu>

<http://klimabarat.hu/>

Ajánlott írások:

<http://enpol2000.hu/dokumentumok/kiadvany/article/Dokument%C3%A1ci%C3%B3k/Dokumentumok/16-Kiadv%C3%A1ny/135-privatizacio-utan-es-liberalizacio-elott-a-magyar-energia>

<http://enpol2000.hu/dokumentumok/kiadvany/article/Dokument%C3%A1ci%C3%B3k/Dokumentumok/16-Kiadv%C3%A1ny/129-eletem-a-magyar-energetikaert>

<http://enpol2000.hu/dokumentumok/allasfoglalasok/article/67-%C3%81ll%C3%A1sfoglal%C3%A1sok%20%C3%BAj/214-katy-zas-helyett-j-utat-az-energetikaban>

[http://www.polariszemle.hu/app/interface.php?view=v\\_article&ID=488](http://www.polariszemle.hu/app/interface.php?view=v_article&ID=488)

[http://www.polariszemle.hu/app/interface.php?view=v\\_article&ID=536](http://www.polariszemle.hu/app/interface.php?view=v_article&ID=536)

<http://hu.united-pc.eu/koenyvek/eletrajz-politika-kortoertenet/politika-gazdasag/van-eleg-energiánk.html>

<http://atlatszo.hu/2011/07/25/cenzurazott-tudomany-miskolczi-ferenc-elhallgatott-klimaelmelete/>

<http://atlatszo.hu/2012/05/01/magyarleaks-nem-talalt-hibat-az-mta-a-miskolczi-fele-klimaelmeletben/>

[http://index.hu/tudomany/2010/09/01/obama\\_egy\\_tollvonassal\\_megoldhatna\\_a\\_vilag\\_energiaproblemait/](http://index.hu/tudomany/2010/09/01/obama_egy_tollvonassal_megoldhatna_a_vilag_energiaproblemait/)

[http://kornyezet.ektf.hu/uploads/doc/kornyezeti\\_fizika.pdf](http://kornyezet.ektf.hu/uploads/doc/kornyezeti_fizika.pdf)

<http://nol.hu/archivum/archiv-486659>

<http://zoldtech.hu/cikkek/20091013-metanol>

<http://www.matud.iif.hu/08jun/05.html>



<http://www.origo.hu/tudomany/20080528-elet-a-koolaj-utan-interju-olah-gyorgy-nobeldijas-kemikussal.html>  
<http://www.scribd.com/doc/49935113/KERENYI-A-ODON-VER-NEMZETI-STRATEGIA-2011-frissites>  
[http://www.youtube.com/watch?v=mTdT3YM9\\_k&feature=youtu.be](http://www.youtube.com/watch?v=mTdT3YM9_k&feature=youtu.be)  
[http://www.muszaki-magazin.hu/cikk/Szelturbinak\\_szuprazetokkal](http://www.muszaki-magazin.hu/cikk/Szelturbinak_szuprazetokkal)  
[http://www.nfft.hu/a\\_brundtland\\_bizottsag\\_es\\_a\\_fenntarthato\\_fejlodes/](http://www.nfft.hu/a_brundtland_bizottsag_es_a_fenntarthato_fejlodes/)  
[http://hu.wikipedia.org/wiki/%C3%96kol%C3%B3gai\\_l%C3%A1bnyom](http://hu.wikipedia.org/wiki/%C3%96kol%C3%B3gai_l%C3%A1bnyom)  
<http://www.earthtimes.org/energy/thorium-nuclear-alternative/532/>  
<http://klimabarat.hu/node/382>  
<http://klimabarat.hu/node/379>  
[http://www.magyarhirlap.hu/gazdasag/szenkeszlet\\_230\\_evre.html](http://www.magyarhirlap.hu/gazdasag/szenkeszlet_230_evre.html)  
<http://www.kutdiak.kee.hu/diak/nzs/viz1.htm>  
<http://mta.hu/sajtoszemle/utolso-figyelmeztetes-a-vilag-megovasara-127664/>  
[http://www.mszip.hu/sites/default/files/VIZIK%C3%96ZLEKED%C3%89S\\_%20Duna-Tisza%20csatorna.pdf](http://www.mszip.hu/sites/default/files/VIZIK%C3%96ZLEKED%C3%89S_%20Duna-Tisza%20csatorna.pdf)  
<http://www.inco.hu/inco6/innova/cikk3h.htm>  
<http://astro.elte.hu/~kris/csillrajz/>  
[http://astro.u-szeged.hu/oktatas/csillagaszat/3\\_Ido\\_korrekciok/ido\\_korrekciok.htm](http://astro.u-szeged.hu/oktatas/csillagaszat/3_Ido_korrekciok/ido_korrekciok.htm)  
<http://www.sciencecaffe.com/hu/szo-2013-02-09-1618/milankovi%C4%87%E2%80%93bacs%C3%A1k-ciklus-%C3%A9s-f%C3%B6ldtan>





Pusztul a környezet, veszélyben az emberiség fennmaradása. A problémát fokozza a fogyasztói társadalom morális hanyatlása, valamint a modern államok gazdaságpolitikája a mindenáron való növekedés érdekében. A környezetvédő mozgalmak akciói csaknem hatástalanok, olykor kifejezetten károsak. A gazdasági élet szereplői és a politikusok pedig ügyesen kihasználják a környezetvédelemben rejlő üzleti és propaganda lehetőségeket, miközben a lehetséges valódi megoldások hatalmas lobbierdekekbe ütköznek.

*Héjjas István*