

Láng Attila D.

lad@rentahost.net

# FÖLDI MESÉK

## TARTALOM

A HEGYEK SZÜLETÉSE

A FÖLD TÖRTÉNETE

A KÉK BÚGÓCSIGA

ÓCEÁN A FEJÜNK FÖLÖTT

EGY KIS JÉGKOCKÁT?

ÉPÍTSÜNK HOMOKVÁRAT

---

Utazásra készülök. Szeretném bejárni otthonom néhány érdekesebb zegét-zugát. Otthonom egy kék-fehér mintás golyó, amely pörögve repül az űrben, fürdik a napfényben és olyasmi van rajta, ami semmilyen más, eddig ismert űrben repülő golyón nincsen: élet. Otthonom a Föld.

Velem tartasz?

Ez a könyv nem olyan igénytelen mű, mint a regények, amikhez elég egy kis ropi vagy sós-mogyoró, esetleg egy bögre tea: ehhez a könyvhöz felszerelés is kell, mint minden valamire-való utazáshoz. Térképekre van szükség, egy részüket igyekszem magam szállítani, de jól teszed, ha összegyűjtöd a közeledben találhatókat; minél több, annál jobb. Kellenek majd mindenféle közlekedési eszközök, mert hatalmas távolságokat teszünk majd meg; nem nélkülözhetjük az autót, a hajót, a tengeralattjárót, a repülőgépet, de még az űrhajót sem. Visszamegyünk a régmúltba is, ezért mielőbb szerezz be egy jobb fajta időgépet; de ne ám olyan vacak zsebbe valót, ami csak pár évre működik, mert évmilliókat fogunk bejárni percek alatt.

Ez tehát drága könyv. A tudást nem adják ingyen. Viszont legalább veszélytelen. Fegyvert ne hozz: ha dinoszaurusz találna jönni, majd elszaladunk.

## A HEGYEK SZÜLETÉSE

Azt hiszem, mindenki látott már hegyet. Sőt nem is hiszem ezt, biztos vagyok benne. Akadnak ugyan sík területek, mint az Alföld, de még azok sem egészen laposak. Akárhol élsz a világban, ha most kocsiba pattansz (ne feledd otthón ezt a könyvet) és elindulsz bármerre, csakis két eset történhet: vagy vízpart állja utadat, vagy pedig előbb-utóbb látni fogsz egy hegyet.

Vajon hogyan keletkeznek a hegyek?

Ha előveszed Magyarország domborzati térképét, amin a síkságokat zöld szín mutatja, a hegyeket pedig barna, minél magasabb a hegy, a barna szín annál sötétebb - szóval ha előveszed a domborzati térképet és megkeresed rajta Dél-Magyarországon, Pécs mellett a Mecseket, azt fogod látni, hogy a hegyek fokozatosan növekszenek. A Duna mentén még egészen sík a vidék, aztán lassan emelkedni kezd, ez a Szekszárdi-dombság és kicsit odébb a Geresdi-dombság, aztán még tovább emelkedik, ez a Mecsekalja, és végül fölmagasodik a Mecsek, égbe törő csúcsaival, némelyik magasabb, mint a jelenlegi világrekorder felhőkarcoló. Bár nem sokkal. Aztán megint alacsonyabb dombvidék következik, ezt hívják Zselicnek, utána jön Belső-Somogy laposabb vidéke, és így tovább.

Ez persze nem is csoda, éppen az lenne a furcsa, ha a hegyek egyszerre csak kinőnének a semmiből: itt síkság van, tíz lépéssel odébb meg kiugrana a földből egy éktelen magas hegy, mint valami fal.

Jó, de az ebből nem derült ki, hogyan keletkeznek a hegyek.

Ha megkeresed a legközelebbi játszóteret és belenézel a homokozóba, azt fogod látni, hogy a homok nem alkot olyan sík felületet, mint a korcsolyapálya. Merthogy miért is tenné, nem igaz? A homokozó gyerekeknek eszükbe se jutott hegyeket építeni, de a homokban domborulatok és mélyedések vannak, amiket egy hangya éppenséggel hegynek foghat föl. A homok ugyanis nem folyik úgy, mint a víz, ezért ha valaki hagyott benne egy lábnyomot, akkor az elég sokáig ott marad, amíg csak a szél lassan föl nem tölti homokkal. Az tehát jó válasz lehetne, hogy a Föld is egy nagy homokozó, itt is vannak mélyedések és dombok, és hát a termőföldet meg a sziklákat nem fújdogálja olyan könnyen a szél, megmaradnak jó sokáig.

Nos, ez a válasz igaz is - de csak egy része a teljes válasznak. Nézd meg például Amerika térképét, s meglátod, miért.

Egy hatalmas hegylánc húzódik végig rajta északról délre. Alaszkában indul, áthalad Kanada és az Egyesült Államok nyugati részén, Mexikón - itt Sziklás-hegység a neve -, Közép-Amerikában kisebb hegységeket alkot, aztán Dél-Amerikában a Kordillerák és az Andok óriási hegyláncában folytatódik. S mindeközben a keleti vidékeken síkságok és alacsony dombvidékek terülnek el, legfeljebb itt-ott pici hegységekkel mutatóba.

Ilyen véletlen nincs. Ezt valaki direkt csinálta.

És ha ez véletlen volna, akkor ott a többi. Egy másik hegysorozat húzódik végig Eurázián is, a Pireneusok, az Alpok, a Kárpátok, Kis-Ázsia, a Kaukázus, Iránban a Zagrosz-hegység, a Hindukus, aztán jön a világ legmagasabb hegysége, a Himalája, ami az Indokínai-félsziget, majd a maláj-indonéz szigetvilág hegyláncában folytatódik. És láncokban vannak a hegyek Japánban, Kelet-Afrikában, Új-Zélandon, láncot alkot az Urál Oroszországban, az Atlasz Marokkóban, az Appenninek Olaszországban, a Skandináv-hegység Norvégiában - és egyáltalán, minden valamirevaló hegység láncot alkot. A kerek folt alakú hegységek sose nőnek

nagyra, azok nem egyebek dombvidékeknél, amilyen a Mecsek is, hisz legmagasabb csúcsa is csak hatszáznyolcvan méter. Igazából nem más, mint a Dunántúli-dombságnak az a része, ahova a legtöbb földet hordta össze a véletlen. De ezek a hatalmas hegyláncok, amelyek hosszúsága világrészeket fog át, miközben szélességük gyakran csak egy kisebb országnyi - ezeket nem csinálhatta a véletlen. Olyanok, mintha ecsetvonások volnának a világtérképen.

Hát nem is véletlenek. De igazából nem ecsettel készültek, hanem késsel.

Azt hiszem, legjobb, ha most lemegyünk a hegyek alá. Elfelejtettem a járművek között említeni a földalattjárót, de azért én hoztam, remek típus, gyorsan halad. A földalattjáró olyan, mint a tengeralattjáró, csak nem a vízben megy, hanem a földben. Persze nem fúr lyukat a földbe, ugyan már, hát láttál te már tengeralattjárót úgy menni, hogy bányászszerszámokkal kilyukasztotta maga előtt a vizet? Ugye nem. Csak ment előre és a víz utat engedett neki. A földalattjáró se csinál mást. Meg kell nyomni a lefelé mutató nyíllal jelölt gombot, és... áááá!

Huh, ez meredek volt. Azt hiszem, be kellett volna kapcsolni a biztonsági övet, ehhez képest a gyorslift smafu. Hadd lám csak, hol vagyunk. Kilencven kilométer mélyen a Föld gyomrában. A műszerek szerint a kinti anyag sűrűsége három-négy gramm köbcentiméterenként. Fönt a felszínen két gramm, szóval ez még nem is olyan sok. A nyomás ötven megapascal... a felszínen a légköri nyomás száz kilopascal, akkor annak az ötszázszorosa. Lehet valamicske kő a fejünkön. A hőmérséklet... ejha! Plusz kétezer fok? Nem semmi. Szóval meleg van, kemény a kő és nehéz is, egyébként nem sok érdekeset látni odakint. Kő és kő, ameddig a szem ellát, s ez a földalattjáróban nem kis távolság.

Menjünk lejjebb. Várj! Előbb bekötöm magam. Úgy, indulhatunk.

A mélységmérő vadul pörög, a műszerek egyre forróbb és sűrűbb rétegeket mutatnak, aztán belecsobbanunk egy óceánba. Nem egészen pontos a szó, mert ez nem vízből van, hanem folyékony vasból és nikkeltől, s nem is igen lehet csobbanni bele, hiszen olyan sűrű, mintha óriási présekkel nyomták volna össze - így is van, a fejünk fölötti irdatlan közetréteg mind nyomja. Még lejjebb a vas és a nikkeltől már szilárd, s mint tűzforró fémgolyó foglalja el a Föld legbelsejét.

Megérkeztünk. A mélységmérő 6378 kilométert mutat. Ez a Föld középpontja.

Az anyag minden köbcentimétere tizennégy grammot nyom. A nyomás négyszáz megapascal. A hőmérséklet négyezer fok.

A földalattjáró reflektorai és a legsűrűbb anyagon is átlátó kamerái messze távolba beláthatóvá teszik a tájat, de semmit sem látni, ami kicsit is érdekesnek lenne mondható. Csend van, a Föld mélyében mozdulatlanul pihen az olvadt fém, amely vízként folya, ha nem préselné szilárdra a nyomás. Itt bizony nem sokat tudunk meg.

Amíg visszaindulunk fölfelé, hadd szóljak, hogy egyvalamit azért megtudtunk. A Föld mélyében borzasztó forróság van. A Nap legkülső rétegében a mérések szerint 3870 és 6100 fok közötti hőmérséklet van, tehát előfordul, hogy hűvösebb egy kicsit a Föld középpontjánál. S azt is el kell árulnom, hogy ez a nagy mozdulatlanság csak látszat. Mozog itt minden, csak olyan lassan, hogy egy ilyen rövid látogatásból nem vehettük észre. Az a külső magnak nevezett folyékony vas-nikkeltől óceán, amin most fölfelé menet áthaladunk, már sokkal gyorsabban örvénylik, s különböző sebességgel mozog az összes réteg, aszerint, hogy milyen a sűrűségük és az összetételük.

Honnan van ez az elképesztő hőség a Föld gyomrában? Hiszen a felszín a Nap melegíti, a Föld önmaga hideg. Belül mégsem az.

Ez a meleg még akkorról származik, amikor a Föld kialakult. Egy későbbi utazásunkon elmondom, hogyan történt, de most a földalattjáró kibukkant a felszínre és békésen hever a Gellért-hegy oldalán. Ideje visszatérni a hegyek születéséhez.

A Föld sugara tehát 6378 kilométer, ilyen magasan van a felszín a középpont fölött. Ebből mintegy hatezer-háromszázat tesz ki a belső mag, a külső mag és a köpeny. A legfelső réteg, amely helyenként kilencven, másutt csak hét kilométer vastag, a kéreg. Ezen élünk mi. Minden, amit valaha láttunk a Földből saját szemünkkel, még a tengerek legfeneke is a kéreghez tartozik.

Ha összehasonlítod a kéreg vastagságát a Föld sugarával, látni fogod, milyen vékonyka héja ez a Földnek. Alatta a köpeny lassan, de megállás nélkül áramló anyaga, forró kő- és fémolvadék tengere terül el. Olyan ez, mint a krémes: vastag krémrétegek fölött egy egészen vékony tésztalapocska.

A Föld születésének szó szerint földrengető eseményei lemezekre törték a kérget, ahogy egy kemény tojás héja törik szilánkokra, ha a falhoz csapod. A lemezek lassan úsznak a köpeny anyagán, mint jégtáblák a sarki tengeren. Több mint egy tucat van belőlük. Az a lemez például, amin Magyarország található, az Eurázsiai-lemez: ezen van Európa és Ázsia legnagyobb része. Határa a sarkvidéken kezdődik, végighúzódik az Atlanti-óceán feneke alatt, kettészeli Izlandot, aztán az óceán közepén keletnek fordul. Gibraltárnál belép a Földközi-tengerbe, Szicíliát délről megkerüli, levágja Görögország déli részét, keresztülhalad Törökországon, a Kaukázuson, majd a nagy hegyvidékek vonalát követve végigmegy a Himaláján, aztán élesen délnek kanyarodik. Megkerüli egész Délkelet-Ázsiát, Malajzia és Indonézia nagy részét, visszafordul északnak, elhalad a Fülöp-szigetek és Japán mellett, majd Szibéria keleti tájait lenyisszantva visszatér a sarkvidékre.

A lemezhatároknak tehát mindegy, hogy szárazföld vagy óceán van fölöttük, hogy sarkvidék vagy trópus, a lemezhatároknak minden mindegy, őket nem befolyásolja semmi - ellenkezőleg, ők befolyásolnak nagyon sok mindent. A lemezek, mint mondtam, lassan úsznak a köpeny anyagán, s mivel a Föld egész felszínén van kéreg, van valamilyen lemez: a lemezek súrlódnak és ütköznek.

Az Atlanti-óceánon húzódó lemezhatár évente másfél-két centimétert halad kelet felé. Délebbre, a Dél-amerikai-lemez és az Afrikai-lemez között már három-négy centi is megvan a sebesség, amivel a két kontinens távolodik. Ausztrália évente hét centivel messzebb kerül az Antarktiszról, India minden évben öt centivel beljebb nyomul Ázsia földjébe. És van olyan hely, ahol a mozgás sebessége eléri az évi tizennyolc centit: ennyivel távolodik egymástól a Csendes-óceáni-lemez és a Nazca-lemez, amely a Csendes-óceán egy darabját hordozza Dél-Amerika partjai mellett.

Mondhatnád, hogy még ez a tizennyolc centi se sok, ezzel a sebességgel is évezredekig megfelelnek még az összes térképeink. Ez így is van, de a lemezek mozgása máshogy is átrajzolja a térképeket.

Két tektonikus lemez - merthogy így hívják őket - határánál több minden történhet. Ha a lemezek távolodnak egymástól, akkor a köztük keletkező résbe folyamatosan áramlik a kéreg mélyéről az olvadt anyag - vagyis a láva - és megszilárdulva kitölti a helyet. Ilyenkor új hegyláncok épülnek, de ez a szárazföldön nemigen fordul elő, csak az óceánok közepén húzódó lemezhatárokon. Ott akkora hegyláncok húzódnak, amekkorák a szárazföldnek is becsületére válnának; laposabbak ugyan, de sokkal szélesebbek és hosszabbak. Máshol, ahol a lemezek közelednek egymáshoz, az egyik lemez széle begyűrődik a másik alá, ami ettől felpúposodik. Ez történt Ázsiában, ahol a messzi távolból érkező Ausztrál-Indiai-lemez teljes sebességgel

belerohant az Eurázsiai-lemezbe, s olyan magasra gyűrte föl a szélét, hogy az eredményt már muszáj volt Himalájának elnevezni.

Így születtek a nagy hegyláncok. Az Eurázsiai-lemez és a délről érkező különböző lemezek, az Afrikai-, az Arábiai-, az Iráni- és az Ausztrál-Indiai-lemez ütközése hozta létre a Pireneusoktól Új-Guineáig húzódó eurázsiai hegységrendszert. A Csendes-óceáni-lemez, a Közép-Amerikánál elhelyezkedő kicsiny Kókusz-lemez és a délebbre húzódó Nazca-lemez ütközött az Észak- és a Dél-amerikai-lemezzel, ebből lett az amerikai hegységrendszer - amibe igazából Kelet-Szibéria hegységei is beletartoznak, hiszen az is az Észak-amerikai-lemezen van ám! Az Eurázsiai-lemez ütközése a Fülöp-lemezzel és a Csendes-óceáni-lemezzel a Fülöp-szigeteket és a Japán-szigetvilágot eredményezte, mindkettő hegyekben gazdag vidék. Az Antarktisz-lemezen felgyűrődött a Transzantarktisz-hegység a Dél-amerikai-lemezzel és a néhány kis szigetcsoportot hordozó Scotia-lemezzel való ütközés során. A Karib-tenger félkörívben sorakozó szigetei valójában egy félig vízbe merült hegylánc, amely abból lett, hogy a kicsiny Karibi-lemez csúszkál a két nagy amerikai lemez között. Ezek a lemezmozgások nem békés dolgok. A lemezhatárokon és azok közelében van a Föld tűzhányóinak túlnyomó többsége, itt történnek a legnagyobb számban a földrengések.

Te persze résen vagy és rögtön lecsapsz rám: akkor miből lettek a Kárpátok? Hiszen az előbb mondtam, hogy az Eurázsiai-lemez déli határa a Földközi-tengerben halad és Görögországot metszi el, az több országnyira van a Kárpátoktól.

Hát pedig a Kárpátok bizony ebből lettek. Ekkora távolságban, sőt még messzebbre is képesek a tektonikus erők meggörbíteni a földfelszínt. Ha megnézed Amerikában a Sziklás-hegységet, annak keleti széle sokkal messzebb van a lemezhatártól - a Csendes-óceán partjától -, mint a Kárpátok.

S miből lett az Urál meg a Skandináv-hegység? Ezek már fél földrésznyire vannak a legközelebbi határtól.

Ez az, amire nem tudok pontos választ. Gyanúm szerint ezek a hegységek akkor jöttek létre, amikor még lemezhatár húzódott valahol arrafelé is, de aztán a köpeny mozgásai másfelé húzódtak és azon a tájon elcsendesedtek a tektonikus erők.

De ha India messziről rohant bele Euráziába, Amerika pedig távolodik Afrikától és Európától, akkor valamikor régen a kontinenseknek máshol kellett lenniük, nem igaz?

De bizony igaz. Legközelebb beülünk az időgépbe és megnézzük, hol voltak a kontinensek egy vidám csütörtök reggelen, úgy kétszázmillió évvel ezelőtt.

## A FÖLD TÖRTÉNETE

Április 22-én minden évben megtartják a Föld napját. Ilyenkor ünnepeljük bolygónkat, s a tiszteletére rendezvényeket, környezetvédelmi megmozdulásokat szervezünk. De azért ez nem születésnap, a Föld igazából nem ezen a napon született - s nemcsak azért, mert akkor nem volt még naptár. Nem volt egy bizonyos nap, amikor azt lehetett volna mondani, hogy a Föld előző nap még nem volt, aznap meg már igen. Sőt még napok se voltak.

A Nap már megvolt, még egészen fiatalon, de ugyanúgy ragyogott, mint most. De a Földről nézve másmilyen lehetett, mert más volt az ég. Milyen? Menjünk, nézzük meg. Az időgép itt parkol a ház mögött.

Jó lesz teljes gázzal menni, különben sose érünk oda. Az úticél úgy öt-hatmilliárd évvel ezelőtt van, és ha kedves az életünk, nem itt a ház mögött próbálunk földet, sőt Földet érni, hanem jóval arrébb, valahol az űrben.

Hát itt volnánk. Az az ismerősen fénylő ott a Nap, ez a köd pedig a Föld. És a Vénusz, meg a Merkúr, meg a Jupiter... Hogy melyik melyik? Semelyik! Egyetlen ködben örvénylik a Nap körül az anyag, részecskék hatalmas tömege kering egyesével az űrben.

Ha egymás közelébe kerülnek, könnyen úgy is maradnak, mert vonzzák egymást. Ha néhány részecske összetapadt, ez a kis anyagdarab már könnyebben vonz magához újabb anyagdarabokat, s egyszer csak az eredmény már méltó lesz a megtisztelő *kavics* névre. A kavicsok tovább röpülnek, vonzzák egymást, tovább növekszenek...

Hogy a kavicsok igazából nem is vonzzák egymást? Hát ebben tévedsz, látod. Az igaz, hogy ha a Duna-parton fölemelsz egy kavicsot, nem ugrik föl vele együtt fél tucat másik, hogy mindenáron kövessék, de akkor is vonzzák egymást. És minden, ami létezik, ami anyagból van, vonz minden mást, ami ugyancsak anyagból van. A Zsuzsi például a szomszéd Pistikét vonzza, merthogy mindketten anyagból vannak, ugye... de térjünk vissza a kavicsokhoz. A Duna-parti kavicsok azért nem ugranak egymásnak, mert a Föld erősebben vonzza őket, mint ők ketten egymást, ezért nem tudnak fölemelkedni. A talajon csúszva sem közeledhetnek, mert akadályozza a súrlódás, amit fizikai képletek helyett legjobban úgy lehet megismerni, hogy összedörzsölöd a két tenyeredet. Végül pedig ott a légellenállás, ami nagyon gyenge erő, de a kavicsok végtelenül pirinyó vonzása már ezzel se tud megbirkózni. Ám akkor is létezik ez a gyöngéd vonzalom a kavicsokban, műszerekkel kimutatható.

Az űrben, ahol nincs se erősebb vonzás, se súrlódás, se légellenállás, csak egyetlen dolog kell ahhoz, hogy a kavicsok boldog örömmel röpjeljenek egymáshoz: olyan kicsi távolság, ahonnan ezzel a kis vonzással is észreveszik egymást. Ha elég sokan vannak az űrben, ez csak véletlen kérdése; s a belőlük létrejövő nagyobb kavicsok már erősebben, így messzebről vonzanak.

Egy idő után akkora kövek jöttek létre, amik messzi távolból is vonzották a kavicsokat, s azok rohanvást igyekeztek feléjük. Egyre gyorsabban növekedtek a kövek, sőt sziklák, s egyre erősebben vonzották a kicsiket. Kisbolygók, végül bolygók lettek belőlük.

A kavicsok persze nem csak úgy odaszaladtak és megpihentek egymás mellett, s amikor a bolygók nagyok lettek, nem csak úgy lepottyantak a felszínükre, ahogy a te kezedből leejtett kődarab. Hiszen úgy repültek pályájukon, mint az ágyúgolyó, sőt gyorsabban, és amikor a nagyok vonzásába kerültek, azok csak gyorsítottak rajtuk. Úgy csapódtak egymásba, hogy ahhoz képest a negyvennégyes magnum lövedéke gyengéd koppintás. Amikor a bolygók már

nagyocskák voltak, szünet nélkül záporoztak felszínükre a kisebb-nagyobb kövek, sokszor egy súlycsoportba való bolygócskák is találkoztak, s a kölcsönös vonzás hatására borzasztó erővel csapódtak egymásba. Márpedig az ütközés hőt fejleszt, ezt tapsolás közben érezheted fölmelegedett tenyereden. Ekkora ütközések ilyen nagy számban hatalmas hőfejlődéssel járnak, nem csoda hát, hogy a Föld belsejének - amint előző utazásunkon láttuk - még mindig nem volt ideje lehűlni.

Menjünk előre egy kicsit, közelebb napjainkhoz.

Az időgép órája négy milliárd-hatszázmillió évet mutat. A Naprendszer most már nagyjából elnyerte mai képét, megvannak a bolygók mind, épp csak valamivel több még az űrben szanaszét repülő törmelék. De emiatt nem kell aggódni, az űr nagy, az időgép pedig jól be van páncélozva.

Tájékozódjunk. A Nap egyértelműen fölismerhető ott balra a távolban. Az a messzi kis pötty alighanem a Vénusz, a többiek most túl messze vannak, nem is fontosak. Előttünk ez a nagy vörös golyóbis a Föld.

Miért vörös? Mert meleg. Olyan sok kő ütközéséből jött létre, hogy belsejében az anyag egészen megolvadt a hőségtől, s az olvadt anyag vulkánokon át tör föl a világűr hidegétől valamelyest lehűlt felszínre. Rengeteg vulkán van rajta, amik szüntelenül köpik a tüzet. A kitörés füsttel jár, a füstgomolyok állandóan beterítik a ritkás légkört, s mint egyfajta hőszigetelő réteg megakadályozzák, hogy a bolygó kisugározza melegét a világűrbe. Ettől még melegebb lesz a felszín. Az ósóceán vize, amely még semmiben se hasonlít a mai vízre, többet fortyog, mint hullámszik.

Mostantól kezdve Földünk bolygónak tekinthető, és valamikor mostanság van a születésnapja. A következő négy milliárd-hatszázmillió évből az első négy milliárd-tízmillióban, amit *prekambrium*nak hívnak, olyasmik történnek, mint az ércek létrejötte, a földkéreg alakzatainak megformálódása. De ebben az időszakban történt az a nagy dolog is, amiben a Föld különbözik bolygótársaitól: föltálalta az életet.

Eddigi életének nagyjából a felét a Föld úgy élte le, hogy semmiféle élet nem volt rajta. Kétmilliárd évig tartott a prekambrium első része, az *archaikum*, amit a két és fél milliárd éve kezdődött *proterozoikum* követett. Ez a kor a nagy felfedezések kora volt az evolúció számára. Az evolúció első nagy felfedezése önmaga volt. Az élettelen természetben nincs evolúció, a kő mindig kő, a csillag mindig csillag marad, és a tízmilliárdodik csillag is pontosan ugyanolyan, mint a legelső. De amint az első élőlény megjelent, létrejött az evolúció is.

Hogyan született az élet? Egy kicsit hasonlít ez arra a történetre, amit a kavicsoknál láttunk. Ők az űrben repültek - az élet alapelemei, a mindenféle összevissza molekulák pedig az óslevesben úszkáltak, így hívják ugyanis az akkori óceánt. A hasonlóság az ütközésekben van: a molekulák is folyton összeütköztek, akárcsak a kavicsok.

Ezeknél az ütközéseknél néha történt valami változás. Ez másféle molekulákat eredményezett, amik néha fölbomlottak, máskor megmaradtak sokáig, szóval egy akkori népszámlálás rengetegféle molekulát mutatott volna ki, amelyeknek az volt a közös tulajdonságuk, hogy egytől egyig pontosan annyi élet volt bennük, mint egy sörnyitóban.

Ám egyszer csak létrejött egy molekula, megszámlálhatatlan mennyiségű véletlen eredményeképpen, amelyik tudott valami egészen újat. A sokféle molekulából, ami körülötte úszkált, egyesek hozzátapadtak ehhez a molekulához, míg mások nem. A molekula szép lassan föl-

építette önmaga mását kisebb részekből, szintisztán kémiai folyamatok segítségével. Aztán a kettő szétvált és lett két molekula.

Nem akarta ő ezt szándékosan, csak úgy jött magától, mert a kémia törvényei alapján egyes anyagok összekapcsolódnak, míg mások nem.

Így hát lett két molekula, ami másolni tudta önmagát, és tovább készültek a másolatok. Sokféle ilyen molekula volt; hogy tízféle vagy millióféle, azt már nem tudjuk meg soha. Persze az időgéppel lemehetnénk és mintát vehetnénk az őslevesből, csak hogy egy-egy ilyen molekulának talán a fél világtörténelem a leszármazottja, és nem szeretném legyilkolni őseimet még a születésem előtt.

A molekulák szaporodásnak indultak, nem mintha ezt akarták volna, épp csak ez következett a kémia törvényeiből. Az egyik *replikátor* mondjuk egy másolatot csinált magáról naponta, a másik tízet - hát akkor a második jobban szaporodott, ez logikus. A másolatok nem mindig sikerültek tökéletesen, néha hiba csúszott a dologba, de volt úgy, hogy az eredmény továbbra is képes volt másolni önmagát, így hibásan persze. Ettől még többféle replikátor lett. Közben viszont fogyott körülöttük a nyersanyag, amiből építkezhettek, hiszen a közönséges molekulák nem másolták magukat, hát maradt belőlük annyi, amennyi volt, a replikátorokból meg egyre több lett. Egy idő után már az a replikátor szaporodott gyorsabban, amelyik föl tudta bontani a rivális replikátorokat és felhasználni az anyagukat.

A sok-sok másolási hiba néha olyan változást okozott, amitől a replikátor nagyobb eséllyel szaporodhatott. Például olyan toldalékok lettek, amikkel hajtani tudta magát az őslevesben, amikkel érzékelni tudta molekulák közelségét, amikkel védekezhettek az erősebb replikátorok felbontó erejével szemben. Ezek a toldalékok egyre bonyolultabbak lettek, egyszerűen azért, mert növelték a szaporodási esélyt, s minél kisebb esélye volt egy replikátornak a szaporodásra, annál valószínűbb, hogy nyomtalanul eltűnt még a prekambrium folyamán.

Úgy 570-590 millió évvel ezelőtt, amikor a hírlapok piros betűs főcímeikkel hirdették a prekambrium utolsó napját, a replikátorok már hihetetlen bonyolultságot értek el. Olyan szerkezeteket építettek maguk köré, amiket ma algáknak, szivacsoknak, moszatoknak, rákoknak nevezünk. S amiben úszkáltak, az már nem ősleves volt, hanem ősóceán, immár valódi vízből, aminek átalakításában ők maguk is tevékenyen részt vettek.

A kambriumban, amely kilencvenmillió évig tartott, a Föld északi felét nagyrészt víz borította, a Panthalassa nevű ősóceán. Főként az Egyenlítő vidékén voltak szárazföldek. Volt négy nagy sziget: Szibéria, Baltika, Kazahsztán és Kína; volt egy kisebb kontinens: Laurencia; és volt egy nagy kontinens a Déli-sarkvidéktől az Egyenlítő vidékéig: Gondwana. Üres volt valamennyi, életnek nyomát se lehetett látni, s a légkör sem volt még alkalmas az életre. De az óceánban lendületesen kergették zsákmányukat a háromkarjú rákok. Ettől már háromkarjú rákot? Nagyon finom csemege, de körülbelül kétszáznegyvenmillió éve kihalt.

Valamikor a kambriumot követő, hatvanmillió évig tartó *ordovícium* folyamán egyes élőlények elkezdtek kimászni a szárazföldre, és nem mindegyik pusztult bele.

A tengerpartok sekély vizei nagyon jó élőhelyet kínáltak: közel volt a felszín, ahonnan a napfény származott, és közel volt a fenék is, ahova gyökereket lehetett eresztetni - vagy enni a növényekből, amik itt megtelepedtek. Ma is ezeken a vidékeken a legnépesebbek a tengerek.

Csak hogy volt a helynek egy nagy hibája is: az árapály. A sekélyebb részokról szabályos időközönként visszahúzódott a víz, s az ottani lakosok hosszú időre olyan közegbe kerültek, amit

ellenségüknek se kívántak volna, ha a kívánság már föl lett volna találva (az ellenség már föl volt): égetően száraz volt, nem lehetett benne kopolyával lélegezni, és a kellemes lebegést a nehézkedés teljes ereje váltotta föl. Normális őszállat semmi pénzért nem merészkedne ki oda.

De mivel muszáj volt, hát elviselték, és minél jobban viselték, annál nagyobb volt az esélyük a fennmaradásra. A *szilur* folyamán zöld növénysegély jelent meg a kontinensek peremein, s egy idő múlva, amikor már a növények keményen megvetették a gyökerüket a szárazon, megjelentek a növényevő állatok is, hogy egyenek belőlük, no meg más állatok, hogy ezekből az állatokból egyenek. A *devon* is még a szárazföldek birtokba vételéről szólt - ugyanakkor föltalálta a halakat -, a *karbon* alatt pedig már kiterjedt erdők pompáztak a szárazon, ízeltlábúak és kétéltűek népes csapatának adva otthont. Ezek az erdők még páfrányokból és zsurlókból, a legősibb fajta növényekből álltak.

Ekkoriban, mintegy háromszázmillió évvel ezelőtt a világtérkép már egész másképpen festett, mint a kambriumban. Gondwana északabbra tolódott és összeforrt Laurenciával meg Baltikával. A kisebb földrészeket egy Thetys nevű tenger, a Panthalassa nagy öble választotta el ettől a hatalmas földtől, amit Pangeának hívnak.

A *perm* röpke ötvenmillió éve gyorsan tovarepült, bevezetve a cápákat és az első hüllőket, s amikor véget ért, vele együtt befejeződött a földtörténet ókora is, amely még a kambriummal vette kezdetét. Ezen a napon ették meg az utolsó háromkaréjú rákot.

A földtörténeti középkor nem tartott sokáig. Csak három időszakból áll, a *triászból*, a *jurából* és a *krétából*, amelyek összesen százhetvenmillió évet fognak át; de mennyi minden történt ezalatt!

A kisebb kontinensek a triászban Pangea mellé sodródtak és létrehozták Lauráziát, amely az északi félgömb nagy részét elfoglalta, s az Egyenlítőnél még összefüggött Gondwanával - ezzel az összes szárazföld egy tömbbe forrt, de nem sokáig. A kréta idején Pangea már négy darabra tört, északon Laurázsia feküdt, mellette egész közel Gondwana egyik része, a Déli-sarkon a másik része, s a kettő között egy különálló, nagy sziget, India.

A Panthalassa vizében és a szárazföldön is hemzsegett az élet. A triász elején megjelentek a hüllők, akiknek rövidesen rengeteg változatuk lett. A jura folyamán, de különösen a krétában hatalmas hüllőfélék uralták a földeket, akiket dinoszaurusz néven ismerünk, bár ez csak egy fajtájuk volt, s még csak nem is a legizletesebb. Az akkori ínyencek legjobban a brontoszauroszt szerették nyáron sütve. Majd elfeledem, az akkori ínyencek is hüllők voltak.

Köteteket lehet összeírni a középkornak akár mindhárom részéről külön-külön, de erre most nincs időnk. Meg kell néznünk e kor végét.

Az időgépet egy hatvanötmillió évvel ezelőtti napra állítom be, amikor egy óriási szikladarab, valóságos kisbolygó került a Föld vonzásába. Túl nagy volt ahhoz, hogy a légkörön való áthaladás közben felhevülve elpárologjon, így hát tűzcíkot húzott az égen és belecsapódott a földbe. Talán Laurencia déli részén történhetett, amit ma Yucatán-félszigetnek hívnak.

A robbanás olyan gombafelhőt hozott létre, mint egy hidrogénbomba, csak sokkal nagyobb. A több országnyi távolságra szétrobogó lökéshullám letarolta a páfrány- és zsurlóerdőket, s ami megmaradt, azzal végzett a tűzfelhő, majd az égből visszahulló forró törmelék keltette újabb tüzek. A távolabbi vidékek lakói sem sokáig érezhették biztonságban magukat. A becsapódástól szétrepülő rengeteg anyag nem mind hullott vissza, a könnyebb részecskék a levegőben maradtak, és a szelek szárnyán hamarosan az egész világot betérítették. A Föld füstruhába burkolózott. A füst eltakarta a napfényt, s hideg idő köszöntött a világra. (Mert

most már nem volt olyan sok vulkán, mint a Föld születésekor, a meleg már kívülről jött, nem a felszínről.)

Nem először hűlt így le világunk. Mindig úgy volt, hogy a rövidebb-hosszabb meleg időszakokat jégkorszakok választották el egymástól, amikor a Föld lehűlt és a sarki jég délebbre húzódott. De ezek a változások évezredek alatt következtek be, apránként, az élővilágnak volt ideje alkalmazkodni. Most néhány napon belül több tucat fokot zuhant a hőmérséklet, s ezt nagyon sokan nem bírták elviselni. Kezdetét vette a földi élővilág egyik nagy tömegpusztulása.

Hogy hányadik, azt nem tudom pontosan, úgy a nyolcadik-tizedik eset lehetett a történelem során, amikor a létező fajok túlnyomó része kipusztult. Volt olyan, hogy szinte minden faj áldozatul esett a környezeti változásoknak, s az életet az a kevés vitte tovább, amelyik nem. Így történt most is, a középkor végén.

A nagy őshüllők mind egy szálig kihaltak, csak egyes rokonaik maradtak életben: a teknősök, a krokodilok, a kisebb gyíkok.

A hatalmas saurusztetemek között pedig olyan állatok szaladgáltak vígan, amelyek addig labdába se rúghattak, nem jutott nekik több, mint a bujkálás az aljnövényzetben, föld alatti üregekben, amiket egy dinó egyetlen lépése szétmorzsolhatott. Kicsi állatok voltak, akkorák és olyan formájúak is, mint egy mai cickány. Testüket szőr borította, s volt egy különleges találmányuk, ami addig egyetlen állatnak se jutott eszébe. Kicsinyeik nem magányosan keltek ki a tojásból, hanem vigyáztak rájuk, gondozták őket, s a hasukon levő csapokból enni adtak nekik, amíg elég nagyok nem lettek, hogy gondoskodjanak magukról. Ezekről a csapokról kapták nevüket: emlősök.

Mostantól övük volt a világ.

Az *eocén* huszonnyolcmillió esztendejében Laurázsia lassan kezdett szétválni, bár északon még összefüggött; ez a rész valamivel később vált három darabra, a nyugat felé haladó darab lett Észak-Amerika, a keleti Eurázsia, a középső pedig Grönland. Az egyenlítői kontinens két részre szakadt, a nyugati része Dél-Amerika, a keleti Afrika és az Arab-félsziget lett. Az India nevű nagy sziget észak felé haladt, már nem volt messze Ázsiától. A déli-sarki kontinens egyik félszigete megkezdte az elszakadást a többi résztől, amiből később az Antarktiszt lett, a félszigetből pedig Ausztrália.

Mindezen földeket rövidesen benépesítették az emlősök, amelyek még az *eocén*ben szétváltak három családra, tojásrakókra, erszéyesekre és méhlepényesekre. A növények mostanáig nyitvatermők voltak, ezt még a triászban találták fel, most azonban megjelentek a zárvatermők is.

Az *oligocén* során a legjelentősebb esemény az emlősök egy kisebb családjának kiválása volt, amely később a főemlősök nevet nyerte el, valamint egy másik gerinces törzs végleges kialakulása, amely régmódibb szokásokat követett az emlősöknél: tojást tojt, nem szoptatott, és repülni tudott, amit már a jurakori hüllők egy része is nagy sikerrel művelt. A madarak bizonyultak az emlősök legkomolyabb versenytársának az evolúciós harcban.

A *miocén* alatt néhány emlős gondolt egy merészet és visszament a tengerbe, mit sem tudva arról, hogy ősei jó kétszázmillió évvel korábban mekkora munkával másztak onnan elő. Egy részük kétlaki életmódot folytatott, ők a fókák, akik a szárazon is jól elvannak; mások véglegesen búcsút mondtak a szárazföldnek, lábaikat uszonyná formálták, fölvtették a bálna és a delfin neveket, és a tengerek legfejlettebb lényei lettek. De mindmáig megtartottak egy jelképet, amiről azonnal felismerhetők, mint valami nemzeti zászlóról: a farkuszonyuk vízszintesen van, a halaknak pedig függőlegesen.

A *pliocén* kevesebb mint hárommillió évével véget ért a földtörténeti harmadidőszak. Beléptünk a legújabb korba, a negyedidőszakba, amely mindössze két és félmillió évig tartott, illetve annyi ideje tart. Ebből kétmillió-négyszázkilencvenezer év a *pleisztocén*, amelynek során számos modern emlősfaj kifejlődött, a főemlősök pedig sokféle változatot kipróbáltak, amiknek ma röviden ősember a neve; ezek egyikének, a *Homo sapiens sapiens*nek születésével vette kezdetét a földtörténet utolsó korszaka, a *holocén*, mintegy tízezer évvel ezelőtt.

Kicsiny bolygónk négymilliárd-hatszázmillió éve kezdte róni köreit a Naprendszerben. Ez még a világegyetem életében is számottevő időtartam. A Galaxis eddigi életének ez az egyharmada; Napunk és a hozzá hasonló csillagok életének a fele. Pontosabban annak a fele, amit ilyen csillagalakban töltenek. Amikor a Föld még egyszer ennyi idős lesz, a Nap felforrósodik, vörös óriás lesz belőle; rövidesen akkora lesz, hogy a Föld eltűnne benne, ha jóval korábban nem párologtatná el mindenestül a hőség. De ez nem követel áldozatokat, hiszen még ezt megelőzően olyan forró lesz a Föld, hogy minden élet elpusztul.

Addigra persze mi már rég nem leszünk itt. Az az idő, amit mi történelemnek hívunk, csupán félmilliomod része a Föld eddigi életének, s ugyanennyi van még hátra neki. Eddigi teljes történelmünk félmilliószorosa.

Nem tudok olyan sci-fit írni, ami csak közelítőlegesen megsejtené, hová fejlődhet az emberiség ilyen tömérdek idő alatt.

## A KÉK BÚGÓCSIGA

Nem hiszem, hogy meglepetést okozok, ha most azt mondom: a Föld forog. Ezt ma már mindenki tudja, pedig hát nem volt egyszerű rájönni erre. Régen az ellenkezőjéről voltak meggyőződve az emberek, azt hitték, hogy a Föld lapos és egy helyben áll, s fölötté keringenek a csillagok, a Nap és a Hold.

Ha körül nézel azon a helyen, ahol éppen vagy, legyen az város vagy mező, hegytető vagy tengerpart, mindent mozdulatlanak fogsz találni, semmi sem utal arra, hogy a Föld forogna. Mindenki tudja, hogy ez azért van, mert mi is forgunk vele együtt, s a mozgást csak abból vesszük észre, hogy az égbolton mozogni látszanak az égitestek. Mint a pályaudvaron, amikor ülünk az indulni készülő vonaton, s egyszer csak a mellettünk levő másik vonat elindul balra. Integetünk és jó utat kívánunk neki, aztán a vonat kisiklik a képből és rájövünk, hogy valójában mi indultunk el jobbra, nem ők balra. A táj láttán már van mihez viszonyítani, mert a tájat ismerjük, láttuk már úgy is, hogy nem ültünk vonaton, s akkor mozdulatlan volt. Az égi tájat az űrhajózás koráig csak a Földről láttuk, így nem tudjuk eldönteni, az egy másik vonat-e vagy mozdulatlan táj.

Milyen mozgásokat tesz a Föld a világűrben?

Először is - ami a leglátványosabb - forog saját tengelye körül, akár csak a bűgőcsiga, egy nap alatt téve meg egy fordulatot. Ez elég lassú ahhoz képest, hogy egy kézzel megpörgetett bűgőcsiga is jó pár fordulatot megtesz másodpercenként, de ha azt nézed, hogy az Egyenlítő negyvenezer kilométer hosszú, akkor minden pontja naponta megtesz negyvenezer kilométert, tehát óránként 1674 kilométert - ez azért már nem kevés. Egy és egyharmad hangsebesség.

Ugyanekkor kering a Nap körül, egy év alatt téve meg egy teljes kört, azaz hogy ellipszist. Sebessége 105-109 ezer kilométer óránként, ami nagyon sok: ha a Föld felszínéről indulna el valamilyen tárgy ilyen sebességgel, szempillantás alatt kirepülne az űrbe, mert a Föld vonzóerejének leküzdéséhez csak 40 320 km/h sebesség szükséges. Ha kedved van, ebből a sebességből azt is kiszámíthatod, mennyi a földpálya teljes hosszúsága: átlag 107 ezer kilométer óránként, szorozva 24 óra szorozva 365 nap, az annyi mint 939 millió kilométer. Ha ezt beszorzod az életkoroddal, kiderül, mekkora távolságot tettél meg a Föld hátán az űrben. Én például több mint huszonnyolcmilliárd kilométert.

Harmadrészt követi a Napot, merthogy persze a Nap is mozog, a világűrben minden mozog. Kering a Galaxis középpontja körül, de arról nem tudok beszámolni, hogy ezt milyen gyorsan teszi. Az biztos, hogy mire egyszer megkerüli a Galaxist, évmilliárdok telnek el. Ennek a mozgásnak is látjuk egy gyakorlati következményét: mivel a csillagok más-más sebességgel keringenek, a csillagképek szép lassan eltorzulnak, majd szétesnek. Évezredek alatt persze.

Negyedrészt itt van a Hold, ugye, ami kicsi ugyan - nyolcvanegy Holdra lenne szükség, hogy az anyagukból kiteljen a Föld -, de vonzóereje neki is van. Éppen ezért a csillagászok, akik roppant pontos emberek, nem is azt szokták mondani, hogy a Hold a Föld körül kering, hanem azt, hogy a Föld és a Hold együtt kering a közös tömegközéppont körül. Ez az a pont, aminél fogva a Földből és a Holdból álló párost föl lehetne akasztani egy irdatlan mérlegre és akkor egyensúlyban lennének. Tekintve a hatalmas különbséget kettejük súlycsoportjában, ez a pont nem valahol a világűrben van, hanem lent a Föld mélyében, épp csak nem a középpontjában, hanem annál magasabban. A Föld tehát e körül a pont körül is kering, ami azt jelenti, hogy olyanféle körmozgásokat végez, mintha egy nagy levesestálat úgy mozgatnál az asztalon, hogy a középpontja félcentis köröcskét írjon le: a tányér tehát nagyrészt egyhelyben marad, de

azért mégis kicsit mozog. Ennek a mozgásnak, ha jól tudom, nem látjuk semmilyen következményét.

Végül pedig itt vannak bolygótestvéreink, amikkel együtt haladunk Nap körüli pályánkon. Ők is befolyásolják útvonalunkat: amikor a Vénusz vagy a Mars közvetlenül előttünk van, vonzóereje gyorsítja haladásunkat, a Föld vonzóereje viszont lassítja az övéket; amikor mögöttünk vannak, akkor fordítva. Ezek a vonzóerők nagyon-nagyon kicsike változásokat okoznak a bolygók pályájában, de ezeknek is köszönhetünk egy gyakorlati eredményt: a Neptunuszt. A régiek csak a Szaturnuszig ismerték a bolygókat, messzebbre nem láttak. A tizenharmadik században távcsövek segítségével fölfedezték az Uránuszt, szépen ki is számították a pályáját, és nem stimmelt. Nem úgy mozgott. Hogy mennyivel tért el, méterekkel vagy csak centikkel, azt nem tudom, de a csillagászok hallatlanul pontos emberek, számukra egy hibásan mozgó bolygó fölért egy sértéssel. Hát nekifogtak és addig számoltak, amíg rá nem jöttek, hogy az Uránusz pályájában talált apró eltéréseket egy eddig ismeretlen bolygó vonzóereje okozza, amelyről kijelentették, hogy itt és itt van, így és így kering, ennyi és ennyi a tömege. Már csak távcsövet kellett fogni és megkeresni. Megkeresték, meg is lett pontosan ott, ahol várták. Ő lett a Neptunusz.

Visszatérve kék bűgöcsigánkra, nézzük meg, milyen hatásait érzékeljük űrbeli mozgásainak.

A Nappal kapcsolatos hatások nagyon egyértelműek és eltéveszthetetlenek, mondhatnám fekete-fehérek. Hiszen ezeknek köszönhetjük az éjszakákat és a nappalokat. Mindenki tudja, hogy nappal akkor van, amikor a Nap a fejünk fölött tartózkodik, vagyis amikor a Földnek az az oldala fordul a Nap felé, amelyiken vagyunk. S bármely adott pillanatban a Föld egyik felén éjszaka van, a másikon nappal. Azt is sokan tudják, hogy a nappal és az éjszaka nem egyenlő hosszú, hanem változik a szélességgel és az évszakkal. Nyáron későn sötétedik, télen viszont már kora délután villanyt kell gyújtani.

Miért is?

A Föld dőlésszöge miatt. Ha van földgömböd, észreveheted, hogy nem függőlegesen áll a tengelyén, hanem kicsit megdőlvé; minden földgömböt így gyártanak, mármint amelyiknek van állványa egyáltalán. Mert a valóságos Föld is megdőlvé forog a tengelyén. Mihez képest, kérdezheted, hiszen a világűrben nincs alatta íróasztal - hát a Naphoz képest. Egész pontosan annak az ellipszisnek a síkjához képest, amit éves mozgása során leír az űrben, s amiről már megállapítottuk, hogy kerülete 939 millió kilométer. Neve is van: *ekliptika*.

Ha leteszed a földgömböt az asztalodra, és mellé állítasz egy lámpát úgy, hogy a körte egy magasságban legyen a földgömb középpontjával, akkor azt fogod látni, hogy az egyik félgömbből nagyobb területet világít be, a másikkól pedig kevesebbet. Ha például úgy rendezed el, hogy a földgömböt tartó műanyag félkör a lámpával átellenes oldalon legyen, akkor a gömb a lámpától elfelé dől, így a felső része, az északi félgömb kevesebb fényt kap, a déli pedig többet. Ilyenkor az északi félgömbön tél van, a délin pedig nyár.

Mondhatnád, hogy hát ez csacsiság, hisz ha úgy fordítod a gömböt, hogy Európa essen a lámpa felé, akkor Skandinávia és Dél-Afrika egyaránt meg van világítva, miért lenne akkor az előbbiben tél?

Azért, mert amire te gondolsz, az a nappal. Európában és Dél-Afrikában a dolgok rendje szerint ugyanakkor van nappal vagy éjszaka, viszont a mondott fölállásban Dél-Afrika egyenesen szembefordul a Nappal, Európának pedig, mondhatni, csak a feje búbját súrolja a fény. Ez az asztali földgömbnél nem jelent különbséget, mert annak nincsen légköre, a valódinak viszont van, méghozzá igencsak vastag. Amikor így áll a Föld a Naphoz képest - karácsony

tájt, délben -, akkor a dél-afrikai lakos éppen a feje fölött látja a Napot, a sugarak tehát merőlegesen érkeznek rá. Ugyanebben a pillanatban a litván azt látja, hogy a Nap egészen alacsonyan áll a láthatáron, mintha nem is dél lenne, hanem reggel; csak abból tudhatja, hogy valójában dél van, hogy egész álló nap az a legnagyobb magasság, amin a Napot megfigyelheti. Így a Nap nem annyira felülről, hanem inkább oldalról süt rá, a sugarak tehát sokkal vastagabb levegőrétegen át jutnak le hozzá - ami sokat megszűr közülük, ezért sötétebb és hidegebb van. Még északabbra, a Spitzbergákon már olyan alacsonyan áll a Nap, hogy nem is jön a láthatár fölé, fényes délben koromsötét van. Egész télen, hat hónapon át nem látni a Napot egy másodpercre sem.

Bezzeg a déli félgömb fürdik a fényben. A dél-afrikaiak feje fölött tűző Nap egész vékony légrétegen fúrja át sugarait, ezért azok meleget okoznak. A Déli-sarkon is sok a fény, de ott azt látni, hogy a Nap az északi égbolton áll nem túl magasan, s mivel ott megint alacsonyabbról, vastagabb légrétegen át kapják a fényt, ott is hideg van - de az egész év során ekkor jön a legtöbb fény. Egész nyáron nem is nyugszik le a Nap egy másodpercre sem. Mindig csak megközelíti a látóhatárt, de mielőtt lenyugodna, már indul is megint fölfelé.

Van tehát egy nyári és egy téli félgömb, ami szörnyen egyenlőtlen lenne, ha mindig így volna. De nem így van, mert a Föld cseles módon nem a Naphoz igazítja a tengely dőlési irányát, hanem akármerre jár pályáján, a tengelye mindig ugyanarra mutat: a tengely északi vége, vagyis az Északi-sark nagyjából pontosan a Sarkcsillagot célozza. Ezért hívják Sarkcsillagnak. Ezt kipróbálhatod: sétálsd körbe a földgömböt az asztal közepére tett lámpa körül úgy, hogy a földgömb tartóállványa mindig a szoba meghatározott pontja felé mutasson, vagyis az állványt nem fordíthatod el. Amikor félkörnyivel odébb kerütlél, azt látod, hogy a lámpa (amit remélhetőleg nem felejtettél el utánafordítani, hogy az ernyő ne árnyékoljon) éppen az északi félgömböt süti szembe, s a déli csak kevés fényt kap, éppen súrolva a feje tetejét.

Most pontosan ellenkező a helyzet. Észak telibe kapja a fényt, fürdik a nyárban, a Spitzbergákon hat hónapig nem megy le a Nap. Délen tél van, a Déli-sark hathónapos sötétségben alszik.

Tekintsük az ekliptikát egy óraszámplapnak, aminek a közepében van a Nap, és a Föld a szélén jár körbe. Mondjuk, hogy ez az óra függőlegesen áll egy asztalon és a Sarkcsillag a mennyezet. Amikor a Föld a hatoson van, a tengely északi vége a tizenkettes, vagyis az éppen útbaeső Nap felé mutat - ekkor az északi félgömb kapja a fényt, a nyár közepe van: ez június 21-e, a nyári napforduló. Ezen a napon tart legtovább a nappal az északi félgömbön.

Innentől kezdve, ahogy a hetes-nyolcas-kilences felé továbbhalad, egyre kevesebb megvilágítást kap az északi félgömb, hiszen a tengely továbbra is a mennyezet felé mutat, azaz már nem a Nap felé, hanem oldalt tőle. Ahogy közeledik a tizenketteshez, egyre kevesebb fényt kap az északi félgömb, vagyis egyre hosszabbak ott az éjszakák és rövidebbek a nappalok, egészen addig, amíg a tizenkettesre nem ér: ekkor a tengely északi vége éppen hátat fordít a Napnak, december 21-e van, a téli napforduló. Ez a legrövidebb nappal az északi félgömbön. Innen továbbhaladva már megint hosszabbodnak a nappalok, egészen addig, amíg vissza nem ér a hatosra.

A kettő között félúton van egy-egy időpont, a hármas és a kilences: ezek azok a pontok, ahol a tengely iránya (a mennyezet) éppen derékszöget zár be a Nap irányával (a számlap közepével). A hármasnál van március 21-e, a tavaszi, a kilencesnél pedig szeptember 21-e, az őszi napéjegyenlőség. Ezen a két napon azonos hosszúságú a nappal és az éjszaka, tizenkét-tizenkét óra mindkettő. Az északi és a déli félgömbön egyformán, mert mindkét félgömb ugyanannyi fényt kap.

Mindez, amit elmondtam, nem vonatkozik a Föld egész területére. Van az Egyenlítő körül egy széles sáv, a trópusok, ahol a Nap egész évben nagyjából ugyanolyan magasan jár. Hiszen

ha megfigyelted, amikor a földgömböt körbesétáltattad az asztalon, az egyenlítői részek végig fényben voltak. Ezért ezen a vidéken mindig meleg van, az évszakok sem a Nap állásától, hanem az esőktől függenek, és az év minden napján nagyjából ugyanolyan hosszú a nappal és az éjszaka; magán az Egyenlítő vonalán, a nulladik szélességi fokon pedig pontosan ugyanolyan hosszú. Reggel hatkor fölkel a Nap, este hatkor pedig lenyugszik olyan gyorsan, mintha leoltották volna a villanyt.

Bármely adott nap tehát a Föld különböző szélességein különböző hosszúságú nappalból és éjszakából áll. Az Egyenlítőn egyformán tizenkét-tizenkét óra, innen mondjuk júniusban észak felé fokozatosan növekszik a nappal hossza és rövidül az éjszaka, a Ráktérítőig egészen keveset, onnantól kezdve már sokat, aztán az Északi-sarkkörtől az éjszaka egészen eltűnik és a hathónapos nappal közepe táján járunk. Az Egyenlítőről dél felé viszont az éjszaka hosszabbodik, a Baktérítőig egészen keveset, onnantól kezdve már sokat, aztán a Déli-sarkkörtől a nappal egészen eltűnik és a hathónapos nappal közepe táján járunk.

A Ráktérítő és a Baktérítő egy-egy vonal az Egyenlítővel párhuzamosan, tőle huszonhárom és fél foknyira északra, illetve délre. Az Északi- és a Déli-sarkkör is egy-egy vonal az Egyenlítővel párhuzamosan, a két sarkponttól huszonhárom és fél foknyira. Ezek választják el a mérsékelt öveket a trópusi és a sarki övektől.

S ha most fogsz egy szögmérőt és megméred azt a szöveget, amit az asztalon álló földgömb tengelye bezár az asztallapra, vagyis az ekliptikára állított függőlegessel, mit gondolsz, mennyi lesz?

Úgy van: huszonhárom és fél fok.

Most pedig hagyjuk kicsit magára a Napot és nézzünk a Holdra. Néhány figyelemreméltó dolgot köszönhetünk neki is, bár nem annyira látványosakat, mint a nappalok-éjszakák és az évszakok.

A Holdnak nincsen saját fénye, csupán a Nap világítja meg, ha, illetve ahol megvilágítja. Ebből érdekes dolgok következnek. A Hold huszonhét nap alatt kerüli meg a Földet és ugyanennyi idő alatt fordul meg saját tengelye körül, ezért mindig ugyanazt az oldalát fordítja a Föld felé, de logikusan mindig más oldalát mutatja a Napnak. A napfény tehát körbevándorol a Hold felszínén, s abból, hogy mi éppen mennyit látunk a megvilágított területből, keletkeznek a holdfázisok.

Régen, amikor az emberek elkezdtek mérni az időt, először napokban számoltak, de hosszabb időszakokat az akkori számtani ismeretekkel nem nagyon lehetett így átfogni, meg hát kényelmetlen is volt olyanokat mondani, hogy kétszáztizenhét nap múlva találkozunk. Kellett valami fogódzó, egy hosszabb időszak. Az évszakok váltakozása nem volt elég pontos, a különböző évszakoknak megfelelő időjárás elég nagy eltérésekkel köszönthet be; az évek hosszát pedig ezen a módon nagyon nehéz lett volna jól megmérni.

De ott volt a Hold, aminek fényváltozásai elég nagy időközönként történnek ahhoz, hogy hosszabb időket is jól lehessen mérni velük, de elég kis időközönként ahhoz, hogy hosszúságuk áttekinthető legyen. Két fényváltozás között huszonkilenc nap, tizenkét óra, negyvennégy perc és 2,78 másodperc telik el, amit a régiek először harminc napban határoztak meg. Elkezdtek a fényváltozásokat, pontosabban az újholdakat használni időmérőül. Ilyeneket mondtak: „két újholddal ezelőtt”, „következő újhold után nyolc nappal” és hasonlókat.

Újhold akkor van, amikor a Hold felénk eső oldala teljes egészében éjszakai sötétségbe borul. Ilyenkor a Hold láthatatlan oldalán van nappal, a Hold tehát a Föld és a Nap között jár. Az újhold sötét korongját akkor látjuk az égen, amikor a Nap eléggé délen (vagy ha a déli

félgömbön vagyunk, akkor északon) van ahhoz, hogy a nézőpontunkból már a láthatár alatt legyen, így tehát éjszaka van és a Hold látható. Ha tudja az ember, hol keresse, akkor magát a Holdat is lehet látni, egyrészt azért, mert eltakar csillagokat, amikről a tapasztalt megfigyelő tudja, hogy ott kellene lenniük, másrészt pedig mert az újhold sem teljesen sötét. Gyakran megesik, hogy valami halványvöröses derengés van a Hold sötét oldalán; éppen ez okozta, hogy egyes csillagászokban már igen régen fölmerült, hogy a Hold talán nem valamiféle különös élőlény, amely meghal és újjászületik, hanem egy gömb, aminek mindig csak a megvilágított részét látjuk, de azért a többi is létezik. Ez a vöröses derengés nem más, mint a Föld fénye, ami visszaverődik rá.

Huszonkilenc és fél nappal újhold után a Hold felénk eső oldala nappali világosságban fürdik: ilyenkor a Föld áll a Nap és a Hold között, de mivel nincsenek teljesen egyvonalban, a Nap mintegy a Föld válla fölött rásüt a Holdra és fénybe borítja. Ez a telihold. Az a megfigyelő, aki a Hold látható korongjának közepén áll, azt látja, hogy a Nap az égbolt tetejéről süt le rá, azaz dél van; s mivel ott nincs levegő, ami szétszórná a fényt, a Nap közelében látható a Föld sötét korongja - mivel a Nap mögötte van, nem kap fényt, tehát újföld van. Teliföldet a holdlakók akkor látnak, amikor mi újholdat.

Pattanjunk ismét úrhajónkba és térjünk vissza a Földre; legyen tengerparti helyszín, mondjuk egy kellemes csendes-óceáni sziget, pálmafák, korallok, tarkabarka halak. Menj le a partra, szúrj le egy karót a homokba ott, ahova a tenger éppen elér, aztán várj hat órát. Ennyi időt jól el lehet tölteni egy ilyen szigeten, ha az embernél van véső és kalapács. Az ugyanis kell a kókuszdióhoz.

Két eset lehetséges. Vagy nyomát se látod hat óra múlva a karónak, mert víz borítja az egész partot azon a részen, vagy pedig bent lesz a karó a szárazföldön, messze a tengerparttól. Mivel a karónak nincs lába, s a part sem mozog - illetve dehogynem, erről már volt szó a földkéreg lemezei kapcsán, de azért ilyen gyorsan mégse mozog! -, csak az történhetett, hogy a víz ment odébb.

A víz persze eléggé lötykölődik egy ilyen nagy óceánban, ezt jól megfigyelheted a sziget másik részén, ahol sziklás a part és a tenger dühöngve csapkodja a sziklákat - de itt nem a hullámzásról van szó. Ha pár napot eltöltesz a szigeten, megfigyelheted, hogy a tenger szabályos ütemben változtatja a szintjét. Egyszer egész magasra fölemelkedik, aztán visszahúzódik, megint föl, megint vissza, és ezek a váltakozások hatóránként követik egymást. Amikor alacsonyan van a tenger, meg lehet figyelni a parton, hogy ott vannak a víz gyakori ottjártának nyomai: tengervízzel feltöltött pocsoltyák, partra vetett élőlények, az évezredek óta tartó vízmozgás által lecsiszolt parti sziklák.

Ez az árapály, ami a Föld minden tengerén megtalálható, bár különböző mértékben. Vannak helyek, ahol egész kicsi a mozgás, s van, ahol sokkal nagyobb. A rekord nyolc méter, időnként ekkora különbség is lehet a tengerszintben. Amikor a víz alacsonyan áll, apály van - amikor magasan, akkor dagály.

Az nyilvánvaló, hogy ha mondjuk Közép-Amerika partjainál a tenger lejjebb megy két méterrel, akkor ennek a vízmennyiségnek valahova el kellett folynia. Nem valószínű, hogy a tengerfenék süllyedt volna két métert, mert ez előfordul ugyan - lásd földkéreg -, de nem hatóránként ismétlődve, hanem úgy nagy ritkán, itt-ott. Hova lett tehát a víz?

Nos, a víz a tengerben van, csak nem Közép-Amerikánál, hanem Nyugat-Afrikánál. Most ott van dagály. Bangladesnél szintén apály van, a Csendes-óceán közepén pedig dagály. Bármely adott pillanatban a Föld két egymással átellenes pontján dagály van, s azon a két ponton, amelyek a dagály két helye között félúton vannak, apály látható. Ha tehát a nulladik délkörön

dagály van, akkor a száznolcvanadikon is, a keleti és a nyugati kilencvenedik délkörön pedig apály.

Ezt pedig a Föld forgása, pontosabban a Hold jelenléte okozza, kombinálva azzal a ténnyel, hogy a víz folyékony.

A Holdnak, mint minden testnek, van vonzása. Kicsisége miatt ez nagyon gyenge, egyhatoda csupán a Földének, vagyis a teljes felszerelésben százhusz kilót nyomó űrhajós a Hold felszínén csak húsz kiló. Itt a Földön, három-négyszázezer kilométerre a Hold felszínétől a vonzás már gyakorlatilag észrevehetetlen, de egyvalamiben mégis látszik: a tengerek szintjében. Ahogy a Föld forog a Holddal szemben, a Hold felé forduló részen a tenger kidomborodik a vonzóerő hatására, oly módon, hogy a környező területekről odaáramlik a víz. Ez a zenitdagály. A Holddal átellenes részen szintén kidomborodik a centrifugális erő miatt, ez a nadírdagály. A kettő között pedig apály keletkezik, hiszen onnan érkezik a víz a dagályhoz.

De dagályt kelt ám a Nap is, igaz, hogy sokkal kisebbet, hisz messzebb van. Újholdkor jóval magasabb a dagály, mint bármikor máskor, mert a Nap és a Hold egyvonalban van és vonzóerejük összeadódik.

Kék bűgőcsigánk forgásának olyan következményei is vannak, amiknek semmilyen más égitesthez nincsen közük. Míg a földfelszín folyamatosan vágat kelet felé, a fölötte levő légrétegek ezt kisebb lelkesedéssel veszik át a tehetetlenség miatt, s ez okozza, hogy a földfelszín és a levegő egymáshoz képest mozog, azaz szél keletkezik. Illetve ez is okozza, mert vannak más, fontosabb okai is.

A forgás okozza azt is, hogy a Föld kissé ellapult, nem tökéletes gömb. Vannak bolygók, amelyek nagyon ellapultak, leginkább a Szaturnusz, amely az egyenlítője mentén tizenegy százalékkal szélesebb, mint a sarkok irányában. A Föld csak három tized százalékkal. Egyenlítői átmérője 12 756 kilométer, sarki átmérője 12 714, vagyis negyvenkét kilométerrel kevesebb. Ezt a centrifugális erő okozza: a megpörgetett tárgy mindig kifelé igyekszik, így az Egyenlítő menti földtömegek is kicsit jobban elrugaszkodnak a középponttól, mint a sarkiak. Hogy mennyire, az függ a forgás sebességétől és az anyag szilárdságától - a Szaturnusz csupa könnyű gázból áll, nem csoda, hogy sokkal jobban kidomborodik, mint a keményebb fából faragott kék bűgőcsiga.

## ÓCEÁN A FEJÜNK FÖLÖTT

A Föld óceánjainak összterülete 335 millió négyzetkilométer. Átlagos mélységük négyezer méter; a legnagyobb mélység valamivel több tizenegyezer méternél. Az óceánokban 1322 millió köbkilométer víz található.

Azért bocsátottam ide ezeket a számadatokat, hogy ezekből kitűnjön, milyen aprócska is ez a világóceán a másik óceánhoz képest. Ennek összterülete az alsó felületén 510 millió négyzetkilométer, vagyis másfélszerese a vizes óceánoknak. Magassága körülbelül százezer kilométer (nem méter!), vagyis huszonötszöröse. Térfogata pedig mintegy 360 milliárd köbkilométer, ez már kétszázhetvenszerese a vizes óceánokénak!

Épp csak ez az óceán nem vízből van, hanem levegőből. De szokták levegőóceánnak hívni, s mint látható, sokszorosan meg is érdemli ezt a nevet.

A Földet körülvevő gázburok iszonyú nagy tehát, s méreténél csak fontossága nagyobb. A lábunk alatti világ, amit korábban egész a Föld középpontjáig bejártunk, játszott egynémely szerepet történelmünkben, kialakította a kontinensek mai formáját, ezt-azt elintézett nekünk - a légkör azonban dobogós helyet érdemel a földi élet működtetőinek sorában.

Mindenki tudja, hogy ha nem lenne levegő, megfulladnánk. Azazhogy meg se fulladnánk, mert testünkben ugyanakkora a nyomás, mint a légkörben, s ha odakint ez hirtelen megszűnne, fölrobbannánk. Ha eltűnne a Föld légköre, ezt a néhány apró kellemetlenséget tetézné még a világűr hidege és a Nap sugarainak gyilkos zápora. Az egyiktől megfagynánk, a másiktól sugárbetegséget kapnánk. Szóval nagyon jó dolog a légkör.

Úrhajóra lesz szükség, ha be akarjuk járni, a léggömb itt már nem elég. Induljunk máris, Feriegyről most szóltak, hogy kell nekik a kifutópálya.

A Föld legmagasabb hegye, a Csomolungma 8848 méter, s a tetejére felmerészkedő vakmerőknek már oxigénpalackra és vastag ruhákra van szükségük. Azt lehetne hinni, hogy ez már csaknem a világűr. Pedig dehogyis. A tengerszinttől a Csomolungma tetejéig annyit haladtunk fölfelé a légkörben, mintha egy óriási felhőkarcolóban a legelső lépcsőfokra tettük volna a lábunkat.

A Csomolungma hajsza híján kilenc kilométeres magasságával kiteszi a *troposzféra* magasságának jelentős részét. Ez a légkör legalsó rétege, amely tíz kilométer magasságig veszi körül világunkat. Itt - és egyedül itt - áll a légkör hetvennyolc százalék nitrogénből, huszonegy százalék oxigénből és egy százalék nemesgázból, vagyis abból a keverékből, amire minden földi élőlény elismerően csettint a nyelvével, már ha van neki: igen, ez az igazi, csakis ezt lehet belélegezni!

A legmagasabbra repülő vadludak néha megközelítik a troposzféra felső határát, ahol mínusz negyvenkét fokos fagy van. Itt keletkeznek a legmagasabb szintű felhők, bár öbelőlük akad följebb, a troposzférát követő vékony *tropopauzában* is. Egyébként felhők a troposzféra minden magasságában akadnak, talajszinten is, ilyenkor köd a nevük.

A troposzférát a *sztratoszféra* követi, amely ötven kilométeres magasságig tart. Itt repülnek a távolsági légi járatok, a szuperszonikus gépek, s a meteorológiai kutatóléggömbök is kitartóan ostromolják a sztratoszféra felső határát. A hőmérséklet mínusz hatvanhárom fokig zuhan le, aztán hirtelen emelkedni kezd, plusz ötven fok, több mint strandidő, aztán megint fagypontra alá, mindez a sztratoszférán belül. Ezek a meglepő változások a légkör összetételével,

sűrűségével függenek össze. Itt már egy kicsit más az összetétel: nyolcvan százalék nitrogén, tizenhat százalék oxigén, egy százalék nemesgáz és egy százalék ózon - ez utóbbi alkotja harminc-negyven kilométeres magasságban a sokszor megénekelt ózonréteget, amit majd még szemügyre fogunk venni alaposabban is. Most azonban repülünk tovább.

A *sztratoszféra* vékony rétege után következik a *mezoszféra*, amely nyolcvan kilométeres magasságig tart. Hőmérséklete fagypontról csökken mínusz hatvan fokra, összetétele azonos a sztratoszféráéval. Ebben a magasságban szoktak közlekedni a ballisztikus rakéták.

A *mezopauza* után, mintegy kilencven kilométeres magasságban kezdődik a *termoszféra*, amely ötszáz kilométeres magasságig tart, sokkal vastagabb tehát, mint az eddigi összes réteg együttvéve. Itt már csak hetven százalék a nitrogén és tizenöt-tizenöt az ózon és az oxigén. A hőmérséklet az alsó vidékeken mínusz száznyolcvanhárom fok, majd fokozatosan növekszik, négyszáz kilométeres magasságban már kétezer fok. Ebben a rétegben lebeg a közkedvelt sarki fény, itt szoktak lángra lobbanni és hullócsillag néven megsemmisülni a légkörbe kerülő meteorok, és itt történik a földi űrhajózás jelentős része. Ebben a rétegben végzik föld körüli gyakorlataikat az űrrepülőgépek, itt keringenek a különféle célú műholdak, s a termoszféra felső vidékén szolgált a Mir űrállomás oly sok éven át. Most már lehozták, nem találkozunk vele.

Ez tehát már a világűr, ha az űrhajósokat kérdezzük, pedig hát még mindig jócskán benne járunk a légkörben. A *termopauza* után lépünk ki a légkör utolsó, legkülső rétegébe, az *exoszférába*. Itt minden más. A Nemzetközi Űrállomás körül már nyoma sincs se nitrogénnek, se oxigénnek, a légkör háromnegyed rész héliumból és egynegyed rész hidrogénből áll. Hatszáz kilométer magasságban elmegyünk a Hubble-űrtéleszkóp mellett, majd jön a Landsat műhold hétszáz kilométernél, egy meteorológiai műhold üdvözl minket ezerötszáznál, végül kétezer kilométer magasan kiérünk a külső exoszférába, ahol a légkör eléri a teljes egyöntetűséget, szintiszta hidrogénből áll. Itt már hallatlanul ritka, de még mindig létezik. Az utolsó műholdakat több tízezer kilométeres magasságban még mindig „levegő” veszi körül, ha ezt a ritka hidrogént annak lehet nevezni. A légkör legfelső határa százezer kilométeres magasságban van, azaz a Föld-Hold távolság negyedrésznél.

Míg visszafelé indulunk, elmondom azt is, hogy az exoszféra és a termoszféra, amit együtt *ionoszférának* neveznek, 340 milliárd köbkilométer kiterjedésű, míg a sztratoszféra csak húszmilliárd, a troposzféra pedig kevesebb mint hatmilliárd - ám mégis a troposzféra teszi ki a levegőóceán tömegének nyolcvan százalékát, a sztratoszféra tizenkilencet, az ionoszféra pedig csupán egy százalékot! Vagyis a légkör 99 százaléka kilencven kilométeres magasságon belül sűrűsödik, s csupán egy százalékot tesz ki az a ritka gáz, ami a maradék 99 910 kilométerre jut. Ez talán többet mond, mint ha folyton sűrűség- és nyomásértékekkel bombáztalak volna.

Ígértem, hogy beszélni fogunk az ózonrétegről. Tegyük is ezt meg, mindjárt visszaérünk harminc kilométer magasságba, a sztratoszféra közepébe. Itt leparkolunk és megnézzük, mi veszi körül az űrhajót.

Az ózonréteg nagyon ravasz dolog. Mintha csak szándékosan lenne megszerkesztve, automatikusan működik évmilliárdok óta és védi a földi életet.

Kezdjük egy kicsi kémiával. Az a gáz, amit oxigénnek nevezünk és lélegzésünk fő kelléke, két oxigénatom összekapcsolódásával jön létre, a képlete tehát  $O_2$ . Az ózon ettől annyiban különbözik, hogy három oxigénatom kapcsolódik össze benne:  $O_3$ . Ennyi az egész, a kémiaórának vége is.

Csupán egyetlen oxigénatomon múlik tehát, hogy egy molekula oxigéngáz lesz-e vagy ózon; előbbi belélegezhető, utóbbi viszont mérgező. Illetve kis adagban üdítően hat lélegzésünkre, szoktuk mondani, hogy „ózendús” a levegő, ilyenkor valami felfoghatatlanul parányi mennyiségben ózont tartalmaz. Ha sok van belőle, az fejfájást, mérgezéses tüneteket okoz. Az ózonrétegben azonban ez nem probléma, hiszen ott már úgyse lehet védőruha nélkül mászkálni. Mi se dugjuk ki az orrunkat a hajóból.

Most egy percre tegyük félre a gázokat és nézzünk föl a Napra. Megtehetjük, az ablakok erősen fényszűrő üvegből készültek.

A sokféle sugárzás között, ami a Napból érkezik, ott vannak az ultraibolya sugarak. Más nevükön ibolyántúli, ultraviola vagy UV. Ez tulajdonképpen majdnem ugyanolyan fény, mint amit mi is látunk, csak egy egészen kicsivel nagyobb a rezgésszáma, ezért már nem látjuk. De létre tudjuk hozni kvarclámpával.

Minél nagyobb egy sugár rezgésszáma, annál nagyobb energiát tud közvetíteni. A legkisebb rezgésszámú sugarak a rádióhullámok, ezek teljesen veszélytelenek; ezeket követik a mikro-hullámok, az infravörös fény - vagyis a hősugárzás -, a látható fény, az ultraibolya fény, a röntgensugarak, a gammasugarak és végül a kozmikus sugarak. Egy szó mint száz, az olyan sugártól, amelyik már közel van a röntgensugarakhoz, jobb óvakodni.

A kvarclámpából érkező, napozásra alkalmas fény az ibolyántúli sugarak legszelídebb változata, az UV-A. Megtalálható a közönséges napfényben is, ettől barnulunk le nyáron. S mindenki tudja, hogy vigyázni kell vele, mert nagy mennyiségben veszélyes. Sokáig nem szabad a napon maradni, mert leégünk, a kvarclámpa erős UV-A fénye pedig csak percekig érheti a bőrünket; a szemünket még addig sem.

A Napból azonban többféle ultraibolya sugár jön: vannak UV-B és UV-C sugarak. Ezeknek egyre nagyobb a rezgésszáma. Az UV-B sugarak nagyon veszélyesek, az UV-C pedig halálos a földi életre. Tekintve, hogy a Napból borzasztó mennyiség érkezik ezekből a sugarakból, nekünk minden számítás szerint régesrég halottnak kellene lennünk. Mégis úgy nézem, elég jó színben vagyunk.

Ennek pedig az ózonréteg a kulcsa. A következőképpen működik. Jön a Napból az UV-C sugár, fényesen és erőtől duzzadóan, hogy minket elpusztítson, azaz dehogyis azért, egyszerűen csak mert mi estünk az útjába. Társainak legtöbbje kirepült az űrbe. Jön tehát a sugár, hogy megnézze magának a Földet. Ámde a sztratoszféra közepén odaáll az útjába egy ózonmolekula, megálljt parancsolóan föltartja a kezét, és a sugár belerohan.

Az eredmény az, hogy a sugár visszaverődik, az ózonmolekula pedig széthullik kétfelé: lesz belőle két párban maradó oxigénatom és egy magányos, vagyis  $O_2$  és  $O$ . Előbbi a közönséges oxigéngáz, utóbbi pedig olyan képződmény, ami önmagában ritkán fordul elő, az oxigénatomok társas lények, szeretnek  $O_2$ -t vagy  $O_3$ -at alkotni. Erre akkor nyílik lehetőségük, amikor egymás mellett sétálgat egy kétszemélyes oxigénmolekula és egy magányos  $O$ , s becsap oda a másik sugár, az UV-B. Az ütközés hatására ez a sugár is visszaverődik, a magányos atom pedig csatlakozik az oxigénmolekulához, mivelhogy az ehhez szükséges energiát a sugár megadta. S megint van egy ózonmolekulánk.

Így tehát pusztá fizikai folyamatok következtében az ózon szünet nélkül alakulgat oxigénné és vissza, évmilliárdok óta, persze csak reggeltől estig, amíg van napfény. S közben az ibolyántúli sugarak veszélyesebb változatait kiszűri a hozzánk érkező napfényből.

No persze ezeket a fizikai folyamatokat nem valami bölcs előrelátás alakította olyanra, hogy éppen a miránk veszélyes sugarak szűrődjenek ki. Éppen fordítva, azért veszélyesek ránk ezek a sugarak, mert az ózonréteg mindig is kiszűrte őket, tehát nem kaptunk belőlük, ezért nem

volt lehetőségünk alkalmazkodni hozzájuk. Ha az ózonréteg sose létezett volna, a földi élővilág úgy fejlődött volna ki, hogy az UV-C sugárzás meg se kottyán neki.

Lássuk ezek után, miért beszélnek annyit az ózonrétegről az utóbbi időben. Ózonlyuk, szokták mondani, de vajon hol van az a lyuk, miért van és mi a hatása?

Ez se misztikum, csupa természeti törvény okozza.

Az ózon és az oxigén tehát ide-oda alakulgat a légkörben a sugarak hatására. Ezt a Föld minden vidéke fölött megteszi. Ám szeptemberben, amikor az Antarktison beköszönt a tavasz és vele a nappal - beszéltük, hogy fél évig tart ott az éjszaka -, az ózonrétegben klórmolekulák jelennek meg. Hogy kerülnek oda? A hidegnek köszönhetően. A sarki éjszaka során lehűlt levegő mint egy óriási örvény magába szívja a környező vidékek légtömegeit, velük a nedvességet is, ami a sarkvidéken apró jégkristályokká fagy, s ezeken telepszik meg a klór. Ugyanez történik az Északi-sark környékén is (csak persze fél évvel később), de kisebb mértékben, mert ott a sok kontinens elállja a légtömegek útját.

A szelek által odavitt klór tehát egész téle megreked a sarkvidéken, s amikor a sarki éjszaka véget ér, a jégkristályok elolvadnak és a klór kiszabadul.

Megindul az ózonréteg szokásos munkája, jön az UV-C sugár, felbontja az ózont, jön az UV-B sugár, visszaalakítja az ózont, minden megy a maga útján.

Csak hogy most ott van a klór is.

A klór szeret egyesülni az oxigénnel, mint általában nagyon sok elem. A magányos oxigénatomok, amelyeket az UV-B sugárnak egyesítenie kellene a páros oxigénatomokkal, egyszer csak klór-monoxid molekulák alkotórészei lesznek, nem mintha ez jobb lenne nekik, de a klór ott van, ők is ott vannak, hát egyesülni kell. Ezt mondják a kémia törvényei. Az eddigi  $O_2$  és  $O$  helyett most egyszeriben  $O_2$  és  $ClO$  lesz, amiből az UV-B sugár már nem tud ózont csinálni. Mindkét gáz akadálytalanul átengedi az ibolyántúli sugarakat, ezeket visszaverni csak az ózon képes.

Egészen azért nem lyukadt ki az ózonréteg, de éppen eléggé megvékonyodott. Délen felére, sőt egyharmadára csökken a vastagsága egyes években, északon csak tizenöt-húsz százalék tűnik el. A nyár folyamán aztán a szelek elkeverik ezt a megcsappant ózonréteget a melegebb vidékek levegőjével, így a sarkok fölött megint helyreáll a réteg, csak persze az ekkor odavitt ózon egy része megint odavész a következő tavasszal. Mivel pedig ózon magától nem keletkezik elegendő mennyiségben, hosszú távon akár az egész Föld ózonkészlete belepusztulhat a dologba - mármint ha van a légkörben annyi klór.

A kérdés most már csak az, honnan kerül a klór a légkörbe.

Mindig volt belőle valamennyi, az óceán sok klórt párologtat a légkörbe, s más természetes folyamatokból is keletkezik. De mivel az ózonréteg elég régóta megvan meglehetősen egyensúlyban, s a vékonyodás csak igen rövid ideje jelentkezik - a hetvenes években figyeltek föl rá -, ebben már az ember kezét kell keresnünk. S ha keressük, meg is találjuk - a hűtőszekrényben.

Legalábbis ha régi típus. Már jó ideje nem szabad ózonrétegre ártalmas hűtőszekrényt gyártani, mert a kormányok észbe kaptak és megtiltották. Igaz, nem mindenütt, India és Kína kapott némi haladékot, nekik csak később kell áttérniük a modern frigókra. Most még rengeteg régi készüléket használnak, amikben a hűtőfolyadék valamilyen CFC-nek nevezett vegyület. Ez pedig a klór-fluorokarbonát rövidítése. Egy szép nap majd kidobják ezeket a frizsidereket, a CFC kiszabadul, a klór kiválik és elpárolog... No persze az ipar sok más célra is alkalmaz klórtartalmú vegyületeket, nem szabad egyedül a hűtőszekrényeket hibáztatnunk.

Az ózonlyuk tehát minden évben megjelenik a sarkvidékek fölött, s egyes vidékeken már most óva intenek a napozástól. A sugarak égési sérüléseket, sőt bőrrákot is okozhatnak, s a veszély egyre nő.

De én nem aggódom. A tudósok lázasan kutatják az ózonkímélő technikákat, egyre kevesebb klór szabadul el az iparból. S egy nap, biztos vagyok benne, itt körülöttünk a sztratoszférában olyan gépek fognak dolgozni, amik a beszívott levegőből fölbontják a klór-monoxidot, az oxigénatomokat ózonná egyesítve kiengedik, a klórt pedig tartályokban visszahozzák nekünk. Majd kitaláljuk, mihez kezdjünk vele.

## EGY KIS JÉGKOCKÁT?

Első utazásunkon megmutattam neked Észak-Amerika térképén a Sziklás-hegység nagy láncát, ami a kontinens nyugati szélén végighúzódik. De van egy másik vonal is, amely végighalad a kontinensen, csak ez rövidebb, mert útját állja az Atlanti-óceán. Ugyanonnan ered, a kontinens északnyugati sarkából, vagyis Alaszkából, aztán fokozatosan távolodik a hegylánctól kelet felé. Ezt a vonalat a víz, egész pontosan a tavak alkotják.

Már kontinenstérképen is felfedezhető a nagy tavak vonulata: Nagy-Medve-tó, Nagy-Rabszolga-tó, Athabasca-tó, Rénszarvas-tó, Winnipeg-tó, Erdők tava, Nipigon-tó, aztán a Nagy Tavak néven ismert valóságos kis beltenger, ami a Felső-, a Huron-, a Michigan-, az Erie- és az Ontario-tó összefüggő láncából áll. Ezzel ér véget a tósorozat. De ha előveszel egy részletesebb térképet, mondjuk egy jó nagy Kanada-térképet, sokkal több tavat fogsz látni. A Nagy-Medve-tó és a Nagy-Rabszolga-tó között egész törengeteg terül el, helyenként már-már többnek tűnik a víz, mint a szárazföld, s a rengeteg folyó és tó szigetvilággá változtatja helyenként a vidéket. S ez csak egy darabka a nagy kék vonalból, amit a tavak alkotnak Kanada-szerte.

Finnországot az ezer tó országának szokták mondani, pedig igazából több tízezer van belőlük. Valahol azt hallottam, hogy írd és mondd 179 584 sziget található az alig több mint három Magyarországnyi területű Finnországban, ennél több állítólag egyetlen országnak sincsen. A szigetek többségének persze édesvíz mossa partjait, tavak és folyók veszik őket körül, de a Balti-tengerben is sok sziget van. Ott, ahol a tenger elágazik a Botteni-öbölre és a Finn-öbölre, a szárazföld sok ezer apró darabra töredezik, megformálja Ahvenanmaa szigetcsoportját, aztán újabb szigetsorozatot alkot a svéd partokon. Svédország rengeteg szigetet mondhat magáénak, de nem annyit, mint Norvégia, ahol valóságos labirintus a táj. A Skandináv-hegység számtalan apróbb-nagyobb hegyláncban ágazik el a tenger felé, amely hosszú, mély, kacsaringós öblökben nyomul be a hegyek közé, körös-körül rengeteg szigetet hagyva. Ezeket az öblöket norvég néven ismeri a világ: *fjord*. De van belőlük Amerikában is, leginkább Alaszka délkeleti nyúlványán, az Alexander- és a Queen Charlotte-szigetekenél, ahol fjord helyett öblöt mondanak ugyan, de a formájuk nem sokban különbözik. S egy fél bolygóval odébb Chile déli partjait is ilyen szigetfüzéreik szegélyezik.

Vajon mi alakította ilyen szeszélyesen tarkabarkára ezeknek a tájaknak képét? Miért borítják tavak Kanadát és Skandináviát, miközben néhány száz kilométerrel odébb már csak elvétve akad belőlük? Miért olyan a norvég és a délkelet-alaszkai tengerpart, mintha összevissza szabdalták volna?

Nos, azért, mert összevissza szabdalták őket.

Időről időre megváltozik Földünk éghajlata. Elég sok mindentől függ, hogy mikor, mennyire és mennyi időre, s ezeket az okokat igazából nem is nagyon ismerem. De mivel a földi időjárást oly sok tényező befolyásolja, a Naphoz képest leírt pálya, a légkörben levő gázok, a vulkánkitörések stb. - igazából az lenne a meglepő, ha az időjárás mindig egyforma volna. Hát nem is az. Az évszakok szerinti változások mellé nagyobb, hosszabb távú változások is járnak, amiket mi nem is ismerhetünk, mert nem elég hosszú hozzájuk az írott történelem. Csak a régészek találják meg a nyomait.

A pleisztocén kétmillió éve során öt hosszabb-rövidebb szakasz volt, amikor Földünk időjárása hűvösebbre fordult, a trópusokon mérsékelt övi volt az éghajlat, a mérsékelt övben majdnem

sarki. Vagy nagyjából így. Ezek az idők a jégkorszakok. Lassan jöttek és lassan mentek, évezredekig tartott az átmenet a melegből a hidegbe és vissza. Az utolsó jégkorszak száz-húszezer éve kezdődött és alig tízezer éve ért véget, vagyis akkoriban, amikor a kőkori ember már javában forgatta a fazekaskorongot. Tizenkétszer annyi ideig tartott, mint az azóta eltelt, írott történelmünknel valamikéivel hosszabb idő.

A jégkorszak idején a sarki jégtakaró megnövekedett és betakart olyan vidékeket is, ahol ma nyoma sincsen jégnek. Jég alá került egész Skandinávia, Oroszország északnyugati része, Dánia, Izland és Skócia. Úgy alakult, hogy Ázsia kimaradt a jég fogságából, de Amerika északi részét egészen ellepte a jég, mélyen lehúzódva délre. A jégtakaró széle nagyjából a negyvenötödik szélességi fokon volt, ami megfelel Budapest szélességének; Európában ugyanezen a szélességen csak hideg volt, de jégnek nyoma se. Egyébként ma is hidegebb van Amerikában, mint ugyanazon a szélességi körön Európában vagy Ázsiában; annak ellenére, hogy az amerikaiaknak arról a szóról, hogy „Oroszország”, többnyire a hideg jut eszébe.

A szárazföldet beterítő jég összevissza vagdosta, szabdalta a felszínt. Helyenként vastagabb volt a jég, lenyomódott hát saját súlya alatt, s a puha föld nem állhatott ellen a kemény jégnek. Máskor elmozdult a jégmező, mert valahol a szélénél nagyobb tömbök fagytak hozzá és megváltoztatták az egyensúlyát, s ahogy mozdult, végigszántott a síkságokon és belemart a hegyekbe. Finnország, Svédország és Kanada lapályain töméntelen mélyedést alakított ki, a Skandináv-hegységet pedig meredek gerincek és mély völgyek sorává tette.

Aztán a jég fokozatosan elolvadt, s csak nyomait hagyta hátra. A szárazföldi mélyedésekben ott maradt a jégből fölolvadt víz, amit azóta is táplálnak az esők és a folyók. A tengerpartba vágott öblöket, ahol a part lapos, fokozatosan elmosta a tenger munkája, de ahol hegyek vannak, ott nem tehette. Ott alakultak ki a fjordok. Élettörténetük: a völgyekben a nedvesség jéggé fagyott, a jég kitöltötte a völgyek egész belsejét és fölmarta a hegyoldalakat; aztán a jég elolvadtával a völgyek egy része érintkezésbe került a közeli tengerrel, amely betört oda és többé nem is távozott.

Alighanem ilyen lecsiszolódott hegyláncok és tóvidékek kerülnének napvilágra akkor is, ha egyszer visszavonulna a jég Grönland belső vidékeiről és az Antarktiszról. Ezek a Föld utolsó helyei, ahol még megvan az állandó szárazföldi jégtakaró, nem számítva persze a magas-hegységeket.

Jelenleg fölmelegedő szakaszban vagyunk, így akár az is elképzelhető, hogy ez megtörténik. Sőt igen valószínű, hogy legalábbis egy része elolvad a sarki jégtakarónak, az Antarktiszról néha riasztó hírek érkeznek ez ügyben. Riasztóak, mert nem sokat nyernénk a jég alól napvilágra kerülő kietlen földdarabokkal, amik amúgy is mindentől távol esnek - de a felolvadó jég szükségszerűen az óceánok vizét növeli, s ha az Antarktiszt egész jégtakarója elolvadna, a jelenlegi tengerpartokat végig előntené a víz. Márpedig az emberiség igen nagy része él tengerparton vagy annak közelében, a legnagyobb városok jókora hányada tenger mellett van, s akadnak egész országok, mint például a Maldív-szigetek, amelyek mindenestül eltűnnének a tenger alatt, hiszen csupa apró, lapos szigetekcske alkotja őket.

Ha ellenben váratlanul süllyedni kezdene a Föld átlagos hőmérséklete, akkor megnövekedne a sarki jégtakaró, ezzel csökkenne az óceánok vízszintje, s a tengerpartok mentén napvilágra kerülnének jelenleg vízzel borított, termékeny talajú területek. Ez igazán nyereség lehetne, ha nem járna három nagy hátránnyal is. Az egyik az, hogy a tengerek part menti, sekély vizének élővilága sokkal fontosabb szerepet tölt be világunkban, mint első pillantásra látszik, és ha a lehülés gyorsan történik, nem lesz idejük elmenekülni. A másik az, hogy a part menti városok azért vannak a part mentén, mert a tengerből élnek, így ha a tenger elvonul onnan, az emberek jó részének is el kell költöznie. Ez a két probléma megoldható, hiszen egy természetes okokból

bekövetkező lehűlés mindig lassan jön. A harmadik azonban az, hogy igazán komoly területnyereségre csak akkor tehetnének szert a szárazföldek, ha a hőmérséklet nagyon alacsonyra szállna, annak pedig nem örülnénk. Ez a probléma nem oldható meg.

A következtetés az, hogy nincs jobb a jelenleg fennálló állapotnál. Erre rendezkedtünk be, ez a jó nekünk. A földi élet kényes egyensúlyában a legkisebb változás is nagy kárt okozhat.

A jég pedig nem ellenségünk, hanem barátunk. Tárolja azokat az óriási vízkészleteket, amiket már nem lenne hova tenni az óceánokban. Fenntartja a sarkvidékek állandó alacsony hőmérsékletét, aminek révén létrejött, így egyenlítve ki a trópusok melegét. És kunyhóépítésre is kiváló.

Amikor az eszkimóknak a délvidék életéről meséltek az európaiak, azok elszörnyedve kérdezték: „De hát hogy lehet élni olyan országban, ahol nincs se hó, se jég?”

## ÉPÍTSÜNK HOMOKVÁRAT

Amikor a tizenkilencedik században a felfedezők bemerészkedtek Ausztrália belsejébe, tevéket vittek magukkal. Ez az állat addig teljesen ismeretlen volt a kenguruk földjén, csak Észak-Afrika és a Közel-Kelet sivatagaiban volt honos és kizárólag arabul értett. Lovak mindenütt éltek akkor már, Amerika síkságain és hegyvidékein, Ázsia minden vidékén, Afrikában. Mégis tevét vittek, mert ez a mogorva és szükséztű állat pont Nyugat-Ausztrália vidékeire való: hiszen ilyen vidéken nevelkedett, éppen ilyen kietlen, forró, száraz sivatagokban járnak ősei egykedvű nyugalommal évezredek óta.

De nem a tevékről lesz most szó, hanem a sivatagokról. Miért hasonlít ilyen nagyon az ausztrál puszta a Szaharára, amikor pedig semmi közük egymáshoz, majd a fél földgolyó van közöttük. És miért használják a tevét - az egypúpú fajtát, a dromedárt - Ázsiában is, azaz hogy miért vannak ott ugyanolyan sivatagok, amik egyenesen kiabálnak teve után?

A válaszhoz először is gyűjtsük sorba a sivatagokat.

Európában egyetlen sivatag sem található, ezt kipipálhatjuk. Lássuk Ázsiát nyugatról keletre. Az Arab-félszigeten terül el a Nefúd-sivatag és a Rub-al-Háli, tulajdonképpen egyetlen sivataglanc részei, amibe beletartozik az izraeli Negev, a Szír-sivatag, Jemenben a Hadramaut és ezek részei, tartozékai, toldalékai. A félsziget nagyjából az északi szélesség tizedik és harmincadik foka között terül el. (Ez még fontos lesz.) Innen északkeletre vannak a Turáni-alföld sivatagai, a Kara-kum és a Kizil-kum Türkmenisztánban és Üzbegisztánban (38-44°), kicsit odébb a Mújun-kum és a Tau-kum a Besztassal (44-46°), kazah földön. Délebbre vannak Irán, Pakisztán és Afganisztán sivatagai, a Dast-e Lút és tartozékai (30°), majd Indiában a Thar (23-30°). A Himalája túloldalán, Kínában találjuk a Takla-Makánt (35-40°), odébb Dzsungáriát (45°), majd a Kína egész északi részén és Mongólián átvonuló Góbi-sivatagot, amely körülbelül a 35. és a 45. szélesség között terül el. S ezzel az ázsiai sivatagoknak vége.

Afrikában van a Föld legnagyobb sivataga, a Szahara, amely igazából nem is egyetlen sivatag, hanem egész család: kezdődik Mauritániában az El-Djouffal, Algériában a Nyugati- és a Keleti-Erggel, aztán jön a líbiai Fezzán, a csádi Ténéré, a Líbiai- és a Núbiai-sivatag, s Egyiptomban az Arab-sivatag - innen, a Vörös-tengeren túl már Ázsia kezdődik, az Arab-félsziget sivatagaival, amikkel listámat kezdtem. Mindezen Szahara-tartozékok a tizenötödik és a harmincötödik szélességi kör között húzódnak. Délebbre dzsungel és szavanna van, majd a Kalahári és a Namíb-sivatag zárja az afrikai sivatagok sorát Namíbiában és Botswanában, a déli szélesség huszadik-huszonötödik fokán.

Amerikában a sivatagoknak egészen más képe van, mint a többi kontinensen: kevesebb a homokkal és puszta kövel borított terület, inkább sziklás, gyér füves prérók vannak a jól ismert nagy kaktuszokkal és csörgőkígyókkal. Még neve sincs az itteni sivatagnak, csak egyes apró foltjainak: Black Rock-sivatag Nevadában, a 41. fokon; Nagy-Sóstó-sivatag Utah-ban, a 40. fokon; Mojave-sivatag Kaliforniában, a 35. fokon; és még rengeteg további. Az észak-amerikai sivatagok körülbelül a harmincadik és a negyvenedik-negyvenötödik fok között húzódnak. Dél-Amerikában csak egy sivatag van, az Atacama Chilében, a huszadik-huszonötödik fokon.

Annál több van Ausztráliában, ahol a Nagy-homoksivatag, a Gibson-, a Nagy-Viktória-, a Simpson- a Tanami- és a Sturt-sivatag éppen olyan, mint a Szahara, sivatagos területek

kevésbé kietlen pusztaságokkal váltakoznak. Az egész társaság a déli szélesség tizenötödik és harmincadik foka között helyezkedik el.

A névsorolvasás megvolt, sivatagjaink takaros rendbe állítva sorakoznak és várják a parancsokat. Nézzük, milyen tanulság vonható le mindebből.

Mondtam, hogy a szélességi fok még fontos lesz. Nos, amint megfigyelhetted, a lista szerint a Föld összes sivatagja nagyjából a tizenötödik és a negyvenötödik szélességi fok között helyezkedik el. Nincsenek sivatagok sem északabbra, sem délebbre, sem közelebb az Egyenlítőhöz, sem távolabb attól. Lehetne erre egy magyarázat, hogy a sivatagokban meleg van, tehát logikus, hogy nincsenek sivatagok a hideg éghajlatú Skandináviában - igen ám, de Indonéziában sincsenek, ahol pedig ugyancsak meleg van.

Nagyon úgy fest, mintha valaki szándékosan tette volna a sivatagokat éppen ebbe a két sávba, az északi félgömbön majdhogynem folyamatos sorozatot alkotva belőlük, a délin a kevesebb szárazföld miatt kevésbé. S milyen érdekes, a 15. és a 45. fok között félúton a 30. fok helyezkedik el, ami alig pár foknyira van attól a bizonyos huszonhárom és fél foktól, ahol a két térítő húzódik.

Mindez a legkevésbé sem véletlen. A sivatagok pontosan a térítők vonalában helyezkednek el, és azért kerültek éppen oda, ahova, mert a helyi sajátosságok, a tengerektől, a hegyektől való távolság így alakította. Ha se tengerek, se hegyek nem lennének, alighanem egyenletes homoksávok húzódnának a térítők mentén, mindkét félgömbön körbe-körbe.

Mi lehet ennek az oka? Próbáljunk valami magyarázatot gyártani.

Ha abból indulunk ki, hogy a sivatagokban meleg van, akkor nyomban elbukunk ott, hogy Indonéziában is meleg van, Mongólia hőmérséklete viszont nagyjából megegyezik Magyarországéval. Ha megnézel egy hőmérsékleti térképet, akkor azt fogod látni, hogy a legmagasabb - harminc fok fölötti - évi középhőmérséklet területe Afrika szívében alkot egy foltot, ekörül terül el a húsz-harminc fok közötti terület - valamivel túlnyúlva a két térítő vonalán -, s észak és dél felé szép sávokban csökken. A sarkvidékeken már mínusz húsz fok alatt van az éves átlag.

Ebből nem nagyon jön ki a sivatagok elhelyezkedése, mert nem magyarázza meg, miért nincs sivatag Braziliában, Indonéziában, Afrika egyenlítői tájain. Másik magyarázatra lesz szükség.

Mi az, amiben a sivatag minden más helytől különbözik? Hát persze - a víz hiánya. Pontosabban a csapadék hiánya, mert a folyók nem elegendőek: még egy olyan hatalmas folyam is, mint a Nílus, csupán vékony zöld növénysszalagot képes rajzolni a sivatagba, annak sivatag jellegét nem tudja megszüntetni. A tenger sem elegendő: a Szahara nyugati és északi vidékei, az Arab-félsziget sivatagai, a Namíb-sivatag, a Nagy-homoksivatag és az Atacama mellett is ott van a tenger, de ez sem elég. Csapadék kell: eső!

Ha megnézed az évi csapadékmennyiséget ábrázoló térképet, a legnagyobb esők vidékét a trópusokon fogod találni; valamivel kisebb értékek vannak a mérsékelt övben; a legkevesebb eső pedig bizonyos vidékeken esik. Észak- és Délnyugat-Afrikában, az Arab-félszigeten, Iránban, Közép-Ázsiában és Mongóliában, Nyugat-Ausztráliában, Chilében, az Egyesült Államok nyugati részén - vagyis éppen ott, ahol a sivatagok vannak.

De ugyanennyi, évente 250 milliméternél kevesebb eső hull Észak-Amerika és Grönland északi partvidékére, Észak-Szibériára és az Antarktisz legnagyobb részére. Mivel ezeken a területeken se kaktusznak, se tevének nyoma nincsen, első pillanatra rá lehetne mondani, hogy

ezek nem sivatagok. Pedig bizony azok: hideg sivatagok. E területek egy részét jég borítja, ami víz ugyan, de régesrég megfagyott és a növényi életet nem táplálja; vízutánpótlás, azaz havazás pedig nagyon kevés van. Ezeken a vidékeken tehát a növényzet ugyanúgy minden napos harcot vív a fennmaradásért, mint a forró sivatagokban - sőt még nehezebbet, mert ráadásul még napfény is kevés van. Ezek a Föld legélettelenesebb területei.

Szóval a sivatagok ott vannak, ahol nagyon kevés az eső - ezt már tudjuk. De miért éppen ott olyan kevés az eső és nem valahol máshol? Nem mindegy a felhőknek, hogy merre repülnek és hol szakítják föl a hasukat?

Hát a csapadéktérképről ítélve nemigen lehet nekik mindegy.

Bonyolult kérdés, hogy miért repülnek éppen arra a felhők, amerre, és miért ott esik az eső, ahol esik. Ha egyszerű kérdés lenne, akkor a meteorológusok is mindig pontosan meg tudnák mondani, milyen lesz az idő - márpedig nem tudják pontosan. Én pedig még csak nem is vagyok meteorológus.

Mindenekelőtt van egy nagyon fontos fizikai törvény, ami bizonyára nem újdonság neked: a meleg levegő mindig fölfelé törekszik. Ezen az elven működik a hőlégballon is. A legmelegebb levegőt nyilván a trópusokon lehet találni, ahol a Nap gyorsan átmelegíti a légkört. Ettől a trópusok fölött hatalmas légtömegek indulnak meg fölfelé, egészen a troposzféra felső rétegeibe. Helyükre a környező területekről hűvösebb levegő áramlik alacsonyan: ezek a passzátszelek, amik körülbelül a térítők övezetében fordulnak elő mindkét félgömbön. A passzát az északi félgömbön északkeletről halad délnyugatra, a délin pedig délkeletről északnyugatra; tehát mindig az Egyenlítő felé és mindig nyugatnak. Miért nyugatnak? Mert a Föld forog, méghozzá kelet felé, tehát a levegő, ami nem teljesen mozog együtt a földfelszínnel - hisz nincs hozzáragasztva -, hozzá képest nyugat felé halad. Mindezt együtt trópusi összeáramlásnak hívjuk: a meleg levegő felszáll, a helyébe hidegebb érkezik.

De a meleg levegőnek is csinálnia kell valamit, nem szállhat örökké fölfelé, egyszer vissza kell térnie. Amikor lehűlt, megint lefelé kezd haladni, de ekkor már jóval távolabb az Egyenlítőtől, hiszen a passzát kiszorította helyéről ezt a légtömeget. A mérsékelt égövben tér vissza, most már nyugatról keletre halad: ez a nyugati szelek övezete. A nyugati szelek határozzák meg Európa éghajlatát is: ha Anglia fölött hóhullám vagy vihar jelenik meg, néhány nap múlva eléri Magyarországot; de ha Ukrajnában változik a hőmérséklet, azt Magyarország sose fogja tapasztalni, az már elment innen.

A trópusi összeáramlás felszálló levegője tehát magával viszi a nedvességet a felső lég-rétegekbe, így ott nem esik az eső; amikor viszont a nyugati szelek képében visszatér az alacsony rétegekbe, akkor ki tudja adni a nedvességet, de ez már a mérsékelt övben történik. Így a mérsékelt övben sokkal többet esik az eső, mint a trópusokon; de a trópusok legközepén, az egyenlítői vidékeken még többet esik, mert ide áramlik be a passzát hideg levegője. Ez nem szállhat fel az összeáramlással együtt, hiszen hideg; először kiadja magából a nedvességet, csak aztán melegszik fel és távozik fölfelé.

Mindez persze sokkal bonyolultabb annál, mint ahogy leírom. Egyes légtömegek még a trópusi övön belül indulnak meg az Egyenlítőtől kifelé, például Afrikából, az Indiai-óceánról, és a Csendes-óceán nyugati részéről Ázsia felé: ezek a monszunok és a tájfunok. Ezek meleg légtömegek. Ugyanezen a vidéken a passzát hideg légtömegei összekeverednek az összeáramlás meleg levegőjével, s további monszunokat hoznak létre. Máshol, Ázsia és Amerika északi tájain a hideg légtömegek jóval északabbra indulnak meg dél felé, mint a passzátszelek: ez a burán, a blizzard, Grönland hideg szelei. Az Antarktis partvidékén ugyanez történik észak felé haladva, ez a sarki szelek övezete.

Nagyjában-egészében tehát a sivatagok azért kerültek éppen a térítők vidékére, mert ott száll fel a meleg levegő, ami magával viszi a nedvességet; az Egyenlítőnél a passzát hozza meg az esőket, a mérsékelt övben a nyugati szelek, de a térítők táján sokhelyütt semmi. Brazíliában például az óceánt átszelő passzát remekül meghozza az esőket, esik is állandóan; de az Atacama szélárnyékban van, a passzátot eltereli az Andok láncja, a nyugati szél pedig ennél északabbra és délebbre hozza meg az esőt. Ezért van éppen ott olyan nagy szárazság.

Ha ezt már mind megállapítottuk, még egyvalamit kellene tudni: vajon a sivatagok terjeszkednek vagy zsugorodnak? Kell-e attól tartani, hogy megnövekedve elnyelnek olyan területeket is, amik ma kellemesen nedvesek és lakhatóak?

Bizony tartani kell ettől, mert a sivatagok a legtöbb helyen terjeszkednek. Ennek részben a globális felmelegedés az oka, ami azt eredményezi, hogy egyre nagyobb területről száll fel az összeáramlás levegője, s a visszatérő légáramlatok egyre nagyobb esőket visznek - ugyanoda. Másrészt pedig az is oka, hogy a sivatagok szélein a terület könnyen válik termékenyből félsivataggá, félsivatagból pedig teljes sivataggá. A szél széthordja a homokot és beteríti vele a környék növényeit, amik megfulladnak, elhalnak, s a nyomukban csak homok marad. Az állatok által lelegelt vagy az ember által fölhasznált növények lassabban nőnek újra a sivatagok határain elterülő mostoha vidékeken, mint másutt, így azok még mostohábbak lesznek. Amikor pedig mégiscsak elered egy-egy komoly eső a sivatagban, az hatalmas felhőszakadás szokott lenni, ami a folyókba mossa a talaj egy részét, s vele a növényi magvakat és apró állatokat, amik helyett nem terem másik. A sivatagok minden évben sok-sok négyzetkilométert hódítanak meg világszerte.

Egy nap szembe kell szállnunk velük. Öntözőrendszereket kell építenünk a sivatagok szélein és növényeket ültetnünk, amelyek megkötik és termékennyé teszik a talajt. Meg kell állítanunk a sivatagok terjeszkedését, mielőtt az egész trópuszt föleszik.

Aztán, ha már megállítottuk, elindulhatunk előre és visszahódíthatjuk ezeket a területeket a sokszínű élet számára. Az ember soha nem uralta ezeket a tájakat, mert már akkor sivatagok voltak, amikor még nem élt ember a Földön. De az élet igen. A sivatagok fiatal képződmények, néhány tízmillió éve még termékeny föld volt a helyükön. Máshol voltak a kontinensek, máshol haladtak a szelek, másfelé húzódtak a sivatagok. Néhány tízmillió év múlva megint máshová kerülnek, akármit is teszünk vagy nem teszünk mi most; de nekünk, azt hiszem, már előbb szükségünk lenne ezekre a földekre.

.oOo.