

SCHEURING ISTVÁN

# Az emberi együttműködés evolúciós háttere

*Oly korban éltem én a földön,  
mikor az ember egy fotelben ülve  
rágcsált, sörözött, lazított, butult,  
s mint akit magába új vízözön nyel,  
bámulta saját vesztét mély közönnyel.  
Orbán Ottó: Töredék (részlet)*

**A**utóval utazva bizonyára legtöb-  
bünkkel megesett már, hogy bal-  
eset vagy útépités miatt hosszú  
időre dugóba keveredtünk. Ilyenkor ma-  
gunk előtt látjuk az autók végeláthatatlanul  
kigyózó sorát, araszolgatunk, és fogal-  
munk sincs arról, mennyi ideig tart majd  
gyötrődésünk. Az autósok többsége, bár  
igen nehezen viseli ezt a megpróbáltatást,  
együtt halad a sorral, nem szabálytalankod-  
dik. Előbb-utóbb azonban néhányan a sort  
balról – vagy autópályán jobbról – előzni  
kezdik, így furakodnak előre.

Mi köze van e mindennapi történetnek  
az emberi együttműködést fenntartó me-  
chanizmusokhoz? Ha kicsit is belegondolunk,  
és felidézünk érzéseinket, kiderül,  
hogy a példa számos tanulsággal szolgál.  
Az egyik az, hogy a dugóban a szabályos  
várakozást egyfajta együttműködésnek te-  
kinthetjük, hiszen betartjuk a szabályokat,  
s így mindannyian közel azonos ideig vá-  
rakozunk. Akik furakodnak, önző módon  
viselkednek, maguknak sokszor jelentős  
előnyt szereznek, nekünk viszont csekély  
hátrányt okoznak. Ha előnnyel jár az önző  
viselkedés, akkor miért nem választja ezt  
a megoldást az autósok többsége? Nyilván  
azért, mert visszatartja őket a büntetéstől  
való félelem, hiszen könnyen megeshet,  
hogy a sor végén ott áll egy rendőr „áldo-  
zataira” várva. De nemcsak ez tartja vissza  
legtöbbször az önzéstől, hanem az is,  
hogy pontosan tudjuk, az önző furakodókat  
a többiek igencsak utálják. Elevenít-  
sük csak fel emlékeinket, hogy milyen  
elemi dühöt érzünk ilyen autóstársaink  
iránt, pedig olyan nagy kárt nem okoznak  
nekünk. Miért ez az erős negatív érzélem?  
Nyilván az emberi faj közel százezer éves  
történetének csak az utóbbi néhány száz  
évében beszélhetünk „rendfenntartó szer-  
vekről”, míg az emberi együttműködés, a  
kölsönös segítség valószerűleg egyidős  
az emberiséggel. A társas vadászat, a meg-  
szerzett javak szétosztása, továbbá a bajba

jutottak, betegek segítése valamennyi ter-  
mészeti népre jellemző, az állatvilágban  
azonban az együttműködés, az önzetlen-  
ség elsősorban a közel rokon egyedek kö-  
zött alakul ki, míg az embernél ez a visel-  
kedés sokkal szélesebb körű. Az ember, –  
a közhiedelemmel ellentétben – rendkívül  
önzetlen, együttműködő lény.

Izgalmas kérdés tehát, hogy milyen  
evolúciós háttere lehet az emberi együtt-  
működésnek? Milyen mechanizmusok  
tartják fenn e viselkedést, és miért csak az  
emberre jellemző ez a nagyfokú önzetlen-  
ség? A írásomban ezekre a kérdésekre ke-  
resem a választ.

## Az együttműködés csapdája: a „közlegelők dilemmája”

Az emberi együttműködés fenntartásának  
jellegzetes problémáját ragadja meg  
*Garret Hardin* úgynevezett „közlegelők  
dilemmája” modellje (Hardin, 1963). A  
modellhez a következő történetet társíthat-  
juk. A falu legelőjén minden gazda szaba-  
don legeltethet. Az egyszerűség kedvéért  
legyen a faluban 100 gazda, s mindnek le-  
gyen 1 tehene. A legelő 100 tehenet éppen  
eltart, így minden gazda naponta 20 liter  
tejet tud lefejni. Vagyis a legelő (a tehenek  
közvetítésével) naponta 100·20=2000 li-  
ter tejet szolgáltat. Önző Ödön gazdának  
egy téli estén nagyszerű ötlete támad: vesz  
még egy tehenet, s azt is kicsapja a legelő-  
re. Így a 2000 liter tej már 101 tehen kö-  
zött fog megoszlan, tehát egy tehen na-  
ponta 19,8 liter tejet fog adni. Nem nagy  
vesztés az önzésért, ezzel szemben  
Ödön gazdának ennek kétszerese, 39,6 li-  
ter tej fog jutni! Nosza, látják ezt a töb-  
biek is, és ők is kihajtanak még egy tehe-  
net a legelőre. A 2000 liter tejet 200 tehen  
adja, azaz tehenenként 10 liter tej, s gaz-  
dánként 20 liter a hozam, ahogy a történet  
kezdetén is volt. Nem jó ez így, gondolja  
Önző Ödön, s kihajt a legelőre egy harma-  
dik tehenet is. Tehát már 201 tehen lesz a  
legelőn, s ezért egy tehen csupán 9,95 liter  
tejet fog adni. Ödönnek már 3 tehene van,  
így 29,85 liter tejet fejhet naponta, a töb-  
biek viszont csak 19,9 litert. Na, a többiek  
sem hagyják ezt annyiban, ezután ők is

3 tehenet hajtanak ki a legelőre, s ez így  
megy (menne) mindaddig, míg a tehenek  
éhen nem halnak, s tönkre nem teszik tel-  
jesen a legelőt.

A cikk elején leírt autós példa igencsak  
hasonlít a „közlegelők dilemmája” hely-  
zetre. Aki elkezd előzgetni, nyomakodni,  
mindenképpen jobban jár, mint a türelme-  
sek, bár a türelmetlen, önző vezetők szá-  
mának növekedésével azok előnye is  
csökken. Ha mindenki tolakodik, akkor  
sokkal lassabban lehet túljutni az útszűkü-  
leten, mintha mindenki türelmesen várna a  
sorára.

Hasonló módon a klímaváltozás meg-  
akadályozásáért tett lépések (pl. a CO<sub>2</sub>-  
kibocsátás mérséklése) is tipikusan „köz-  
legelők dilemmája” problémának felel  
meg, ahogyan a tengerek túlhalászásának  
kérdése is. Ezekben a helyzetekben általá-  
ban igaz az, hogy a felek együttműködő  
viselkedése minden érintett számára (töb-  
bé-kevésbé) egyenlően szétosztható hasz-  
not hoz, s ezért egy kevésbé együttműkö-  
dő egyed (vagy ország) előnyhöz jut a töb-  
biekhez képest. Hogyan akadályozzuk  
meg, hogy az önző viselkedés felülkerek-  
edjék?

Az utóbbi években számos izgalmas kí-  
sérletben vizsgálták az emberi együttmü-  
ködést fenntartó mechanizmusokat, hogy  
segítségükkel feltárják e viselkedés evolú-  
ciós hátterét. A következő fejezetekben e  
kísérletekből emeltünk ki néhányat.

## I. A „közlegelők dilemmája” játék, és a potyázók büntetése

A vizsgálatban önként jelentkező (általá-  
ban egyetemistákból álló) kísérleti szemé-  
lyeket csoportokra osztják. A játék kezde-  
tén mindenki azonos mennyiségű pénz-  
egységet (PE) kap a kísérlet vezetőjétől.  
(Természetesen minden kísérletben az  
adott ország nemzeti valutájában játsszák  
a játékot.) A kapott pénzből a csoport bár-  
melyik tagja tetszőleges mennyiségű  
pénzt fektethet be egy közös alapba, illet-  
ve tarthat meg magának. A közös befekte-  
tés valamilyen hasznot hoz, melyet egyen-  
lően osztanak szét a résztvevők között. A  
szabályokat a kísérlet elején minden eset-

ben ismertetik a játékosokkal. Legyen például négy személy egy csoportban, és mindenki kapjon 20 PE-t kezdetben. Tegyük fel, hogy minden befektetett pénzegység 0,4 pénzegység hasznot hoz mindenkinek. Tehát, ha mindenki befekteti a pénzét, akkor a nyereség  $80 \cdot 0,4 = 32$  PE lesz. Tehát a felek jobban járnak, mintha mind megtartanák a 20 PE-t. Azonban, ha csak hárman fektetnek be, akkor egyaránt  $60 \cdot 0,4 = 24$  PE-hez jutnak, míg a potyázó negyedik tag, mely egyetlen fillért sem fektet be  $20 + 24 = 44$  PE nyereségre tesz szert. Megéri tehát önző módon potyázni! És ha minden résztvevő ésszerűen a saját nyereségét szeretné maximalizálni, akkor potyázni fog. Így senki sem fog a közösbe tenni, s nyereségük csupán 20 PE lesz, szemben a 32 PE-el, amit együttműködve el tudtak volna érni. A kísérletben tehát pénz lehet nyerni, esetenként nem is keveset. A kísérleti személyek általában nem tudják, hogy kivel kerültek egy csoportba, mert nem látják egymást és csak sorszám vagy álnév alapján azonosíthatók. A többiek befektetési hajlandóságát sem ismerik, egymástól függetlenül döntenek. Ezt követően azonban már tudják, hogy a többiek mekkora befektetést vállaltak, és ki ki milyen nyereséget könyvelhet el.

Számos vizsgálat alapján megállapítható, hogy – ebben a kísérleti beállításban – kezdetben viszonylag nagy összeget fektetnek be a játékosok, ám ha többször is játszanak (akár úgy, hogy a csoport tagjai nem változnak, akár úgy, hogy minden körben új játékosokkal kerülnek egy csoportba), a befektetési hajlandóság folyamatosan csökken. Mivel potyázni minden esetben érdemes, 8–10 kör után már gya-

korlatilag senki sem fog befektetni. Az együttműködés megszűnik.

A kísérleti beállítás módosításának egyik lehetősége, hogy a befektetések és a nyereségek ismerete után az egy csoportban játszó egyedek megbüntessék egymást. Például úgy, hogy minden egyes büntetésül felajánlott pénzegység három pénzegység levonását jelenti a büntetett társ számára. Mivel a büntetést vállalni költséges, azok, akik nem büntetnek, jobban járnak, mint a büntetők. Egy újabb, hasonló dilemmába ütközünk. Megakadályozható-e így a potyázók elterjedése, hiszen – vélhetnénk jogosan – senki sem fogja vállalni a büntetést? A kísérletek tanulsága alapján azonban nem ez történik. A potyázókat bizony határozottan megbüntetik az együttműködők, s minél arcátlanabban próbálja valaki a többieket kihasználni, annál szigorúbb büntetésben részesítik a többiek. A büntetés eredménye természetesen az, hogy a potyázók – a korábbiakkal ellentétben – kevés pénzhez fognak jutni. Ezt fölismerve igen gyorsan elkezdnek együttműködni, s úgy 10 kör után már a játékosok számára kiosztott összeg csaknem 100%-át a közösben helyezik el. Mivel a résztvevők együttműködnek, büntetésre ettől kezdve alig-alig van szükség.

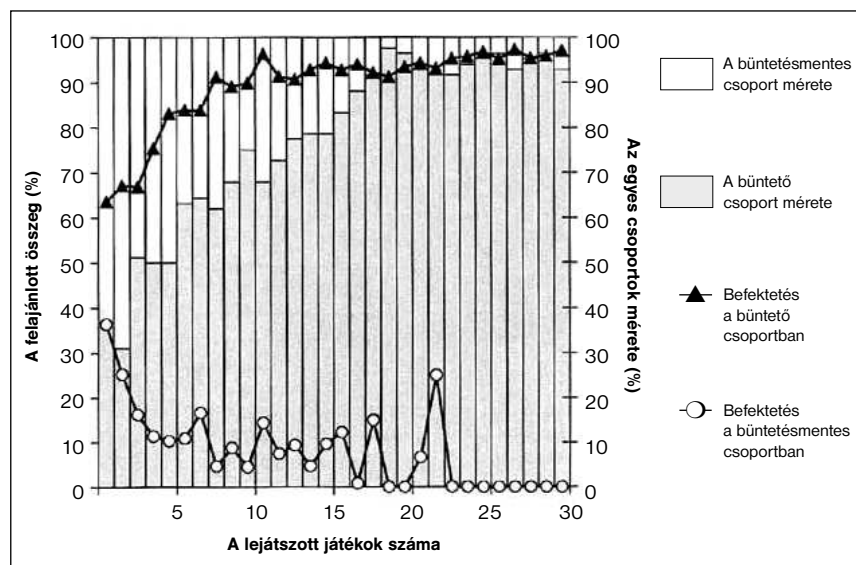
E két kísérlet alapján fontos észrevételeket tehetünk. Az első az, hogy *a játékban résztvevők kezdetben viszonylag nagy, 40–60%-os befektetést vállaltak, annak ellenére, hogy pontosan megértették a játékban rejlő csapdahelyzetet. Ennek alapján gyanítható, hogy az emberben van valamilyen hajlam vagy késztetés az együttműködésre.* A második kísérlet

eredménye talán még meglepőbb, *a résztvevők (illetve egy részük) vállalják a büntetés költségét, pedig ahogy kezdetben együttműködésre kísérletet tenni kockázatos lépés, úgy a potyázók büntetése sem optimális viselkedés. Ez a büntető viselkedésmintázat is valahogy része az emberi természetnek.*

Özgür Güreker és munkatársai (Güreker és mtsai, 2006) a közelmúltban az imént bemutatott kísérleti elrendezések szellemében kombinációjában tanulmányozták az emberek viselkedését. Adott volt a „közlegelő dilemmája” játék a korábban ismertetett szabályokkal, de itt különböző csoportok közül lehetett választani. Az egyik csoportban lehetőség volt a potyázók büntetésére és együttal az együttműködők jutalmazására is. A másik csoportban erre nem volt lehetőség. A jutalmazás a büntetéstől kicsit eltérően működött: a jutalmazó 1 PE felajánlása 1 PE nyereséget jelentett a jutalmazottnak. Erre azért volt szükség, hogy kölcsönös jutalmazással ne lehessen további nyereséghez jutni. A kísérlet kezdetén a résztvevők szabadon választhatták meg, hogy melyik csoporthoz csatlakoznak. Majd minden lejátszott kör után lehetőségük volt arra, hogy újra csoportot válasszanak. Kezdetben több mint 60%-uk választotta a „nem büntető-jutalmazó” csoportot (1. ábra). Ahogyan az várható volt, kezdetben a potyázók nagy nyereségre tettek szert a „nem büntető” csoportban, de nyereségük igen gyorsan csökkent, mivel egyre többen alkalmazták ezt a stratégiát. A „büntető-jutalmazó” csoportban az átlagos nyereség nagyobb volt, mint a büntetésmentesben. Mivel a játékosok minden kör után látták saját és a többiek nyereségét, elég gyorsan felismerték, hogy érdemesebb a „büntető-jutalmazó” csoportban játszani, s kezdtek átvándorolni oda. A 15-ik kör után már csak 30%-uk maradt a „nem büntető” csoportban, s a 30. kör után arányuk 10% alá csökkent (1. ábra). Eközben a „büntető-jutalmazó” csoportban a játékosok a rendelkezésre álló összeg csaknem 100%-át befektették, míg a nem büntető csoportban maradtak alig, vagy egyáltalán nem fektettek be (1. ábra).

A kutatók azt is észrevették, hogy átlépvé a büntető-jutalmazó csoportba, a játékosok több mint 80%-a azonnal növelte a befektetését. Sőt azt is igen gyakran tapasztalták, hogy a büntetésmentes környezetben maximálisan potyázásra törekvő játékos (azaz aki 0 PE-t helyez el a közösben), átlépvé a büntető-jutalmazó csoportba, azonnal a maximális 20 PE-t ajánlottak fel! A büntető-jutalmazó csoportba átlépők nemcsak az együttműködési hajlandóságukat növelték meg azonnal, hanem jó részük a potyázók büntetését is felvállalta! Érdekes, hogy a kísérletben a jutalmazásnak az együttműködés fenntartása-

1. ábra. A büntető és nem büntető csoportokban a befektetés mértéknek változása a lejátszott játékok számának függvényében. Az ábrán az egyes csoportok méretének változása is látható az idő folyamán (Güreker és munkatársai nyomán)



ban elhanyagolható szerepe volt a büntetéshez képest.

A kísérlet megerősíti azt az általános érzésünket, hogy az ember igen hatékonyan és gyorsan alkalmazkodik azokhoz a (társadalmi) szabályokhoz, amelyet a többség követ, ahol pedig nincs büntetés, ott megpróbálja kihasználni a többieket, ahol viszont van, ott azonnal együttműködőbbé válik, és bünteti a potyázókat.

Ernst Fehr és Simon Gächter (Fehr és Gächter, 2002) azt a kérdést kívánták megvizsgálni, hogy a kísérleti személyek hajlandóak-e büntetni akkor is, ha ez számukra később sem hoz semmilyen közvetlen nyereséget. A kísérleti személyek négy csoportokban játszották a „közlegetők dilemmája” játékot, de minden kör után új csoportok alakultak, és ugyanazzal a játékkal senki sem találkozott kétszer. A játékosok a befektetést követően látták a csoport többi tagjának befektetését és nyereségét is. Ezután lehetőség volt arra, hogy büntessék játékos társaikat. A játékosok pontosan tudták, hogy a játék során az általuk büntetett játékosal többé nem fognak együtt játszani, mégis büntettek. A büntetés hatására a potyázók „megszepentek”, és növelték befektetésüket, így az együttműködés tartósan igen magas szinten maradt (2. ábra). A szerzők e büntetési viselkedést önzetlen büntetésnek nevezték el, hiszen ez a büntetők számára költséges cselekedet, és hatására egy potyázó megregulázásával mások jutnak előnyhöz. Nem csak arra vagyunk hajlamosak, hogy a költségeket vállalva büntessük a csoport potyázóit, hiszen megteesszük ezt akkor is, ha a potyázó már többé nem okozhat nekünk veszteséget – érvel Fehr és Gächter.

A vizsgálatokat követően a kísérletben résztvevő személyekkel tesztet tölthettek ki, hogy kiderítsék, milyen érzéseket vált

ki a potyázó játékos az együttműködőkben. Egyértelműen kiderült, hogy a potyázók heves negatív érzéseket indítanak el az együttműködőkben. Ez az a harag, ami működésbe lépteti a büntetést! A kísérlet értelmezése heves vitát váltott ki szakmai körökben. Sokan érveltek úgy, hogy a kísérleti beállítás természetellenes, mivel az ember evolúciós története során viszonylag stabil csoportokban élt, ahol a büntetett társ viselkedése később nyereséget hozhat a büntetőnek. Eppen ezért az önzők felé irányuló negatív érzelme természetesen helyzetben a közvetlen büntetés kiváltására alakult ki.

Az a gyanúm, hogy a kritikusoknak igazuk van, mindenesetre a kísérlet igen fontos tanulsága, hogy a negatív érzelem a normaszegő önzőkkel szemben automatikusan működésbe lép, s a harag büntetésre készítet még akkor is, ha ez a viselkedés nem racionális az adott kísérleti helyzetben!

## II. „Ultimátum” játék, hírnév és önzetlenség

Van a „közlegetők dilemmája” játéknál egy lényegesen egyszerűbb játék, ahol az ember önzetlen viselkedése könnyen tetten érhető. Ez a játék az „ultimátum” játék. A játékvezető egy előre meghatározott összeget, mondjuk 100 PE-t ajánl fel az 1. játékosnak. Az 1. játékos saját belátása szerint eldönti, hogy a 100 PE-ből mennyit szán a 2. játékosnak, és mennyit tart meg magának. A 2. játékos két dolgot tehet: vagy elfogadja a felajánlott összeget, vagy elutasítja a felajánlást, ez utóbbi esetben azonban senki sem kap PE-t. Gondolja végig a kedves olvasó, hogy mi az optimális, legnagyobb hasznot hozó stra-

tégia, ha az 1. játékos szerepében vagyunk? Természetesen az, ha a 2. játékosnak az elképzelhető legkisebb részt, mondjuk 1 PE-t ajánlunk fel, s magunknak tartjuk meg a 99 PE-t. A 2. játékosnak viszont bármilyen kicsi összeget érdemes elfogadnia, hiszen az elutasítással nem jut egy garasnyi nyereséghez sem. Vajon így viselkedünk-e kísérleti helyzetben is? Egyáltalán nem! E kísérletet nagyon sokszor, egymástól igen távoli kultúrákban is elvégezték, és bár vannak némi kulturális különbségek, a következő általános eredményre jutottak. Az 1. játékos legtöbbször az összeg több mint 30%-át felajánlja a 2. játékosnak, de egyáltalán nem ritka az összeg 50–50%-os felosztása sem. Ugyanakkor a 2. játékos elutasítja 20–25%-nál kisebb felajánlásokat. Nem fogadja el a nagyon önző viselkedést, bár ezzel magának is kárt okoz.

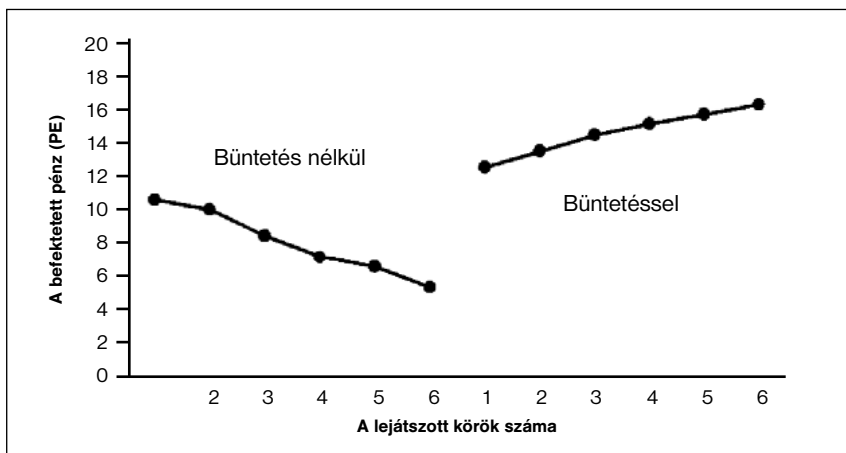
Ismét azt tapasztaljuk tehát, hogy az emberben általános belső késztetés van az önzetlenségre (1. játékos viselkedése), ezzel együtt elutasítjuk, büntetjük azokat, akikben ez a késztetés nem működik kellőképpen (2. játékos viselkedése).

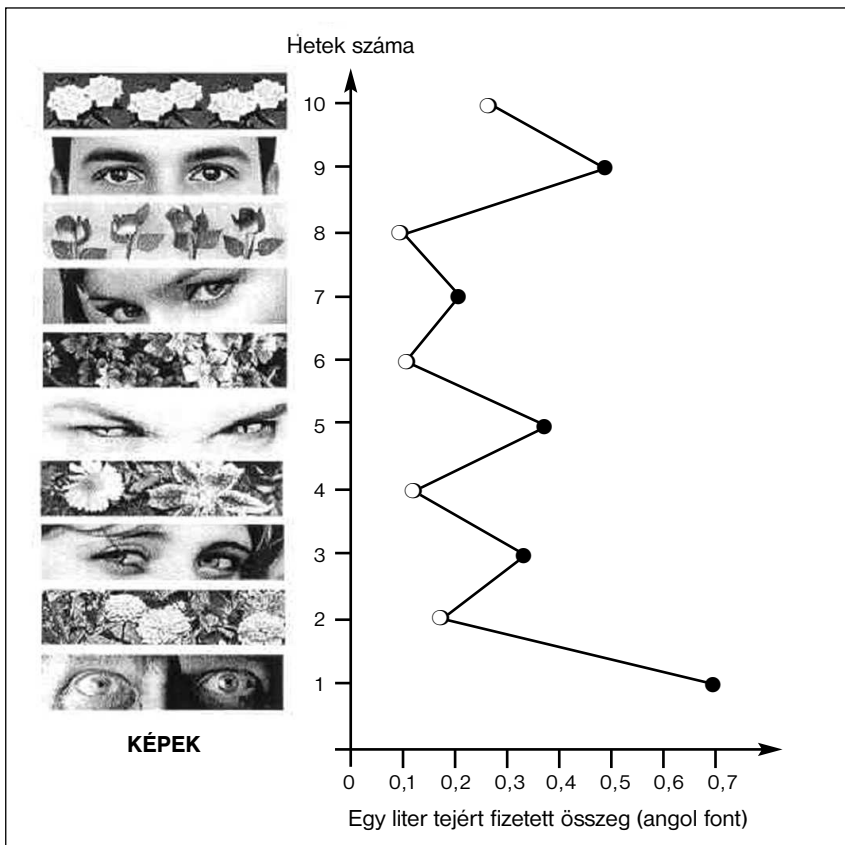
Továbbra sem világos azonban, hogy milyen evolúciós folyamatok alakították ki ezt a viselkedésmintázatot. Az a gyanú, hogy az „ultimátum” játékban megfigyelt önzetlen viselkedés oka az, hogy az evolúció során az ember egy a kísérlettől eltérő helyzethez alkalmazkodott; az ember természetes életkörülményei között az önzetlen viselkedés az optimális, a kísérletben azonban e viselkedés nehezen érthető. A következőkben megmagyarázom, miért is gondolom így.

Szinte mindenki álmodozott már arról, hogy ötös találatra van a lottón. Meggyőződésem, hogy képzeletében el is ajándékozta a nyert összeg elég jelentős részét. A nagyobb részt általában a gyerekeinek, rokonoknak szánja, de „jut belőle” a barátoknak, ismerősöknek és egyes karitatív szervezeteknek is. Mikor képzelegve így teszünk, jó érzés támad bennünk, érezzük, hogy rokonszenves lenne mások számára, amit tennénk. Ugye úgy érezzük, hogy nőne ezzel a megbecsülésünk, hírnevünk? Valószínűleg az „ultimátum” játék önzetlen 1. játékos a öntudatlanul is erre a hírnévnövekedésre számít. Ezt a feltevést erősíti meg a következő néhány kísérlet is.

Az „ultimátum” játék egy változatában, melyet „diktátor” játéknak nevezünk, az 1. játékosnak a számítógépen keresztül kellett felajánlásokat tennie a 2. játékosnak, azonban a 2. játékosnak ebben az esetben nem volt lehetősége a felajánlás visszautasítására. A 2. játékos valójában nem is létezett, a kutatók csupán a felajánló viselkedését akarták tanulmányozni. Az egyik beállításban ugyanis egyszínű háttér volt a képernyőn, a másik beállításban pedig egy emberi szempár volt látható. Annak elle-

2. ábra. A büntetésmentes és a (önzetlenül) büntető csoportokban az átlagosan felajánlott összegek a kísérlet során alkalmazott pénzegységben. A büntetésmentes csoportban 6 játék után gyakorlatilag megszűnik az együttműködés, a büntetés azonban fenntartja azt (Fehr és Gächter nyomán)





3. ábra. A becsületkasszával működő ital-automatában átlagosan egy liter tejeért fizetett összeg angol fontban a különböző kísérleti helyzetekben. Látható, hogy ha az automatára szemeket ragasztottak, a befizetett összeg lényegesen nagyobb volt, mint a virágokkal díszített automaták esetén (Bateson és munkatársai nyomán)

nére, hogy a kísérleti alanyok pontosan tudták, nem valódi szempár nézi őket, mégis lényegesen adakozóbbak voltak, ha a monitoron valaki „figyelte” őket. Hasonló eredményre vezettek azok a kísérletek is, ahol egy becsületkasszás ital-automatára helyeztek ki szemeket, illetve virágokat (3. ábra). A befolyt összeg közel háromszor nagyobb volt a szempárral ellátott automatáknál (Bateson és munkatársai, 2006)! A szempár jelenléte kiváltja a „valaki-néz” érzést, ez eredményezi a szabálykövető, adakozó viselkedést.

Az tehát a feltevés, hogy egy valódi emberi közösségben az önzetlen (vagy önző) viselkedést a többiek figyelik és számon tartják. Az önzetlen (önző) viselkedés később előnyös (hátrányos) lehet, ha az általunk mutatott önzetlenség felénk irányuló önzetlen segítségét vált ki a többiekből. A nagyobb elismertségnek örvendő önzetlen embereket a társaik hajlamosabbak segíteni, mint a kevésbé önzetlenekeket. A felvetést a múlt század 90-es éveinek végén a matematikai modellek megerősítették. Kísérletileg *Claus Wedekind* és *Manfred Milinski* igazolta először az ezredfordulón (Wedekind, Milinski, 2000).

Az önként jelentkező egyetemisták 10 fős csoportokban játszottak. Ebben az úgynevezett „közvetett kölcsönösségi” játékban a játékvezető véletlenszerűen kiválaszt egy játékost, aki támogató szerepkörben lesz. A játékvezető egy másik játékost is kiválaszt, akit a támogató támogathat, ha akar. A játék kezdetén mindenki 7 PE induló tőkét kapott. A támogató 1 PE-t ajánlhatott fel a támogatottnak, mely a támogatottnak 4 PE nyereséget jelentett, s nyilván 1 PE költséget jelentett a támogatónak. Azonban a támogató megtagadhatta a támogatást. A játékosokat személy szerint beazonosítani nem lehetett, azt viszont mindenki tudta, hogy a sorszámmal jelölt társak korábban mikor és kivel szemben voltak adakozók. A játék során mindenki többször került támogató és támogatott szerepkörbe, de az soha nem fordult elő, hogy egy támogató-támogatott pár később fordított szerepkörben újra találkozzon. A kísérletből egyértelműen kimutatható volt, hogy az adakozó önzetlen egyedeket sokkal szívesebben támogatták a többiek, mint az önzőket. Az adakozó viselkedés hosszú távon előnyös, hiszen a befektetett támogatást mások önzetlenül jutalmazták.

*A „te segítettél másokon, én ezért most segíteni foglak téged” elv fenntartja ezt a közvetett önzetlen viselkedést.*

### Az erős kölcsönösség hipotézise

Foglaljuk össze, hogy a kísérletek milyen általános viselkedési szabállyal (szociális normával) magyarázhatók, és próbáljuk kideríteni, hogy az evolúció során hogyan tudott ez a szabály elterjedni. Megállapíthatjuk, hogy (1) az emberek többsége új helyzetben először együttműködést kezdeményez, még akkor is, ha az önző viselkedés lenne az optimális viselkedés. (2) Az emberek többsége saját költségén bünteti azokat, akik nem eléggé együttműködőek. (3) Az emberek ügyelnek arra, hogy önzetlennek mutakozzanak, hiszen az önzetlenekeket mások önzetlenséggel jutalmazhatják, az önzőket viszont nem segítik. Ennek alapján fogalmazta meg *Herbert Gintis* (Gintis, 2000) az erős kölcsönösség hipotézisét: *erős kölcsönösség viselkedés-mintázatát követi az az egyed, akiben hajlam van az együttműködésre, és bünteti azokat, akik az együttműködési hajlam normáját nem követik, még akkor is, ha ezzel a büntetéssel egy soha meg nem térülő költséget vállalnak.*

Valóban, a Gintis által javasolt viselkedés összhangban van a kísérleti eredményekkel, azonban látszólag ellentmondásban van a darwini elvvel. A természetes szelekció következménye, hogy azok a viselkedés-mintázatok rögzülnek, amelyek az adott helyzetben hordozójának a lehető legnagyobb rátermettséget (túlélési esélyt és/vagy szaporodási sikert) biztosítják. Akik nem vállalják a büntetés költségét, nagyobb rátermettségre tesznek szert, mint az erős kölcsönösséget követők, így előbb-utóbb kiszorítják azokat. A nem büntető együttműködőket pedig egyszerűen az önzők fogják kiszorítani, ahogy a „közlegelők dilemmája” játékban láttuk. Akkor valami gond van Gintis hipotézisével?!

Nincs vele semmi baj, csak a vázolt gondolatmenet nem számol azzal, hogy az emberi faj evolúciós története során viszonylag kicsiny, 50–100 fős csoportokba szerveződött populációkból állt. Ezek a csoportok igen intenzíven versengtek egymással, csetepatékat folytattak, elrabolták egymás állatait, asszonyait stb. Ilyen helyzetben az olyan csoportok, amelyek a védekezést és támadást jobban összehangolták, a megszerzett javakat egyenletesebben osztották el, és általában a csoporton belüli konfliktusok mérséklésére törekedtek, előnybe kerültek azokkal a csoportokkal szemben, amelyekben az egyedek önzőbb viselkedést folytattak. A sikertelembb csoportokat legyőzték, vagy felbom-

lottak, eltűntek, esetleg beolvadtak a sikeresebbekbe. A sikeresebbek pedig azok a csoportok voltak, amelyekben a csoporton belüli versengést és egyenlőtlenséget hatékonyabban csökkentő, a kooperációs hajlandóságot növelő szabályrendszer (norma) volt jelen. Az ilyen csoportokban az emberek hajlamosabbak voltak együttműködni a munkában, a harcban, a vadászásban, a gyereknevelésben, segítették a bajba jutott társaikat stb. Különösen hatékony volt minden olyan normarendszer, mely az erős kölcsönösségre buzdította tagjait: legyél együttműködő, és büntesd azt, aki nem követi ezt a szabályt. (Természetesen fel kell tételeznünk, hogy a normarendszerek megjelenését valamilyen kezdetleges, ún. proto nyelv kialakulása előzte meg, hiszen fejlett kommunikációra volt szükség egy normarendszer kialakításához és fenntartásához.)

És valóban, megfigyelhető, hogy az emberek többsége normakövető, vagyis azokat a viselkedési szabályokat követi, amit a környezetében élő, számára referenciát jelentő többség alkalmaz. A normarendszer követése csökkenti a konfliktusokat a többiekkel, továbbá legtöbbször igen hasznos eligazodást is ad a világban. Ezért a normakövetés olyan sikeres stratégia, ami valószínűleg már az emberi evolúció korai szakaszában rögzült.

Az imént elmondottak segítségével egységes képet alakíthatunk ki az erős kölcsönösség evolúciójáról. Az emberi csoportok közötti versengés következtében a természetes szelekció a csoporton belüli versengést csökkentő, és az együttműködést növelő normarendszereket támogatta. Továbbá a csoportos életmód miatt a természetes szelekció a csoporton belüli normakövetést is támogatta. Ezért a sikeres normarendszerek hatékonyan terjedtek, annak ellenére, hogy a csoportok gyakran összeolvadtak, szétváltak, vagyis a versengő emberi csoportok közötti genetikai elkülönülés viszonylag csekély volt. Ez a hajtóerő vezette az erős kölcsönösség megjelenéséhez és tartós fennmaradásához az emberi fajban. Az ilyen, főleg emberi társadalmakban megfigyelhető evolúciós folyamatokat, ahol egy tulajdonság, viselkedésmintázat terjedésének és rögzülésének nem genetikai oka van, *kulturális evolúciónak* nevezzük. Azonban szinte biztos, hogy az emberi fajban rengeteg genetikai változást is okozott a csoportos életmód és a fejlett értelmi képességek következtében működő kulturális evolúció. A sikeres normarendszerek bizonyos viselkedésmintázatokra hajlamosító gének terjedését előnyben részesítették: például az olyan gének terjedtek és rögzültek, amelyek hatására csökkent az agresszió a csoporton belül, a család, önzők figyelése intenzívebbé vált, vagy amely gének hatására erős indulatok lépnek mű-

ködésbe a családokkal, önzőkkel szemben. Ahogy azt a következő fejezetben látni fogjuk, az erős kölcsönösségre való hajlam genetikai hátterét ma már kísérletek is megerősítik.

### Az erős kölcsönösség jutalma

Emlékezzünk csak arra a már bemutatott vizsgálatra, amelyben a kísérleti személyek saját beszámolóik szerint heves negatív érzelmekkel reagáltak a potyázókra.

Néhány éve egy svájci kutatócsoport olyan kísérletsorozatot hajtott végre, ahol a büntetés közben a büntető egyed agyterületeinek aktivitását is mérték (de Quervain és mtsai, 2004). Anélkül, hogy a kísérleti beállítást részletesen elmondanánk, a lényeg az, hogy két játékos (A és B) egymást nem látva és nem ismerve játszották a következő játékot. Kezdetben mindkettőn kaptak 10 PE-t. Először A játékos léphet akcióba. Ha megbízik B-ben, akkor átadja neki a 10 PE-t, amit a játékvezető megnégyszerez. Így B játékosnál  $10 + 40 = 50$  PE lesz. Ezek után B dönthet, hogy a felét visszaadja-e A-nak (együttműködő), vagy megtartja magának az egészet (önző). Ha A nem bízik meg B-ben, akkor megtartja a 10 PE-t magának, és ugyanezt a nyereséget kapja B is. Az A szerepben lévő játékosok döntő többsége (14-en 15-ből) átadta B-nek a 10 PE-t, tehát megbízott B-ben. A B szerepben lévők azonban nem voltak minden esetben együttműködők, úgy hét esetből négyszer megtartották maguknak az 50 PE-t. A-nak, akinek az agytevékenységét B döntését követően pozitron emissziós tomográfiával vizsgálták, lehetősége volt az önző B-t büntetni.

A kísérletben többféle büntetési módot is kipróbáltak: volt olyan beállítás, hogy a büntetés költséges volt A számára, más esetekben a büntetés költségmentes volt, és volt olyan kísérleti elrendezés is, ahol a büntetés csak szimbolikus volt; A csak azt tudta jelezni, hogy mennyire büntetné B-t, ha tehetné. Kimutatták, hogy valódi büntetés esetén a büntető egy jól körülhatárolt agyterülete, a striatum előlő része aktíválódott. A neurobiológusok tapasztalatai szerint ez az agyi terület akkor lép működésbe, ha olyan döntést hozunk, vagy olyan cselekvést hajtunk végre, amelynek eredményeként jutalmat várunk, vagyis a striatum egyfajta „jutalomközpont”. Megkockáztathatjuk tehát az állítást: a normaszegő önző egyedek büntetésének van genetikai alapja is, ezt a cselekvéssorozat az agyi jutalmazó rendszer működteti. Édes a bosszú, mondja a magyar, s e mögött a kifejezés mögött ott lapul az agyi jutalmazó rendszer, mely megerősíti a büntetést.

### Összegzés helyett: hírnév és a környezetvédelem

*„Az emberi tevékenység érezhetően megváltoztatta a klímát. Az évszázad folyamán még jelentősebb változások várhatóak. A CO<sub>2</sub> és más üvegházhatást okozó gázok kibocsátása tovább fogják gyorsítani a globális felmelegedés ütemét.... Az emberi tevékenységből származó CO<sub>2</sub>-kibocsátás hatására például meg fog emelkedni az óceánok szintje, mely változashoz az emberiségnek alkalmazkodni kell. Más következmények azonban valószínűleg megakadályozhatóak a CO<sub>2</sub>-kibocsátás csökkentésével. A klíma védelméhez hozzátartozik, hogy rendszeresen méréseket végezzünk.”*

Jochem Marutzke  
Max Plank Meteorológiai Intézet, Hamburg

Ezzel a szöveggel jelent meg fizetett hirdetés a *Hamburger Abendblatt* 2006. március 9-i számában. Igen komoly problémáról van szó, maga az intézet igazgatója írta alá a hirdetést. De hogyan kerül most e kérdés ide? – kérdezheti joggal az olvasó. Nem teljesen szokványos hirdetésről van szó, mivel a hirdetés költségét egy „klíma” játékkal fedezték (Milinski és mtsai, 2006).

Ahogy erre korábban már utaltunk, a klímaváltozás megakadályozása tipikus „közlegelő dilemma” játék. A résztvevők közös befektetéséből származó haszon (ami például a CO<sub>2</sub>-kibocsátás csökkenése) egyenletesen oszlik el minden résztvevő között, tehát az önző jár a legjobban. Ezért is olyan nehéz nemzetközi környezetvédelmi megállapodásokat kötni.

Kiemelkedően fontos kérdés tehát, hogy a klímaváltozás megakadályozása érdekében hogyan lehet növelni az emberek közötti együttműködési hajlandóságot. Az imént említett német kutatócsoport nagyon érdekes ötlettel állt elő. A kísérletben szereplő egyetemistáknak elmondták, hogy egy általuk létrehozott közös alaphoz fogják a fejezet elején bemutatott felhívást közzétenni. Az alapba egy „közlegelő dilemma” játék keretében lehetett befizetni. A játékosokat 6-os csoportokba osztották, és egymástól függetlenül 0, 1 vagy 2 PE-t ajánlhattak fel. A játékosok által felajánlott összeget a játékvezető megkét-szerezte, majd elhelyezte az alapban. Tehát a játékosoknak közvetlen nyereségük ebben a játékban nem volt. Azonban egy ilyen „klíma” játékot megelőzőt egy „közvetett kölcsönösségi” játék. Minden játékos lehetőséget kapott egyszer arra, hogy valakit támogasson. A felajánlható 1,5 PE támogatás 3 PE nyereséget jelentett a támogatottnak, de támogatni a társat nyilván nem volt kötelező. Természetesen volt egy olyan kör, amelyben minden játékos potenciális támogatót is volt. A játékosok tudták, hogy közvetlen kölcsönös-

ség nem léphet fel, ugyanaz a két játékos nem kerülhet egy körben egymással kapcsolatba fordított szerepkörben. Azt is tudták, hogy ki mennyire volt adakozó egy ilyen „közvetlen kölcsönösségi” játékban, az előző körökben. Ezt azután egy „klíma” játék követte, majd egy „közvetett kölcsönösségi” játék, felváltva 10 alkalommal. Az egyik kísérletsorozatban a játékosok a „közvetett kölcsönösségi” játékot megelőzően azt is tudták, hogy a többiek a „klíma” játékban milyen összegeket ajánlottak fel (mindenki álnéven szerepelt, hogy ne lehessen felismerni senkit), majd ezután döntöttek a támogatások mértékéről. A másik beállításban erről nem volt információjuk. A kísérletből egyértelműen bebizonyosodott, hogy a játékosok átlagosan több mint kétszer annyi pénzt voltak hajlandók a klímaváltozást megakadályozó pénzalapba befektetni, ha döntésük nyilvános volt. A pénzalapba fektetés mértéke növeli az elismertséget, növeli annak esélyét, hogy a „közvetett kölcsönösségi” játékban támogatni fogják őket.

A gyakorlatra lefordítva ez azt jelenti, hogy a nyilvánosság igencsak segít abban, hogy a szereplők hajlandóak legyenek a közjóért tenni. Nem lehet hatástalan, ha közzé teszik az újságokban azoknak a vállalatoknak a listáját, amelyek a legnagyobb összegeket fizetik be a környezetvédelmi alapokba, vagy éppen azokat, akik a legnagyobb környezetszennyezők. Nem hatástalan, ha köztudomású, hogy a közszereplők, a helyi és az országos politika meghatározó személyiségei mennyire élnek környezettudatosan (lásd <http://www.origo.hu/itthon/20070514sardagas-ton.html>).

Úgy tűnik, a klímaváltozás megakadályozása a XXI. század egyik legnagyobb „játszmája”; ha önző módon játszunk, nagyon rosszul fogunk járni! Törekedjünk hát az együttműködő megoldásokra!

Közönetnyilvánítás  
A szerző köszöni az OTKA T049692-es számú pályázatának támogatását.

## IRODALOM

- Bateson, M., Nettle, D., Roberts, G. 2006. Cues of being watched enhance cooperation in a real-world setting. *Biology Letters* 2, 412–414.
- Hardin, G. 1968. The tragedy of the commons. *Science* 168, 1243–1248.
- Fehr, E., Gächter S. Altruistic punishment in humans. *Nature* 415, 137–140.
- Gürer, Ö., Irlenbusch, B., Rockenbach, B. 2006. The competitive advantage of sanctioning institutions. *Science* 312, 108–111.
- Gintis, H. 2000. Strong reciprocity and human sociality. *J. of Theor. Biol.* 206, 169–179.
- Milinski, M., Semmann, D., Krambeck, H., Marotzke, J. 2006. Stabilizing the Earth's climate is not losing game: supporting evidence from public goods experiments. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 103, 3994–3998.
- de Quervain, Fischbacher, U., Treyer, V., Schellhammer, M., Schnyder, U., Buck, A., Fehr, E. 2004. The neural basis of altruistic punishment. *Science* 305, 1254–1258.
- Wedekind, C., Milinski, M. 2000. Cooperation through image scoring in humans. *Science* 288, 850–852.

## KERESZTURI ÁKOS

## Folyhat-e víz a Marson?

**N**apjaink egyik legizgalmasabb kérdése, hogy lehet-e jelenleg folyékony víz a Marson, vagy sem. Az idős folyóvízre emlékeztető formák és egyéb tényezők alapján a múltban alkalmanként bőségesen lehetett víz. Ha pedig ma is előfordulna, az élet lehetőségének vizsgálata szempontjából lenne fontos. A nagy érdeklődés ellenére máig nem sikerült választ adni a címben említett kérdésre. Az alábbiakban űrszondás megfigyelések, földi laborkísérletek és elméleti számítások segítségével járjuk körül a kérdést.

## A víz előfordulásának elméleti háttere

A víz jelenleg az alábbiak szerint oszlik meg a bolygón. Elhanyagolható mennyiség van a Mars *légkörében*, amely évszázkos ingadozást is mutat. Az északi pólusapka fagyott vízjege mobilisabb a délinél, a légköri vízgőztartalom ezért az északi nyár idején a legmagasabb, ekkor globális vízborításként kb. 100 mikrométer egyenértéket is elérhet. (Eszerint ha a Mars tökéletes gömb alakkal bírna, ilyen vastag lenne a felszínen a vízréteg, ha a teljes légköri mennyiség egyszerre folyékony formában, egyenletesen csapódna ki.) A bolygó teljes vízkészletének kb. 10 százaléka a két *pólusapka*ban található, északon a felszínen, délen kb. 2 méter vastag széndioxid-jég fedő alatt. A nagyobb északi pólusapkaiban 1,2 millió km<sup>3</sup> vízjég lehet, amely az izlandi jégapka 2/3-a. A két pólusapkaiban együttesen lévő víz globálisan 10 méteres vízborítással egyenértékű.

Mindkét pólusapka körül kb. 80-os szélességig a sima felszínű, por, széndioxid- és vízjég-rétegekből álló *poláris üledékek* találhatóak. Becsült vízjég-tartalmuk globálisan 5–20 méteres vízborítást adna. *A felszín alatti víz* tározója a töredezett kőzetanyag, a regolit lehet, ennek jégtartalmú része a *krioszféra*: víztartalma globális egyenértékben 40–80 méter lehet. Az *ásványokban kémiaiag kötött* víz mennyisége valamivel kisebb lehet 30–50 méteres vízborítás-egyenértéknel. A víz nagy mélységben akár folyékony formában is

előfordulhat, eloszlását a topográfia is befolyásolja. Bár a mai éghajlati viszonyok közt jelentős globális víz-körforgást nem várhatunk, a forgástengely precessziója miatt előálló 10<sup>4</sup>–10<sup>5</sup> éves ciklusú klímaváltozások (Kieffer H. H.–Zent A. P., 1992) változtatják a pólusapokák kiterjedését és a sekély regolit vízjég-tartalmát. Nagy mélységben pedig a gyenge, de még létező magmás folyamatok okozhatnak változást.

## A folyékony víz lehetősége a felszínen

A víz felszíni megjelenéséhez a megfelelő hőmérséklet- és nyomásviszonyok mellett *kellő mennyiségű víz* jelenléte is szükséges egy adott kis térfogatban. Ez utóbbi elérése sem egyszerű: az esetleges megolvadásnak kedvező területeken marad meg ugyanis legnehezebben a vízjég. Tételezzük fel, valahol megfelelő mennyiségű vízjégünk van. Ez akkor olvadhat meg, ha a hőbevitel az olvadáspont környékén meghaladja a hővesztés (Hecht M. H., 2002), és mindez megfelelő hőmérséklettel és nyomással társul, azaz a viszonyok a víz hármaspontja feletti. A megolvadás lehetséges okait *besugárzásos* felszíni megolvadásra és a besugárzással kapcsolatos *szilárd fázisú üvegházhatásra* oszthatjuk, valamint itt említhető még a *sötét por hatása*, amely több sugárzást nyel el, mint a tiszta jég.

A szükséges felszíni hőmérséklet főleg az egyenlítőtől délre, közepes és alacsony szélességeken, nyáron fordul elő. Itt azonban magas területek jellemzőek, ahol a légnyomás a hármaspont alatti. A szükséges nyomás főleg az északi féltekén, emellett délen a Hellas-, és Argyre-medencében fordul elő. A mai pályaelemeknél azonban az északi nyár naptávolban következik be, ezért ott nem ideálisak a viszonyok a megolvadáshoz még nyáron sem. A szükséges hőmérséklet és nyomás akkor jelenne meg itt több helyen, ha az apszisvonal kb. 180 fokkal elfordulna. Erre néhány tízezer évente kerülhet sor.

A melegebb vidékeken a víz könnyebben szublimál, mint ahogy megolvad, ami 0 fok alatt is sor kerül. Ezért a hosszú