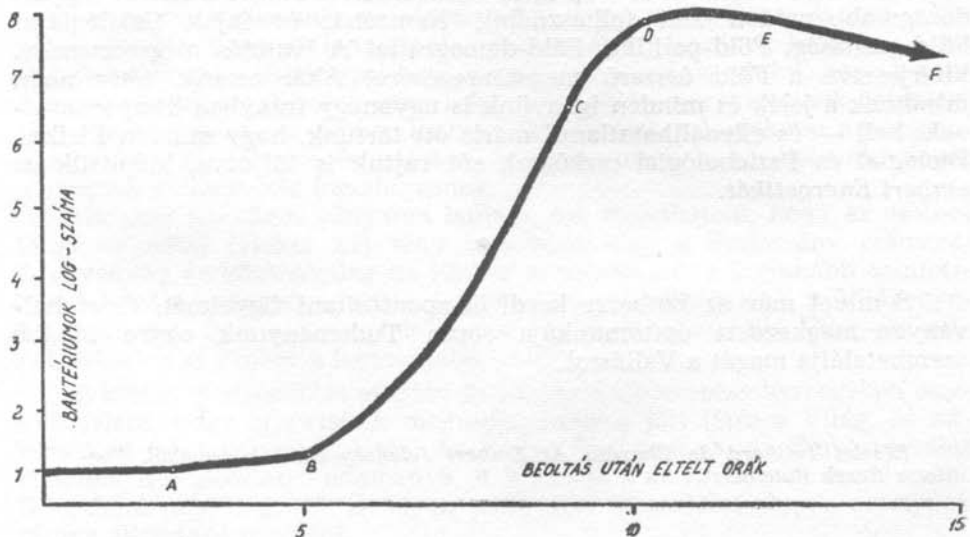


Párhuzamok és keresztutak

Az ember és környezete között a fejlődés évmilliói során szerteágazó és a legváratlanabb pontokon összefonódó kapcsolatok jöttek létre. Az emberrelválás hajnalán, sőt a fejlődés során egészen a történelmi idők küszöbéig az emberi közösségek és a természetes életközösségek fejlődését megszabó törvények egybeestek vagy egymással szoros párhuzamban állottak. A pergő évezredek múlásával azonban az emberi fejlődés egyre határozottabban keresztezi a bioszféra eddigi fejlődési vonalait.

Mennyiben biológiai meghatározottságú, milyen mértékben kapcsolódik általános biológiai törvényszerűségekhez az embert környezetében vizsgáló aggodalom? Két lényeges pontból vonható megfontolkoztató párhuzam: a fajközösségek (populációk) szaporodását és az életközösségek energia- és anyagszükségletét (táplálkozását) meghatározó alapfolyamatokban.

Egy fajközösség szaporodásának zavaró részletektől mentes folyamatát a legegyszerűbb biológiai rendszerekben, a baktériumtenyészetekben mérhető szaporodás-viszonyokkal szemléltethetjük. Ha megfelelő környezetben megjelenik egy táptalajra oltott baktérium, az a szaporodás legegyszerűbb formájával (közvetlen sejtosztódással) nagymértékben elsza-



porodik. Ha egyetlen sejtől indultunk ki, világosan követhető, hogy az osztódás a mértani haladvány szabályai szerint folyik (2—4—8—16—32—64— stb. sejt). Ez azonban nyilván nem lehet vég nélkül emelkedő folyamat a természetben: a gyarapodás menete szakaszokra bontható. Az első szakasz a *lappangó állapot*, az ún. „lag”-periódus (lag angolul: ké-

sés, késedelem). Ez az állapot úgy tekinthető, mint felkészülés a szaporodásra. A szervezet környezethez való alkalmazkodásának aktív szakasza ez: a mikroorganizmus feltehetően ebben a szakaszban állítja át enzimszisztemét a környezet megváltoztatására.

A lappangó fázis után következik a gyors szaporodás szakasza, melyben állandó megkettőződéssel a mértani haladvány törvényei szerint emelkedik az egyedek száma. Ebben a szakaszban (melyet logaritmusos szaporodási szakasznak, „log“-fázisnak hívnak), közvetlen sejtosztódással szaporodó baktériumsejtekről lévén szó, elhalás alig tapasztalható a tenyésztésben.

A logaritmusos szaporodás szakasza nyilván nem tartható fenn vég nélkül. A táptalaj energiaszolgáltató anyagainak kimerülésével, a baktériumok életműködése során keletkező bomlástermékek felhalmozódásával a rendszer fokozatosan új szaporodási szakaszba — a veszteglő szakaszba — lép. Ebben a fázisban a szaporodás mértéke még magas, egyre növekvő azonban az elhaló sejtek száma, úgyhogy a rendszerben az élő mikroorganizmusok mennyisége nem nő tovább.

A táptalaj kimerülése fokozatosan halad előre, a bomlástermékek a környezetben tovább halmozódnak... a szaporodás egyre gyengébb, az elhalt sejtek száma állandóan növekszik. A tenyésztés — jórészt éppen felhalmozott anyagcseretermékeinek mérgező hatása következtében — pusztulni kezd. Ha a pusztulási szakaszt valamilyen megfontolásból laboratóriumi (vagy ipari) körülmények között el akarjuk odázni, és fenn akarjuk tartani a logaritmusos szaporodás szakaszát vagy a veszteglő szakaszt, szűrők beiktatásával kell eltávolítanunk a halmozódó bomlástermékeket, és állandóan friss tápanyagokat kell áramoltatnunk a tenyésztéshez.

A kísérleti adatokat koordináták közé vetítve (1. számú grafikon), a rendszer fejlődését jellegzetes elnyújtott S-alakú vonal ábrázolja, mely a lappangó szakaszban lassan emelkedő egyenessel kezdődik, majd a log-fázisban meredeken felszökik. Ezt követi a veszteglő állapotot jelző többé-kevésbé vízszintes vonal, hogy aztán a pusztulás fázisában a görbe meredeken visszasüllyedjen a zéró szint felé.

A legegyszerűbb önálló szervezetek jellemző szaporodásgörbéinek elemei — a nyilvánvaló különbségek zavaró részletei ellenére — világosan és általánosan felismerhetők (különösen kísérleti feltételek között) a növény- és állatvilág sejt- és fajpopulációinak szaporodásában.

Az utóbbi évtizedben a baktériumtenyésztés görbéjéhez nagyon hasonló grafikon bukkan fel sűrűn a világ szak- és napisajtójában egyaránt. A görbe tagadhatatlan neomalthusianista torzítással (a szaporodásnak a termelés fejlődéséből való kiszakításával) az emberi népesség fejlődését szemlélteti. P. DuVigneaud UNESCO-kiadványának (*Ecosystemes et Biosphère*) adatai alapján úgy tűnik, hogy i.e. 8000-ben a Földet benépesítő, a bioszféra anyagait fogyasztó emberek száma nem haladta meg az 5 milliót. A mezőgazdasági termelési módok fejlődésével ez a szám fokozatosan növekedett, időszámításunk kezdete körül mintegy 200 millióra, a XVII. század derekáig 500 millióra. 1650—1950 között a Föld lakosságának száma megnégyszereződött, és 1970-ig elérte a 3,5 milliárdot. Eszerint a növekedés az utolsó szakaszban volt a legerősebb. A szaporodási görbe bejutott a logaritmusos fázisba. Ha a szaporodás üteme meghaladná az egy és fél százalékot, ez elméletileg azt jelentené, hogy naponta újabb 50 ezer ember

termel, fogyaszt, igényel biológiai energiát és bocsát környezetébe élettani vagy — számának és csoportja civilizációjának megfelelően — ipari bomlástermékeket.

A torzító grafikon további nyomvonalának ily módon előbb vagy utóbb veszteglő szakaszba kellene kerülnie. Ezzel szemben még a tekintélyes *Science* című folyóirat is meghökkentő „számításokba” bonyolódik, s matematikát, biológiát és babonát neveléségen egybekeverő fintorral 2036. november 13-át, pénteket jelöli ki utolsó határidőként, mikorra az emberiség véglegesen telítené a szárazföldek felszínét...

Ismerve a szaporodási folyamatokra jellemző S-görbéket, nyilván más szemmel kell megítélni a helyzetet. Az emberiség ma a görbe felszálló ágának legmeredekebb szakaszában van, abban a szakaszban, melynek előbb vagy utóbb vízszintesen kell tetőznie.

Feltétlenül be kell kereteznünk a felrajzolt grafikonok néhány kulcs-pontját, ahol alapvető elvi különbségek adódnak az élőlények biológiai rendszerében zajló fejlődése—szaporodása és az emberi társadalmi környezetbe ágyazott fejlődése—szaporodása között.

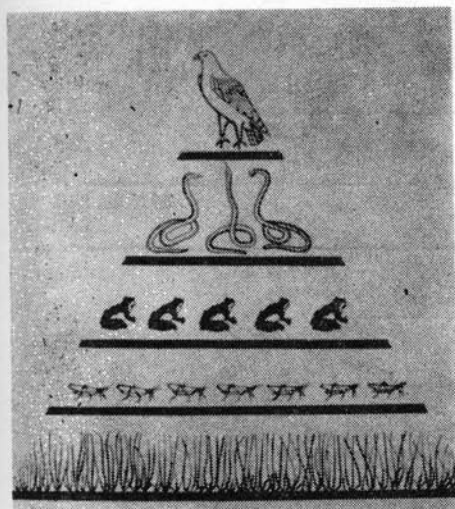
A különbségek egy része — ezekkel itt nem foglalkozhatunk részletesen — a szemléltetés végett kiválasztott példák határeset-voltából adódik. E mellett nyilván másképp kezdődnek és záródnak a folyamatok egy-egy tenyészet biológiai szempontból zárt és egyöntetű rendszerében, mint az emberi fejlődés egész Földet átfogó sokszínű életterében (bár végső soron, a rakétatechnika látványos eredményeinek ellenére, biológiai szempontból a Föld is zárt rendszernek tekinthető). Érdekes, egyszerű analógián túlmutató hasonlóság figyelhető meg azonban a szaporodást általánosan megelőző lappangási fázisban, melyben egyrészt a baktérium-tenyészet primitív enzimrendszerei állnak át a környezet teremtette feladatok ellátására, a logaritmikus szaporodási fázis előkészítésére, másrészt hasonló előkészítési fázisa volt az emberi fejlődéstörténetnek. Ennek során alakultak ki azok a végtelen változatosságú enzimrendszerek, melyek összjátéka nyomán megszületett az emberi idegtevékenység, a gondolkodás szellemi energiákat felszabadító rendszere. Ez a folyamat évezredek átfogó lappangási periódussal előzte meg az ember földi elszaporodásának log-fázisát.

Ennek a fejlődéstörténeti „előkészítésnek” egyenes következményei a két görbe közötti alapkülönbségek: egyrészt az emberi rendszerben a logaritmikus szaporodási fázis kezdetén jelentkező *tudatosság*, mellyel a társadalom nem csupán energiát, tápanyagot fogyaszt, de környezetében egyre hatékonyabban hozzá is járul a szükséges energiák megkötéséhez, a tápanyagtermeléshez (mezőgazdasági művelés, növénynevelés, állattenyésztés), másrészt a grafikon „jelen” pontjában egyszerű hasznos szempontokon túllépve, a közösségi emberi gondolkodás felismeri életműködéseinek és ipari tevékenységének (a tápanyagfogyasztásnak és hulladéktermelésnek) távlati következményeit, és még biológiai log-fázisának lezáródása előtt tudatosan egész világra kiterjedő *közösségi megoldást keres*. Ezek a jelenségek egyetlen más élő rendszerben sem jelentkezhetnek.

A zárt és nyílt rendszerekben zajló fejlődés lényeges különbsége az is, hogy míg a tenyészedeny üvegfalai között a korlátozott tartalékok véges időhatárok közé szorítják a populációk sorsát, addig az életközösségek keretei között állandó új energiabefogás biztosítja az élet megújulását. Az

itt jelentkező törvényszerűségek azonban, melyek a szervezetek biológiai energiaalapjára vonatkoznak, ugyancsak érvényesek az emberre mint biológiai lényre.

A bioszféra lényegében táplálkozási láncok összefonódó szövvénye. A lánc szemei mindenütt az elsődleges szervesanyag-termelőkhöz, a kozmikus (nap-) energiát felhasználó, fotoszintetizáló zöld növényekhez kötöttek. A klorofill-asszimiláció reakciólánca az a még ma is egyetlen kozmikus kapocs, mely az élet és a fejlődés energiataralékait biztosítja a Földön. Az elsődleges szervesanyagtermelő növényekből élnek az elsődleges fogyasztók (növényevő állatok), ezekkel táplálkoznak a másodlagos, majd a harmadlagos fogyasztók (ragadozók), a lebontó szervezetek és a táplálkozási láncok itt nem részletezhető további elemei. A fejlődés során szentesített egymásrautaltság ökológiai piramisok kialakulásához vezet, ezek csúcán a másodlagos vagy harmadlagos fogyasztók, széles alapjain elsődleges termelő szervezetek állanak.



Egy ilyen általános biológiai összefüggést példáz (leegyszerűsített formában) a 2. számú ábra. A piramis egyetlen kígyász-ölyvének élete sok-sok sikló, még több béka, illetve az ezekkel táplálkozó sáskák tömegének életétől függ: a sáskák mint elsődleges fogyasztók kötik az egész csúcsos felépítményt az elsődleges termelő növényvilág ezernyi fűszálához.

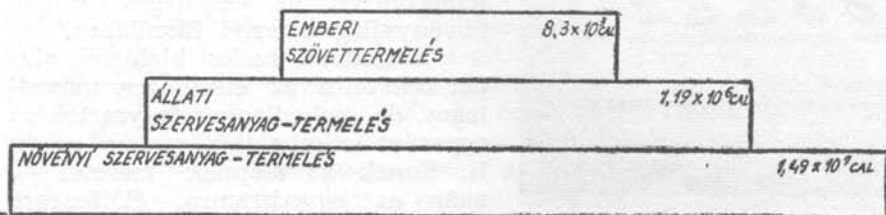
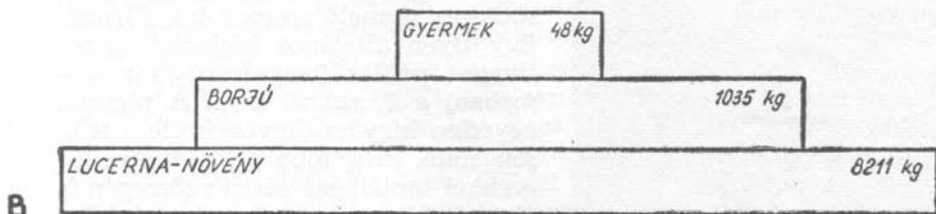
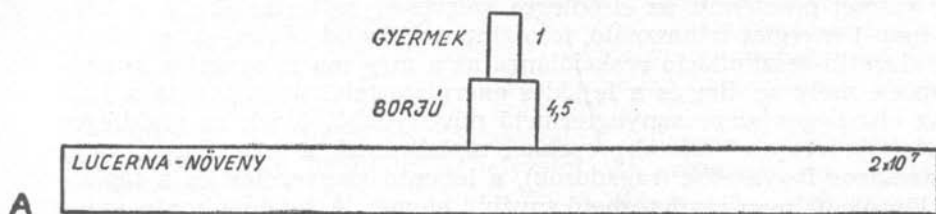
Hasonlóan széles biológiai alapot feltételez az elsődleges, másodlagos, de „sokadlagos“ fogyasztóként egyaránt számba jövő emberi egyén is. Ennek az alapnak méretei — akár az egedszámra, élőtömegre vagy energiaigényre tekintő szám-

szerű összefüggéseket vizsgáljuk — meggondolkoztatóak, és végeredményben ezek szolgáltatják az alapot a modern tudomány és közélet környezet-féltő, bioszféráért aggódó hangjaihoz.

E. P. Odum ökológus professzor a tudományos irodalomban eddig közzétett adatokat értékelve, kiszámította egy leegyszerűsített és a szemléletesség kedvéért idealizált emberi táplálkozási lánc jellemző értékeit. Ennek az (elméleti!) táplálkozási láncnak az alapja egy 4 hektáros lucernatábla szervesanyagtermelése. Ez a szervesanyag egyszerűsített példánkban egyetlen elsődleges fogyasztó fajnak — a szarvasmarha-borjúnak — szolgáltat táplálékot. A borjak egyetlen másodlagos fogyasztó — egy 12 esztendősi fiú — évi tápanyag- és energiaigényét elégítik ki. Az eredményként kapott számokat három ökológiai piramis szemlélteti (3. számú ábra), kitévően példázva egyben azt a széles biológiai alapot, mellyel a társadalom minden egyénének kötelezően csatlakoznia kell környezeté élővilágához, a bioszférához. Szövegszerűen most pusztán az egedszámra tekintve, egyetlen gyermek egy évi élete négy és fél borjú életének megfelelő állati élethez és 20 000 000 lucernanövényvel egyenértékű növényi

élethez kapcsolódik közvetlenül és szükségszerűen. Hasonló a gondolatmenet a grafikon szemléltette élőtömeg vagy energiaigény esetében is.

Érdeemes még egy pillanatra elidőzni az energiafelhasználás kérdésénél. A növényzet a táblára jutó napsugárzás csupán 0,24 százalékát hasz-



HEFŐ NAPENERGIA

$6,3 \times 10^7 \text{ cal}$

Az egyedszámok (A), a szervestömeg (B) és az energia (C) viszonya egy elméleti, ökológiai rendszerben. Az A grafikon szemlélteti az egyedszám szerinti összefüggést (2×10^7 lucerna-növény szervesanyagtermelése fedezi 4,5 borjút, ez pedig egy 12 éves gyermek évi tápanyag-szükségletét); a B grafikonban a számok a megfelelő tömegviszonyokra, a C-ben az energia-igényre vonatkoznak.

nosítja, a megkötött energiának csak 8 százaléka biztosítja az elsődleges fogyasztók, a borjak növekedését és — továbbhaladva az elméleti gondolatsoron — a borjúhúsban tárolt biológiai energiának csupán 0,7 százalékát képes hasznosítani az ember. A rendelkezésünkre álló kozmikus energiának tehát mindössze milliomod részét használhatjuk ki, a többi menthetetlenül elvész a táplálkozási lánc áttételeiben. És minél több hasznos élet, talajlakó baktérium, növénybeporzó rovar vagy éppen a növényi élet alapját alkotó termótalaj (mely maga is bonyolult élő rendszer) vész el az ember szennyező, siváruló környezetében, annál rosszabbá válik ez a tápanyagtermelő, energiaktározó hatások.

Kapcsoljuk össze végezetül a népesség-szaporodási grafikonokban és az életközösségek biológiai alapját szemléltető példában felvillantott adatokat a szennyeződő környezet, a pusztuló természet és a hódító monokultúrák kapcsán felmerülő figyelmeztetésekkel. Vázlatosan és fővonalában kirajzolódik előttünk az a kép, mely megoldást kereső gondolkodásra, megfontolt intézkedésekre és jövőbe tekintő felelősségre kényszerít. Az emberi egyén és rajta keresztül minden társadalom a jelenben és a belátható jövőben még sokáig (a tápláléktermelés ma még utópisztikus abiogén koráig) számtalan szállal kapcsolódik a természetes és mesterséges életközösségekhez. Óvnia, fejlesztenie kell ezeket mint életének zálogát a Földön. Meg kell óvnia a jövő számára a még érintetlen természet, a mindenkor modern tudomány e tartalékát, olyan biológiai rendszereket, melyek ősi kapcsolatszövevényének és genetikai anyagainak értékét ma még nem is vagyunk képesek felmérni. Óvnia kell közvetlen külső környezetét az ipari civilizáció egyre életidegebbé váló elemeitől, és figyelnie kell belső testi környezetére, a jövő nemzedékeknek kiegyensúlyozottságára, saját genetikai tartalékaira is.



Vilhelm Károly: Az ősz