

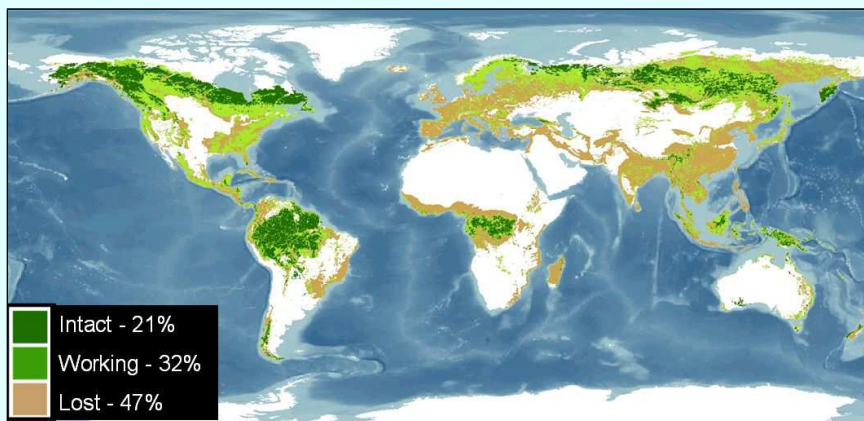
## A fenntarthatóság általános elmélete

### *Tézisek és hipotézisek a fenntarthatóságról*

Somogyi Zoltán, Ph.D

A Földet korábban borító erdőtakaró felét már kiirtottuk, a maradékból pedig minden évben egy Görögországnyi területről égetik le vagy vágják le az erdőt.

*Ez csakúgy, mint sok más emberi tevékenység, nyilvánvalóan nem fenntartható.*



*Jelmagyarázat: "Intact": érintetlen erdők; "Working": kezelt erdők; "Lost": eltűnt erdők*

*(A World Resource Institute térképe; <http://www.wri.org/map/state-worlds-forests>)*

**Publikálva:** <http://www.scientia.hu/fenntarthatosag>; első közlés: 2013. május 1;

legutóbbi verzió: 2013. július 23.

© Somogyi Zoltán. Minden jog fenntartva!

## Tartalomjegyzék

I. Bevezetés	5
II. A jelenlegi környezethasználat veszélyezteti az emberiség fennmaradását	8
III. A fenntarthatósági probléma természete	14
IV. A környezeti fenntarthatóság kapacitás-használati egyensúlyi trajektóriák megvalósításának kérdése	19
V. A környezeti fenntarthatóság fogalmát újra kell definiálni a kapacitás-használat mértékére alapozva	28
VI. A környezeti fenntarthatóság függ a környezethasználat megkívánt hosszától is	41
VII. A környezeti fenntarthatóság operatív definíciója	46
VIII. A fenntartható és nem fenntartható rendszereknek, valamint ezek modellezhetőségének jó példája a fatermesztés	53
IX. A fenntarthatóságot indikátorok helyett a kapacitás-használat teljes rendszerének folyamatos elemzésével kell monitorozni	66
Hivatkozott irodalom	85

---

## Javasolt hivatkozás

**Somogyi, Z. 2013.** A fenntarthatóság általános elmélete. Tézisek és hipotézisek a fenntarthatóságról. URL: <http://www.scientia.hu/fenntarthatosag/index.php>

---

*Hálás vagyok az egész családomnak folyamatos támogatásukért, ami nélkül ez a könyv nem készülhetett volna el*

---

*Ennek az értekezésnek az elkészítéséhez közvetlen támogatást nem vettünk igénybe*

---

## Összefoglalás

A népesség folyamatos gyarapodásával és az emberi igények növekedésével helyileg is, de globálisan is egyre inkább túlhasználjuk Földünk véges kapacitásait. Az ezt eredményező emberi tevékenységeket egy ideje a fenntarthatóság fogalmának bevezetésével próbáltuk meg korlátozni, racionalizálni és szabályozni. A fenntarthatóságnak sokféle definíciója alakult ki, de összemosódnak a társadalmi, szociális, pénzügyi, környezeti és egyéb fenntarthatóság-féleségek. Szinte egyik sem utal közvetlenül, vagy megfelelő formában arra, hogy a számunkra hozzáférhető környezeti kapacitások nagyságát az anyag- és energia megmaradásának - más körülmények között egyébként közismert - törvénye limitálja. Úgy tűnik, vissza kell térni oda, hogy a fenntarthatóságot is e törvényre alapozva határozzuk meg. Ennek megfelelően, az értekezésben bemutatott okokból kifolyólag a fenntarthatóságot az alábbi, egy képletet is tartalmazó módon javaslom definiálni (a képlet levezetése megtalálható [itt](#)):

$$\frac{K_{nm}}{b * \sum H - \sum K_m - \sum \Delta K} = \text{elég?}$$

$K_{nm}$  = nem megújítható kapacitások mennyisége;  
 $b$  = biztonsági tényező;  
 $H$  = kapacitás-használat mértéke;  
 $K_m$  = megújítható kapacitások;  
 $\Delta K$  = a megújításon kívüli egyéb kapacitás-változások;  
 $\Sigma$ : a mennyiségek összesítendőik egy vizsgált időszakra (vagy használati egységekre: fordulókra);  
 „= elég?\": mérlegeléssel kell eldönteni, hogy a bal oldali hányados értéke megfelelő nagyságú-e?

A képlet bal oldalán látható arány egy *objektív tény*, és az anyag- és energiamegmaradás törvénye alapján annak az *időszaknak a hosszát* adja meg, amíg a rendelkezésre álló különféle kapacitások biztosítani tudnak egy adott kapacitás-használati ütemet. Fenntarthatónak akkor tekinthetjük az ily módon modellezett kapacitás-használatot, ha ez az időszak *elegendően hosszú*. Az, hogy mi elegendően hosszú, csak *szubjektív* elemeket is magába foglaló *mérlegeléssel* dönthető el; a fenntarthatóság tehát a természeti törvények szigorú keretein belüli emberi döntéseken is múlik.

Ennek a fenntarthatóság-definíciónak egy egyszerűbb alkalmazása már évszázadok óta része az erdészeti szakmai kultúrának, melynek egyik alapelve az, hogy hosszabb távon csak annyi faanyagot lehet kitermelni, amennyi meg is terem, de a kitermelés mértéke legfeljebb ezeken a korlátokon belül szabadon változtatható.

Az értekezésben a fenntarthatóság fenti definíciója alapján azt is bemutatom, hogy sok ún. fenntarthatósági indikátor miért nem működik. Indikátorok alkalmazása helyett jobbnak tűnik kiszámítani minden lényeges környezet-használat esetében annak megkívánt mértékét, a rendelkezésre álló kapacitásokat, és annak az időszaknak ezekből adódó hosszát, amíg a használat fenntartható; ezek figyelembe vételével a kapacitás-használatra meghatározhatók *célértékek*, melyekből aztán levezethetők a valódi és sikeres fenntarthatóságot biztosító *politikák*.



## I. Bevezetés

---

*"A választókat be lehet csapni, de az atmoszférát nem."*

(Donella Meadows)

Manapság sokat beszélünk a "fenntarthatóság"-ról, főleg környezetünk vonatkozásában és Bolygónk szintjén. Ezzel kapcsolatban két frusztrációm támadt, amely ezen értekezés megírására késztetett.

Az egyik az, hogy csak *beszélünk* a fenntarthatóságról, de keveset *teszünk* érte.

A másik viszont az, hogy felfedezni vélem ennek (egyik) okát is, nevezetesen azt, hogy bár a fenntarthatóság valójában nagyon is *számszerűsíthető folyamatokkal* kapcsolatos, azt eddig inkább a szavak szintjén, túlságosan "puha" módon próbáltuk kezelni. Talán a politikának akartunk megfelelni, közgazdasági, szociális és morális kérdéseket boncolgatva, de anélkül, hogy - egyébként a gyakorlati élet sok más területéhez hasonlóan - megfelelően kezeltük volna annak mérnöki jellegű, számszerűsíthető oldalát.

Ahogy az értekezés bemutatja, úgy gondolom, hogy a fenntarthatóság elsősorban inkább a megfogható és mérhető fizikai valóság világába tartozik, annak törvényein alapul, és ezért azt e törvényeknek megfelelően, számszerűsítve kell kezelni. Társadalmi szempontból "jó" csak a környezeti korlátoknál *kevesebb*, ebben az értelemben fenntartható fogyasztás lehet, a környezetünk korlátait nem tisztelő *túlterhelés* "rossz". Bölcselkedni, erkölcsi szabályokat és politikákat megfogalmazni stb. csak akkor van értelme, amikor már tudjuk, mik az általunk választható tevékenységek fizikai, mennyiségileg is meghatározott következményei; amikor már tudjuk, hogy egy tevékenységgel a fenntarthatósági limiteken belül maradunk, vagy nem.

Akár a nemzetközi irodalomban (l. az értekezés különböző részein), akár a hazaiában sok szó esik ezekről a korlátokról, "limitekről" (l. pl. Gyulai (2012) és Vida (2012) kitűnő összefoglalóját). Ugyanígy, fizikai környezetünket számos tudomány- és mérnöki szakterület kérdéseit illetően mennyiségileg is jól ismerjük. Amikor egy fűtésrendszert, egy tejüzemet, vagy családi házat tervezünk, építünk és használunk, nagyon is természetes módon alkalmazzuk az adott terület tudományos és technológiai - mérnöki - ismereteit. Amikor azonban a fenntarthatóságra kerül sor, bármilyen különös is, úgy látszik, "elfelejtjük", és nem alkalmazzuk azeket az ismereteket. Ezt bizonyítja az, ahogyan sok indikátort (köztük az ökológiai lábnyomot) definiálunk és használunk, sőt, hogy egyáltalán ilyen indikátorokat használunk. Hiányosnak érzem azt, hogy a környezeti fenntarthatóságot illetően hogyan is kezeljük az említett limiteket, mit is kezdünk velük, és ténylegesen hogyan is kell kezelje őket egy fenntarthatósági politika.

Ahhoz, hogy - az eddigi eredményeket *elismerve* - hatékonyabban próbálhassuk meg elérni, ill. visszaállítani Bolygónk fenntarthatóságát, szükségesnek tűnik *visszatérni* az - ismételten hangsúlyozva: az egyébként ismert - *törvényekhez*. Ezek alapján kellene az eddigieknél sokkal inkább számokban, mennyiségekben meghatározni a fenntarthatóság szempontjából limitáltnak tekinthető játékterünket, és az ezen belüli lehetőségeket kihasználva, a környezeti rendszereket mint rendszereket megértve a korlátokon belül tartani az emberi tevékenységek hatását. Tekintettel arra, hogy ez a szemlélet nem kellően tükröződik a fenntarthatóság különböző eddig használt definícióiban, az értekezésben *megpróbálom újból meghatározni a fenntarthatóság fogalmát*.

A fenntarthatóság újradefiniálása azért is fontos, hogy annak alapján az eddigieknél hatékonyabb politikákat tudjunk kifejleszteni, és könnyebben meg tudjuk valósítani a fenntarthatóságot. Ennek illusztrálására az értekezés több példát is bemutat. A példák egy része szűkebb szakterületemhez, az erdők kutatásához, ill. az erdőgazdálkodáshoz, továbbá a klímaváltozáshoz és az üvegház hatású gázok kibocsátásához és elnyeléséhez kapcsolódik. Ezek azonban csak példák, de az alább tárgyalt többnyire általánosított tézisek hitem szerint a fenntarthatóság nagyon sok, talán minden területén használhatók.

Az értekezés a gondolatmenetét *tézisek és hipotézisek* sokaságával próbálja meg kifejtetni. Ezek jelentős része nem feltétlenül új, de talán az, ahogyan ezek *egy rendszert* alkotnak, új lehet, kiegészítheti az eddigi felfogást, és talán némelyik az említett tézisek közül - legalábbis a fenntarthatóság kontextusában - szintén új lehet. (Én legalábbis a fenntarthatósággal összefüggésben, az itt tárgyalt mennyiségi megközelítést alkalmazó publikációt nem ismerem.) A téziseket - ahol szükségesnek látszott - magyarázatokkal kísérlem meg alátámasztani. A gondolatok ilyen formában történő megjelenítése talán segít a még szükséges további kutatási feladatok jobb tisztázásához is.

Az értekezés webes változatánál az oldal tetején található kapcsoló segítségével lehetőség van csak az értekezés vázát képező tézisek megjelenítésére, így arra is, hogy az Olvasó közvetlenül egymás után, a magyarázatok nélkül olvassa a téziseket, és így gyorsan képet kaphasson arról, hogy én hogyan értelmezem a fenntarthatóságot. (A tézisek ilyen megjelenítése, csakúgy mint a teljes értekezés, a weblapról külön pdf fájlban is letölthető.) A *téziseket a magyarázataik nélkül összeolvasva* remélhetőleg egy *koherens gondolatrendszer* tárul fel, melynek alapján *a fenntarthatóság általános elmélete* rajzolódik ki.

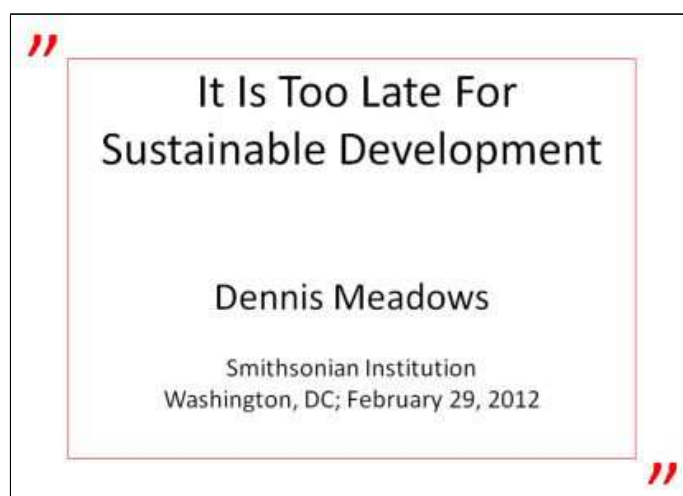
Az egyes tézisekhez fűzött magyarázatokhoz további információk, példák, számítások, érvelés, és egyes esetekben megfelelő képlet, ábra vagy grafikon tartozik. Egyes téziseket azonban nem szükséges különösebben magyarázni, hiszen nyugati kultúránk részét képezik, tudományos világképünk elfogadott állításai (ebben az értelemben nem is az én újításaim - mint pl. az erdészeti hozamszabályozási módszerek -, legfeljebb a fenntarthatóság témaköréhez újrafogalmazva). Ezért egyes tézisekhez hosszabb, másokhoz kevesebb szöveg tartozik.

Végül fontos lerögzíteni, hogy természetesen szinten minden tézist a közölt magyarázó szövegnél is sokkal nagyobb mélységben, további példákkal és érveléssel lehetne tárgyalni a teljes kép bemutatása érdekében. Ennek az értekezésnek azonban inkább az a célja, hogy egy olyan *gondolatrendszert* vázoljon fel, amibe a részletek megfelelően beilleszthetők, s amelyek a koherenciájánál fogva biztosít megfelelő alapot egy operatív és helyes fenntarthatósági felfogás kialakításához.

## II. A jelenlegi környezethasználat veszélyezteti az emberiség fennmaradását

### 1. Belátható időn belül veszélybe kerül az emberiség jelentős részének fennmaradása a Földön

Erre nézve rengeteg, közismert tény látott már napvilágot a különböző erőforrások kimerülésétől (pl. olajkitermelés, talajok kiszárolása stb.) kezdve a klímaváltozáson keresztül (a túl sok üvegház gáz kibocsátás miatt) a nemtörődöm környezetszennyezés és -rombolás sokféle formájáig (pl. talajerózió). Számos példát említ Gyulai (2012) és Vida (2012). Egyes szakértők (pl. a híres "A növekedés határai" egyik szerzője, **Dennis Meadows**) egyenesen azt állítják, hogy már túl késő van ahhoz, hogy sikerüljön megvalósítanunk a fenntartható fejlődést.



1. *ábra.* Dennis Meadows egyik 2012-es előadásának első diája: "Már elment a fenntartható fejlődés hajója". (Forrás: [http://www.si.edu/Content/consortia/Dennis\\_Meadows.pptx](http://www.si.edu/Content/consortia/Dennis_Meadows.pptx))

### 2. Sok emberi közösség már most is jelentős helyi, vagy valamilyen lehatárolt földrajzi helyhez kötődő, a nem megfelelő környezethasználatból eredő fenntarthatósági problémával küzd



Ilyen problémákra nézve is sok példa van már. Ilyen az, ha egy folyóból vagy a talajvízből túl sok vizet vesznek ki öntözésre és egyéb célokra, és a folyó eltűnik vagy a víz elfogy; ha túl sok halat halásznak ki tavakból és tengerekből, és megszűnik az emberek élelemforrása; ha túl sok fát termelnek ki erdőkből, és elfogynak az erdők; vagy ha túl sok szennyezőanyagot (növényvédőszer, ipari melléktermékeket, radioaktív anyagot stb.) juttatnak a környezetbe, aminek következtében terméketlenné válnak élelemtermelésre korábban alkalmas területek. Egy bizonyos ponton túl ezek a falvakban vagy városokban élők életfeltételeinek a megszűnéséhez vezet.

### 3. A történelem során már több, földrajzilag lehatárolható (nem globális) civilizáció is összeomlott, nagy valószínűséggel a nem megfelelő környezethasználat miatt

Annak, hogy a környezet túlhasználata összeomláshoz vezethet egy véges világban, talán az egyik legjobb példája a számunkra egzotikumnak számító, gazdasági és környezeti értelemben is véges és elszigetelt világgként létezett Húsvét-sziget. A sziget egykor egy viszonylag fejlett és komplex civilizációt tartott el, ami vélhetően a holland hódítók megjelenése előtti évszázadban omlott össze a túlnépesedés, az erdőirtás és a különleges mértékben elszigetelődött, korlátozott erőforrásokkal rendelkező sziget kizsákmányolása következtében (Diamond, 2005).



**2. ábra.** A Húsvét-sziget jellemzően kopár, fátlan.

A kép forrása: <http://www.wayfaring.info/2008/12/02/easter-island-chile/>

#### 4. A napjainkban egyre növekvő mértékű, az emberi faj fennmaradása szempontjából kritikus, *globális környezeti krízis* minden más problémánál fontosabbá kezd válni

A globálissá váló problémák listája szintén hosszú. Talán a legismertebb és a legfontosabb jelenleg a globális klímaváltozás, mely a mértékadó prognózisok (IPCC, 2007) szerint a Föld szinte minden pontján várhatóan jelentős változásokat fog hozni. Korábban hasonló léptékű, közismert és potenciálisan katasztrofálissá váló probléma volt a Föld ózonsztratoszférájának károsítása és az olajválság, de ezek szerencsére nem vezettek globális kipusztuláshoz. A jövőben egyebek mellett a nyersanyagok sokaságának elfogyása, az éhínségek, az energiaforrások kimerülése (és közvetve az ezek miatt kialakuló háborúk) okozhatnak globális kihatású nehézségeket.

#### 5. Fennmaradásunkat elsősorban az veszélyezteti, hogy a *környezetünket* nagyon sokféleképpen és nagyon sokféle mértékben *túlterheltük*.

A fenntarthatósági problémák nemcsak, sőt sok esetben nem is elsősorban gazdaságiak, politikaiak vagy szociológiaiak, hanem a rendelkezésre álló vízkészletek szűkösségével; a hozzáférhető, ill. megtermelhető élelmiszer mennyiségével; a hozzáférhető energia mennyiségével; a környezet minőségével, tehát *környezeti kérdésekkel függenek össze*. A sokszor előtérben lévő pénzügyi kérdések, hitel-visszafizetési kötelezettségek, politikai ellentétek stb. csak a jelenségek felszíne. *Valódi fenntarthatósági problémák* leginkább a *környezet túlterheléséből* adódnak. Főbb csoportokba sorolva a túlterhelés típusait beszélhetünk a környezetünktől igényelt *élettelen anyagok* túlzott kitermeléséről; a környezetünktől igényelt *élőlények* túlzott pusztításáról; a környezetünktől igényelt *energia* túlzott igénybe vételéről; tevékenységünk *melléktermékeinek* túlzott mértékben a környezetbe való juttatásáról; *energetikai (hő-) szennyezéséről*; végül környezetünk *szennyezése élő szervezetekkel* (amelyek vagy eleve kártevők, vagy a szennyezés helyén, vagy onnan kiindulva kártevőkké válhatnak, ill. betegségeket terheszthetnek). Minden túlhasználat, minden megalapozatlan

környezethatsználat, túlhasználat egyfajta *környezeti hitelek* tekinthető, amelynek nem megfelelő kezelése a későbbiekben kiteljesedő környezeti krízishez fog vezetni. Végső következményként a környezet emberek, állatok és növények számára alkalmatlanná válhat az életre. Ehhez képest eltörpül pl. az a probléma, hogy a táj a túlzott környezethatsználat következtében esztétikai szempontból is károsodhat.

---

## 6. Azt, hogy túlterheltük a környezetünket, onnan tudhatjuk, hogy a környezet állapota kedvezőtlen irányban változott

Erre nagyon sok példát lehet felhozni a savas esőktől a talajeróziókon keresztül a klímaváltozásig; ezek többsége közismert. E változások nemcsak a "természetnek" fájnak, hanem sokszor már abban is megnyilvánulnak, hogy miattuk az igényeinket már egyre kevésbé, vagy csak magasabb költségekkel tudjuk kielégíteni. Így pl. régen 1 hordó olaj energiájának felhasználásával 100 hordó olajat tudtunk kitermelni; ma ugyanennyi olaj kitermeléséhez 13 hordó olaj energiátartalma szükséges.

---

## 7. Megfelelő környezeti ismeretek és monitoringok hiányában egyes esetekben sajnos egyelőre nem pontosan ismert, más esetekben csak *későn válik érthetővé a számunkra, hogy vajon a környezetünket valóban túlterheltük-e, és ha igen, hol, és milyen mértékben*

Erre jó példát szolgáltatnak az erdők, amelyekre nézve az európai erdőkért felelős miniszterek konferenciája (Forest Europe) sok-sok adat gyűjtését írja elő, de eddig még nem sikerült az adatokat a "túlterhelés" szempontjából értelmezni (l. [Forest Europe 2011](#), [Somogyi, 2007](#), [Somogyi-Zamolodcsikov, 2007](#), [Somogyi, 2013](#)); e sok adat egy része felesleges, vagy csak később szolgáltat hasznos információt, ill. bizonyos adatok legalábbis a fenntarthatóság szempontjából nem mérnek semmit (részletesebben l. [később](#)).

**8. Szemben azzal, hogy az egyének, családok vagy kis közösségek - talán az evolúció során szerzett "fenntarthatósági intelligenciájuk" következtében - automatikus fenntarthatósági mechanizmusokkal rendelkeznek és ritkábban küzdenek saját maguk által okozott fenntarthatósági problémákkal, az utóbbi időben kialakuló "emberiség" szintjén csak tudatosan kifejlesztett irányítással, a fenntarthatóság természetét megértve lehet biztosítani a túlélést**

Az egyének és kis közösségek anyag- és energiaáramlási szempontból önálló gazdálkodási egységeknek tekinthetők, amelyeknél a tevékenységek hatásai gyakrabban és rövidebb távon járnak olyan visszahatással, amely alapján szükségessé válik a tevékenységeknek a fenntarthatóságot biztosító módosítása; a fenntarthatóság így az egyén és a közösség nyilvánvaló érdeke. Társadalmi szinten a hatásokat kiváltó *tevékenység végzői* gyakran *nem azonosak a hatások elszenvedőivel*, és ez a *hatásoktól való elidegenedés* társadalmi szinten nem segíti a fenntarthatóság megvalósítását. (Az egyéneknél, kis közösségeknél gyakran megfigyelhető öngyilkos, önpusztító életmódja nem ide tartozó jelenség, nem fenntarthatósági probléma akkor, ha az illető vagy közösség életben tudna maradni, ha akarna. A társadalom elvben "akarja" a fenntarthatóságot, de ennek megvalósítását több tényező nehezíti.) Az "emberiség" mint olyan azonban néhány évtizede jelent meg az evolúció színpadán, és még nem alakulhattak ki azok a mechanizmusai, amelyek a túlélésével kapcsolatos problémák megoldására megfelelőek lennének. Kísérletezni nem volna értelme a túlélésünkkel, mert nagy a kockázata annak, hogy a kísérlet nem sikerül; helyette tudatosságra van szükség, amely része kell legyen a fenntarthatóság fogalmának.

**9. Szükség van a fenntarthatóság általánosabb megértésére, a környezetből érkező visszajelzések felhasználására és ennek alapján előretekintő vizsgálatokra**

A környezeti visszajelzések időkésést okoznak a reakcióinkban, de a reakcióink kifejlesztéséhez és ahhoz is idő kell, amíg ezek a reakciók - ha

egyáltalán sikeresek - megfelelő hatást fejtenek ki. Az emberiség jelenlegi döntési mechanizmusai - jó esetben a demokratizmus alapján - túl lassúak, és gyakran nem eredményeznek gyors és optimális megoldást. Ezért jó előre el kell kezdeni a felkészülést a globális problémák megoldására, ehhez viszont e problémák - fenntarthatósági kérdések - alapos megismerése szükséges. E megértés feltétele, hogy belássuk: a fenntarthatósági helyzetek sokkal bonyolultabbak, mint gondoltuk, és ezért azokat tudományos alapossággal vizsgáljuk.

### 10. A fenntarthatóság megvalósítható, amire jó példa az erdőgazdálkodás mára már több száz éves, egy lokális krízisből (a bányák körüli erdők eltűnése miatt), tehát kényszerből kialakult "tartamosság" koncepciója

Az iparosodás fejlődéséhez különböző bányatermékekre volt szükség, a bányászathoz pedig sok fa kellett. A fákat először a bányák közvetlen környezetéből, majd egyre távolabbról vágták ki az erdőkből. Hosszú ideig nem törődtek azzal, mi lesz a letermelt erdő helyén, ill. a letermelt erdőket mezőgazdasági művelésbe fogták. Így azonban hamar elfogyott a fa. **Hans Carl von Carlowitz** (1645-1714) német bányaigazgató és adóhivatalnok (édesapja erdőgondnok) volt az egyik első olyan szakember, akinek ezt a helyzetet kezelnie kellett. Az ő 1713-ban megjelent "*Sylvicultura oeconomica, oder haußwirthliche Nachricht und Naturmäßige Anweisung zur wilden Baum-Zucht*" (körülbelüli fordításban: Sylvicultura oeconomica, avagy a természetes erdők termesztésére vonatkozó ökonómiai ujdonságok és előírások) c. könyvét tartják az első átfogó erdészeti értekezésnek, és Carlowitz-ot tartják nemcsak a tartamos (vagyis a fatermesztés szempontjából fenntartható) erdőgazdálkodás apjának, de egyesek magának a "fenntarthatóság" fogalma megalkotójának is (Grober, 1999). Ő fektette le azt a követelményt - ezt hívjuk a tartamosság elvének -, hogy csak annyi fát szabad az erdőből kitermelni, amennyi az erdők tervszerű felújításával hosszú távon megterem. Valójában a fenntartható gazdálkodás szükségessége és néhány eleme már Carlowitz előtt nyilvánvalóvá vált, de Carlowitz volt az, aki először tekintette az erdővel való gazdálkodás egyik fontos alapkövének a tartamosságot. Ezt az elvet általánosíthatjuk, és belőle - sok egyéb szempont figyelembe vételével - kialakíthatjuk a *fenntarthatóság*

*általános elméletét.*



**3. ábra.** Hans Carlowitz (1645-1714), a fenntarthatóság egyik úttörője.

A kép forrása: <http://tu-freiberg.de/ressourcenprofil/hans-carl-von-carlowitz.html>

### III. A fenntarthatósági probléma természete

#### 11. Sokféle fenntarthatósági probléma van

Az emberi élet sokféle olyan folyamattal, ill. állapottal van kapcsolatban, amelyeknek valamely jellemzőjét vagy jellemzőit hosszabb-rövidebb ideig fenn akarjuk tartani. Ezek között vannak pénzügyiek (pl. szeretnénk állandó vagy növekvő jövedelemhez jutni, vagyontárgyaink értékét megőrizni), szociálisak (pl. szeretnénk megőrizni jó kapcsolat-teremtő képességünket, szeretnénk békében élni, szeretnénk egészségünket minél hosszabb ideig megőrizni), mezőgazdasági és ipari folyamatok és állapotok (pl. szeretnénk egyenletes ételmiszer- és energiaellátást biztosítani, mindig egészséges ételeket enni), valamint környezeti folyamatok (pl. nyersanyagok bányászata, hulladékok elhelyezése stb.) és környezeti állapotok (pl. szeretnénk, hogy az élővilág minden faja fennmaradjon). Ezek természetesen különbözőek nemcsak megjelenésüket illetően, hanem abból a szempontból, hogy milyen (fizikai) rendszerekhez kötődnek, s hogy azok hogyan működnek. Ezen túl azonban mindezen folyamatok és állapotok között van olyan, amelyek fenntartása könnyen megvalósítható, de sok olyan is, amelyeké problematikus.

A fenntarthatósági helyzetek egy része számszerűsíthető, más részük nem. Nem számszerűsíthető helyzetre példa az, amikor egy társaságban akarjuk fenntartani a jókedvet. Sem a „jókedv”, sem az annak változásához (a jókedv megszűnéséhez, ill. fokozódásához) vezető folyamatok nem számszerűsíthetők, legalábbis nem könnyen, nem a „jókedv” szintjén (hanem pl. különböző biokémiai folyamatok szintjén). Ugyanakkor a számszerűsíthető helyzetekkel analóg pl. az, ha a jókedv csökkenését eredményező folyamatokat (amelyek „elvennének” valamennyit a jókedvből) a jókedv fenntartását célzó (a jókedvhez „hozzáadó”) szándékkal próbálják ellensúlyozni; a kettő egymáshoz viszonyított arányának eredménye lesz az, hogy a jókedv csökken-e vagy fokozódik, ill. valamilyen „állandó” szinten marad-e.

Ez a könyv arról szól, hogy a körülöttünk lévő, életünket meghatározó vagy befolyásoló fizikai világ fenntarthatósági helyzetei számszerűsíthetők; és – annak érdekében, hogy az emberi életet fenntartsuk – sok esetben számszerűsítendőek. Az alábbiakban néhány példát mutatok ilyen számszerűsíthető helyzetekre. Már az esetek leírásából is látszik, hogy viszonylag egyszerűen számszerűsíthető helyzetekről van szó. Az esetek leírása itt verbális, vagyis nem direkt matematikai jellegű, és az ebben az értekezésben kifejtett *alaptézis érzékeltesére* szolgálnak, nevezetesen, hogy a környezeti fenntarthatóság (és más fenntarthatóságok) esetében a fenntarthatóság kvantitatív alapon vizsgálendő.

Ugyanennek a tézisnek a demonstrálására említünk olyan példákat is, amelyekben a vizsgált rendszerek – bár az emberi környezet részei, ill. magának az emberi szervezetnek működésével kapcsolatosak – nem állnak az ember behatása alatt, és éppen ezért egyértelmű, hogy a jelenségek (automatikus) szabályozása kvantitatív alapon történik (mert máshogyan, pl. „erkölcsi alapon” nem történhet). Az ember behatása alatt lévő többi rendszerre vonatkozó példa ebből a szempontból teljesen hasonló az ember hatása alatt nem álló rendszerekre – miért kellene akkor feladni a számszerűsíthetőséget?? Az más kérdés, hogy az emberi tevékenység befolyásolása – ha arra szükség van a fenntarthatósághoz – alapvető jelentőségű, és ehhez esetenként (de egyáltalán nem biztosan elsődleges módszerként) meggyőzésre, önkorlátozásra, erkölcsre stb. szükség lehet. Ahhoz, hogy egy ilyen tevékenységet befolyásoljunk, gyakran mindenek előtt azt szükséges tudni, hogy milyen *mértékben* szükséges a tevékenység módosítása.

## Élettelen rendszerek anyag- és energiaforgalma

**A Föld energiaszintje:** (eltekintve a Föld belsejének hőleadásától) a Föld energiaszintje a Nap felől érkező **besugárzott energia** és a Föld **hőleadása** közötti különbségtől függ. Ha a hőleadást elkezdi valami akadályozni (pl. az üvegház hatású gázok kibocsátása miatt a légkör nettó üvegház-hatása megnő), akkor a Föld energiát vesz fel, és (összességében, de megengedve, hogy ez egyes régióira nem igaz) felmelegszik. A felmelegedést vagy a Földet érő energia csökkentésével, vagy az üvegház hatás csökkentésével lehet akadályozni.



## Élő szervezetek anyagforgalma

**Állatok anyagforgalma:** amikor egy felnőtt állat fenn akarja tartani a vitalitását, akkor a súlyváltozásait bizonyos határokon belül kell tartsa. Amikor a súlya – az **élettevékenységei** következtében – az „átlag” alá csökken, elkezd éhezni, és élelem után néz. Ha sikerül **élelmet szereznie**, a súlya újból nő. Ha nem, még nagyobb energiával próbál élelmet szerezni, ameddig a szervezete tartalékai engedik. Ha már „sokat” evett, abbahagyja a táplálkozást, nehogy „túl sokat” egyen.

(Az „átlagsúlyt”, ill. a táplálék-igényt nagyban befolyásolja, hogy az egyed éppen fiatal vagy felnőtt, terhes-e, gondoz-e utódot, növeszt-e agancsot, tél vagy nyár van, ill. ezekre készül stb.)

Az állat szervezetének mechanizmusai azt próbálják biztosítani, hogy az állat energiában mért táplálék-ellátottsága bizonyos határokon belül folyamatosan fedezze az életéhez szükséges energia mennyiségét. Az életfolyamatokhoz természetesen sok másfajta anyagra (makro- és mikro-elemekre, nyomelemekre, vitaminokra stb.) is szükség van; ezekre nem feltétlenül energia-egyenleteket, hanem a bevitel-leadás anyagáramlási mérlegegyenleteket kell alkalmazni.)

**Állatok (és az ember) légzése:** a szervezetnek viszonylag szűk sávon belül folyamatosan mindig **új oxigénre van szüksége**, és **le kell adnia a számára mérgező szén-dioxidot**. A légzési és keringési rendszer ezt a szűk sáv által meghatározott egyensúlyt hivatott fenntartani. Az ennek az egyensúlynak a fenntartását szabályozó mechanizmus annyira erős, hogy automatikussá vált, nem hagy sok teret az egyed számára akaratlagos szabályozási lehetőségként. Ha oxigénhiány lép fel, el kezdünk zihálni, gyorsabban ver a szívünk, szükség esetén pánikreakciók kapcsolnak be, melyekkel a rendelkezésre álló energia maximális felhasználásával el akarjuk érni, hogy levegőhöz jussunk. Ilyen esetekben nemigen lehet szó semmilyen, a folyamatokat „tudatosan” befolyásoló (erkölcsre, „belátásra” stb. alapuló) mechanizmusról; a szervezet önnön programja nagyon is kiszámított mechanizmusokkal próbálja fenntartani az élet számára fontos egyensúlyokat.

## Emberhez kötődő rendszerek anyagforgalma

**Háztartások anyagforgalma:** a feltöltött éléskamrából (hűtőszekrényből) **fogyasztanak** a háztartás tagjai. Amikor egy-egy élelmiszerből fogytán van, valaki(k) elmegy/elmennek a boltba **vásárolni**, vagy a ház körüli kertbe zöldségért, gyümölcsért, tojásért, húsért stb. A fogyasztást az ember önfenntartási ösztöne, a beszerzést pedig az a tudatos előrelátás hajtja, hogy az élelmiszerre nemsokára szükség lesz. Bizonyos hatékonysággal maximum annyi élelem beszerzésére kerül sor, amennyire a háztartásnak szüksége van (ennél kevesebb rontja az életminőséget, ill. szélsőséges esetben éhhalálhoz vezet). (Az állatoknál az éhségérzet szinte azonnal reakciót vált ki, az ember viszont előbbrelátó, akár napokra vagy hetekre előre is beszerzi a szükséges élelmet. Mindkét esetben azonban arról van szó, hogy a beszerzendő élelmiszer mennyisége (a veszteségek levonása után) azonos nagyságú kell legyen a fogyasztási igényekkel.

**Termelő vállalatok anyagforgalma:** a vállalat termeléséhez (pl. autógyártás) nyersanyagokra (pl. vas, alumínium), ill. közvetlenül beépíthető termékekre (pl. beszállítóktól származó kész, közvetlenül beépíthető lámpatestek, kerékgumik) van szükség; ezeket a termelés megkezdése előtt **be kell szerezni**, és a termelés által könnyen elérhető, közeli raktárakban kell felhalmozni és tárolni. A megtermelt termékeket (pl. a kész autókat) szintén raktárakban tárolják addig, amíg azokat el nem **szállítják a vevőkhöz**. Amikor egy-egy, a termeléshez szükséges anyagból fogytán van, újat kell beszerezni, különben a termelés leáll; de a termelés akkor sem tartható fenn, ha a kész termékeket nem sikerült értékesíteni, és megtelt a késztermék-tároló. A termelés csak akkor és addig fenntartható, amikor és amíg a nyersanyag-raktárak folyamatos feltöltése megoldott, és amikor és amíg megoldott a késztermékeknek a késztermék-tárolóból történő elszállítása, mielőtt a kapacitások megtelnek. (A nyersanyagok beszállítását is meg kell szakítani akkor, ha – valamilyen oknál fogva – a termelés leáll, és a nyersanyag-raktárak megteltek.)

Elvben megoldható, hogy egy-egy időegységre, pl. egy munkanapra vonatkozóan mindig éppen annyi nyersanyag álljon rendelkezésre a raktárban, mint amennyi az aznapi termeléshez elegendő, és az aznap termelt termékeket a nap végén el is szállítják. A gazdasági élet bizonytalanságai miatt azonban a gyakorlatban a be- és kiáramlásoknak ez a magas szintű összhangja a legritkább esetben valósul meg (bár minél korszerűbb a termelés, annál nagyobb mértékben törekszenek rá). Ahhoz, hogy e bizonytalanságokat ki lehessen küszöbölni, szükség van a több napi, esetleg még hosszabb időszakra szükséges tárolás megvalósítására. (Minél bizonytalanabbak a gazdasági viszonyok, annál nagyobb tárolókapacitásra van szükség, de annál nagyobbak is a tárolás, és így a termelés költségei is.)

**Egy ország téli fűtőanyag-mennyiségének fenntartása:** a fűtőanyagra természetesen csak télen van szükség, ám a beszerzést (a következő télre) már akár tavasszal is meg lehet kezdeni. Előfordulhat, hogy a felhasználással azonos nagyságú, azzal egyidejű, folyamatos beszerzés nehézségekbe ütközik; ilyenkor az átmeneti hiányokat fedezni lehet megfelelő tárolókban elhelyezett fűtőanyaggal. Ilyen eset az, amikor egy ország ún. gáztározókat tart fenn; a fűtési szezon előtt e tárolókat feltöltik, és amennyiben a téli időszakban a gázkitermelésben vagy –behozatalban nehézségek lépnek fel (pl. az elmúlt években az ukrán-orosz gázvita miatt, vagy baleset következtében), akkor a nehézségek elhárításáig a tározóból pótolják a hiányzó mennyiséget. A lényeg az, hogy a beszerzések összességének fedeznie kell a teljes téli szükségleteket, de úgy, hogy a raktárakban mindig legyen legalább annyi tartalék, hogy azzal a következő beszerzésig ebből lehessen fenntartatni a fogyasztást.

## Léptékfüggetlenség

Az alábbiakban olyan példa-csoportokat mutatunk, amelyek lényegileg hasonló helyzetek, csak a folyamatok léptéke különböző. Ezek a példák azért lehetnek hasznosak, mert ha valamely léptéknél egyértelmű, hogy számszerűsíthető/számszerűsítendő helyzetről van szó, akkor könnyen belátható, hogy a többi lépték esetében is ez a helyzet. Ez már csak azért is így van, mert a számszerűsítéshez szolgáló egyenletek ([1. itt](#)) léptékfüggetlenek.

### *Élettelen rendszerek*

Ide sorolhatók a közvetlenül nem az élőlényekben található, de a földi élet által is befolyásolt anyagáramok, mint pl. a víz körforgása.

Egy folyó vagy tó vizének szintje csak akkor marad állandó, ha a beérkező és elfolyó, ill. elpárolgó víz mennyisége egyensúlyban van. Ez igaz a legkisebb pocsolyára, ill. forrásocskára, csakúgy, mint a legnagyobb tavakra, sőt az óceánokra, ill. a Föld legnagyobb folyamaira, pl. az Amazonasra.

Egy folyó csak akkor marad a medrében, ha a folyó vízgyűjtő területére esett, és a terület visszatartó képességén felüli csapadék mennyisége kevesebb, mint amennyit a folyó (végső soron a tengerekbe) el tud szállítani tároló- és szállítókapacitása függvényében. A fentiekhez hasonlóan ez igaz a legkisebb csermelytől egészen a legnagyobb folyamokig, de hasonló érvényes a pocsolyáktól a legkülönbözőbb nagyságú tavakig és (pl. a klímaváltozás tengerszint-emelő hatására gondolva) a tengerekre is.

A felhőképződés (ami a Föld felszínéről elpárolgó vízből történő vízfelvétel, ködképződés) csak egy pontig marad fenn; e ponton túl a felhőből esni kezd a csapadék, és a felhő nagysága csökken – függetlenül attól, hogy „kis”, helyi záporról van-e szó, vagy egy kiterjedt frontrendszer felhőrendszeréről.

### *Élő szervezetek*

**Élő egyedek anyagáramlása:** erről fent már volt szó; megismételve: az egyed súlya az élettevékenysége (biokémiai folyamatok, mozgás, a test melegítése stb.) következtében csökken, táplálkozása eredményeként viszont nő.

**Fajok anyagáramlása:** hasonló anyagáramot lehet meghatározni fajok esetében. Növényfajok esetében a fotoszintézis miatt nő a biomassza, viszont a növények légzése, természetes bolygatások (szél- és hőtörés, erdőtüzek stb.) következtében, ill. a növényevők fogyasztása miatt csökken. A növényevők, pl. nyúl mennyisége függ a rendelkezésre álló (növényi) élelemtől, valamint a ragadozók számától; a ragadozók, pl. róka mennyisége pedig a növényevők mennyiségétől, továbbá a konkurens ragadozók számától, a fizikai környezet korlátozó hatásától, a fellépő betegségek mennyiségétől stb. A „biomassza” minden esetben egy-egy faj esetében az egyedek testtömegének összege, ami tehát csökkenhet, de nőhet is.

**Ökoszisztémák anyagáramlása:** Az ökoszisztémák fajok sokaságából álló rendszerek. E rendszereken belül egyes fajok tömege nőhet, másoké csökkenhet úgy, hogy a teljes rendszer tömege többé-kevésbé állandó. Bizonyos esetekben azonban (az anyag-felvételi folyamatok korlátozódása, pl. egy tó kiszáradása következtében) túlsúlyba kerülhetnek a biomassza-csökkentő folyamatok, és az egész rendszer tömege is csökkenhet. Más esetekben viszont, pl. erdőtüz után, az ökoszisztéma meghódíthat új területeket, amikor is az anyagfelvételi folyamatok (fotoszintézis) kerülhetnek túlsúlyba, és a teljes rendszer mérete, tömege nőhet.

**Föld anyagáramlása:** A Föld élettelen és élő szférái a világűrrel vannak kapcsolatba; onnan (meteoritok stb. formájában) anyag és (napsugárzás, ill. kozmikus sugárzás formájában) energia érkezik, és (pl. a légkör egy részének eltávozása miatt) anyag és (a hősugarak kisugárzása következtében) energia távozhat. De ha Földnek csak a számunkra fontos külső rétegeit nézzük, akkor figyelembe vehetjük a Föld magja irányából a felszínre érkező anyagot és energiát (pl. vulkánok esetén), ill. azt az anyagot és energiát, ami a tengerfenékre lerakódva „eltűnik” előlünk.

**Mi a hasonlóság a fenti folyamatokban** - függően attól, hogy milyen rendszerekről, ill. milyen léptékekről van szó?

- mind véges kapacitásokhoz kötöttek
- mind az anya- és energia-megmaradás törvényén alapulnak.

Egyes rendszerekben – pl. olyan életközösség, amely eső után létrejött pocsolyákban jön létre: a víz a pocsolyából szép lassan elpárolog - az anyagáramlás egyirányú, ezért a rendszeren keresztül történő anyagáramlás csak egy ideig marad fenn. (Az élet „találmánya” ilyen esetek fenntarthatóságának a biztosítására az, hogy a pocsolyában élő, majd ott életkörülményeinek megszűnését átélő szervezetek betokozódással el tudják érni, hogy a faj fennmaradását egy újabb eső után ugyanott, ill. szél vagy más módon történő terjedéssel más pocsolyában biztosítani tudja. Itt azonban inkább információnak, és nem annyira anyagnak az áramlásáról van szó.) Más rendszerekben ugyanakkor a folyamatok nem egyirányúak, hanem ciklushoz kötöttek. Ilyenkor is korlátozott az anyagáramlás sebessége, ám az anyagáramlás sokkal-sokkal hosszabb ideig zajlik, ha nem is állandó sebesség mellett.

### *Üzemanyag-termelés és -használat*

**Autó üzemanyagtankja:** egy autó csak akkor működőképes, ha a benzintankjában van benzin. Egy tank jellemzően a tankolás után kb. 400-600 km megtételéig biztosítja az autó folyamatos benzin-ellátását; utána a tankot valahonnan – a benzinkút tároló-tankjából - fel kell tölteni.

**Benzinkút tankja:** ez a tank sok autó, ill. tehergépjármű üzemanyagát tudja tárolni, ill. ezek üzemanyag-utánpótlását tudja ellátni, de a kapacitása véges. A feltöltését olajfinomítókból, tehergépkocsikkal kell elvégezni.

**Finomító-vállalat tankja és kapacitása:** a benzinkutakhoz juttatott üzemanyagot országonként egy vagy néhány nagy finomító-üzem látja el. Ezek működésére hasonló vonatkozik, mint a termelő vállalatokra általában: ahhoz, hogy folyamatosan, vagyis fenntartható módon működjenek, folyamatosan biztosítani kell az alapanyag-készletek, a feldolgozás, és a feldolgozott termékek elszállítása közötti összhangot, a „Termelő vállalatok anyagforgalma” részben leírtaknak megfelelően.

**Olajvállalat tankja, szállítási (logisztikai) kapacitásai:** a finomító-üzemek olajkitermelő vállalatoktól kapják a nyersanyagukat. A kitermelő vállalatok outputja tehát az az olaj, amit egy más vállalatnak átadnak; inputjuk viszont az általuk feltárt és üzemeltetett olajkutakból származik. Az output mennyiségét a kitermelési és tárolási kapacitások korlátozzák, ill. az, hogy az elvárt kitermelési sebességet tudják-e biztosítani az olajkutak, ill. hogy a termelt olaj tárolókból (a kereslet és a szállítási kapacitások függvényében) el tudták-e szállítani az olajat.

**Olajkitermelő vállalat olaj-nyerőhelyei:** Minden olajkút véges mennyiségű olajat tartalmaz, melynek kiürülése után az olajkútból tovább már nem (vagy nem gazdaságosan) nyerhető olaj. Egy-egy olajkútból történő termelés tehát csak addig fenntartható (hasonlóan az autók benzintankjához), amíg a kútban van olaj. (Az autókkal ellentétben azonban az olajkutak feltöltése nem lehetséges, ill. sokmillió év alatt történne csak meg.)

**Föld olajkészlete:** A Földön sok olajkút van; ám ezek száma, és a bennük található olaj mennyisége véges. Ez még akkor is így van, ha eddig nem minden potenciális olaj-lelőhelyet fedeztek fel, és nem mindegyikből kezdték meg a termelést. A kőolaj kitermelése a Földön még néhány évtizedig elképzelhető, ám fenntartani a kitermelést ennél hosszabb távon nem lesz lehetséges.

**Mi ezek között a rendszerek között a hasonlóság?**

- mind véges kapacitásokhoz kötöttek
- mind az anya- és energia-megmaradás törvényén alapulnak
- mivel az anyagáramlás egyirányú, az egy-egy rendszeren történő anyagáramlás csak egy ideig oldható meg.

Mi a különbség a bemutatott rendszerek között? Csak a lépték, ill. az ettől is függő, de a fenntarthatóság általánosítható modellezését (pl. egyenletekkel történő leírását) nem befolyásoló rendszer-részletek.

### *Pénzügyi példák*

A pénzügyek első pillantásra talán nem fenntarthatósági, ill. nem anyagáramlási esetek. Valójában azonban ennek az ellenkezője igaz. Ennek az egyik oka az, hogy az értéket képviselő pénz mögött mindig valamilyen olyan "érték" húzódik meg, ami végső soron a fizikai világ valamilyen anyaga, ill. energiája (pl. arany, a GDP, tehát a fizikai világ anyagát és energiáját átformáló emberi munka stb.). Amikor pedig a pénz értékek forgalmát könnyítő, önmagában érték nélküli közvetítő eszközként szerepel, akkor az általa képviselt értékek véges mennyisége vonatkozik rá, amelyre érvényes az anyag- és energiamegmaradás törvénye.

**Egyének/háztartások pénzügyi egyenlege:** Egy (egy- vagy többfős) család a bevételéből élhet (bárhonnan származik is az: havi fizetésből vagy egyéb munkajövedelemből, vagyon kamatából, tőke/vagyon értékesítéséből stb.). Ennél a bevételnél kevesebbet költhet; de ha többet akar költeni, akkor megtakarított vagyonának egy részét fel kell áldoznia, vagy pedig hitelt kell felvennie, amit aztán később vissza kell fizetnie (vagyis később az akkori bevételénél kevesebbet költhet majd csak). Hosszú távon a kiadások nem haladhatják meg a bevételeket, máskülönben a kiadások szintje fenntarthatatlanná válik.

**Vállalatok pénzügyi egyenlege:** A vállalatok (beleértve pl. a bankokat) bevétele az általuk előállított termékekből, ill. szolgáltatásokból származik. Induláskor a tulajdonos(ok) pénze, ill. hitel képezi a kiadások forrásait. A vállalat - termeléssel összefüggő - kiadásai nem lehetnek nagyobbak, mint a vállalat mindenkori (a hiteleket is tartalmazó) forrásai. A hiteleket a vállalatoknak is vissza kell fizetnie. Ha ez nem sikerül, akkor a vállalat működése fenntarthatatlanná válik, és csődbe megy.

**Önkormányzatok pénzügyi egyenlege:** Az önkormányzatoknak szokott lenni saját bevétele (pl. helyi iparűzési adó, saját vállalatainak bevételei stb.), kaphat pénzt az államtól (az államhoz befolyó adóból, közcélú feladatok ellátására), és nyilván sokféle kiadása van (a helyi iskola működésének biztosításától kezdve útépítésig, városfelújításig, szociális segélyekig, helyi rendezvények, a helyi ipar támogatásáig, stb., a polgármester fizetésével bezárólag). A szabály itt is ugyanaz: a kiadásokat csak a bevételekből lehet fedezni, esetleg hitelt kell felvenni, de azt a jövőben valamikor vissza kell fizetni - ellenkező esetben az önkormányzat is csődbe mehet, amiből csak az állam segítheti ki.



**Országok pénzügyi egyenlege:** országok költségvetése sokkal bonyolultabb, és sokkal több tételt tartalmaz (pl. hadügyi kiadások, egészségügyre, oktatásra stb. fordított összegek), mint ami a többi fenti esetben elképzelhető. Ugyanakkor az az államra is igaz, hogy csak a bevételeiből (a legkülönbözőbb adók, az állami vállalatok bevételei stb.) fedezheti a kiadásait (pl. közalkalmazottak fizetése, nyugdíjak folyósítása stb. stb.). Ha egy államnak sikerül kevesebbet költenie, mint amennyi a bevétel (ritkán ugyan, de ez is előfordul), akkor a vagyona nő; ha viszont több a kiadása, mint a bevétele, akkor hitelt kell felvennie (pl. államkötvények kibocsátásával). Az állam nagy szervezet, ám - ahogyan azt a történelem már nem egyszer megmutatta - csődbe mehet, ha nem megfelelően gazdálkodik a rá bízott vagyonnal.

**Mi e pénzügyi helyzetek között a különbség?** Valójában csak a lépték, ill. az ettől is függő rendszer-részletek.

**Mi köztük a hasonlóság?**

- mind véges kapacitásokhoz (bevételi forrásokhoz) kötöttek
- végső soron mind az anya- és energia-megmaradás törvényén alapulnak, és a fenntarthatóságuk elemzésére alkalmasak az e törvény alapján működő mérlegegyenletek.

## A fenntartható rendszerek számszerűsítése

A fentiekben bemutatott példák valójában csak néhány, fontossága vagy gyakorisága miatt kiemelt helyzetet szemléltetnek. A körülöttünk lévő fizikai világban, ill. a humán szféra legkülönbözőbb területein se szeri se száma a hasonló helyzeteknek. Ezek számszerűsítése általánosítható, melynek módját később tárgyalom. Ennek során minden esetben fontos betartani azokat a **lépéseket**, amelyek a fenntarthatósági helyzet elemzéséhez és megértéséhez, végső soron kezeléséhez szükségesek. Habár **itt csak magukra a példaként felhozott helyzetekre koncentrálunk**, a fentiek alapján is világossá kell legyen, hogy *a számszerűsítéshez minimum az alábbi lépésekre van szükség:*

1. Pontosan meghatározzuk, **mi is az a környezeti tulajdonság**, aminek a fenntarthatóságát akarjuk biztosítani.

2. **Azonosítjuk azokat a kapacitásokat és környezet-használatokat,** amelyek meghatározzák a vizsgált környezeti tulajdonság fenntarthatóságát (növelik, ill. csökkentik a környezeti tulajdonsághoz rendelhető mennyiséget, pl. a biomasszát, az olaj-, ill. benzin-készletet, a pénz mennyiségét).

3. **Számszerűsítjük e kapacitások és használatok nagyságát.**

4. **Modellt** állítunk fel, amely leírja azt, hogy a kapacitások és környezet-használatok hogyan hatnak a fent meghatározott környezeti tulajdonság fenntarthatóságára: melyik kapacitás, ill. használat hogyan, milyen mértékben változtatja meg a fenntartani kívánt mennyiséget. (Ez a modell az esetek túlnyomó részében hasonló mérlegegyenletre épít, mint amit a **(9) -es egyenlet** kifejez.)

## 12. Nem minden problémára szabad ráhúzni a "fenntarthatóság" logóját.

A "fenntarthatóság" kérdése a történelem során viszonylag körülhatárolhatóan környezeti problémákkal függött össze. E problémák néhány mérföldkövét jelentik az erdőgazdasági tartamosság kialakulása (az erdők eltűnése miatt; l. feljebb [itt](#), ill. lejjebb [itt](#)); a nemzeti parkok és természetvédelmi területek létrehozása (a háborítatlan, gazdag természeti értékek eltűnése miatt); Carlson "Néma tavasz"-a (a környezetszennyezések hatására); "A növekedés határai"; a Montreáli Egyezmény (az ózon-réteg megfogyatkozása miatt); a Bruntland-jelentés; és az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület (IPCC), valamint az ENSZ Éghajlatváltozási Keretegyezményének létrejötte (a klímaváltozás miatt). A fenntarthatóság fogalma is ezek nyomán fejlődött ki. Később a fenntarthatóság és a fenntartható fejlődés olyan *divatos kifejezésekké* váltak, amelyeket nemcsak a tudományban, oktatásban és a politikában, hanem még a vállalkozások világában is olyan személeteknek gondolnak, amelyek rendszeres ismételtetésével akarják pénzügyi, szociális és más, nem feltétlenül környezeti ügyvel kapcsolatban a "fejlődés" és a "zöld" hozzáállás látszatát kelteni. Ez azonban egyáltalán nem jelenti azt, hogy ezeknek az ügyeknek bármi köze is lenne fenntarthatósági kérdésekhez, vagy ha igen, akkor ezek természetének megfelelően kezelnék őket.

Egy másik gyakori hiba az, amikor összetévesztik azt az esetet, amikor az eddigieknél kevésbé fenntarthatatlan módon kezelünk valamit, azzal, hogy fenntartható módon kezeljük. Tegyük fel pl., hogy egy ország adósság-állománya az utóbbi években évente 10 %-al nőtt. Fenntarthatóvá akkor válna az adott ország költségvetése, ha az adósság-állomány nem növekedne tovább (még jobb volna természetesen, ha elkezdene csökkenni). Ha tehát a 10% helyett "csak" 5% az éves költségvetési hiány, akkor "fenntarthatóbb" módon gazdálkodtunk (valójában: kevésbé fenntarthatatlan módon), de egyáltalán nem fenntartható módon. Ugyanígy, ha pl. a talajvíz-készlet megőrzéséhez maximum évi 100 ezer m<sup>3</sup> kiemelésére van lehetőség egy kistérségben, akkor az, hogy évi 600 ezerről 400 ezer m<sup>3</sup>-re csökkentettük a kitermelést, a helyes irányba tett lépés, kevésbé fenntarthatatlan vízgazdálkodást mutat, de távol van a fenntartható gazdálkodástól.

### 13. A sokféle fenntarthatóság közül hosszú távú fennmaradásunkat tekintve a környezeti fenntarthatóság jelenti az igazi problémát

Nyilvánvalóan nem minden fenntarthatósági kérdés ugyanolyan fontos. Az egyes országokra kiterjedő pénzügyi kérdések pl. nem elhanyagolhatóak, ám még a Egyesült Államok "pénzügyi szakadékanak" (angolul "fiscal cliff") kérdése is sokkal könnyebben megoldható, mint a globális környezeti problémák (ezeket az előbbi analógiájára hívhatnánk "környezeti szakadéknak", "environmental cliff"-nek is). A környezeti problémák ugyanis általában sokkal nagyobb, sokkal több résztvevős rendszereket érintenek, mint a Föld bármelyik országa, s bár sokkal közvetlenebbül érintik életfeltételeinket, mégis sokkal kevésbé ismertek, sokkal hosszabb időtávokat érintenek, és ezért sokkal nehezebb őket kezelni, mint más rendszereket. Emiatt *fenntarthatósági szempontból* hosszú távon *nem a szociális, gazdasági, morális stb. problémák az elsődlegesek* (bár ezek kétségtelenül szintén fontosak, de nem a fenntarthatóság szempontjából), *hanem a környezeti*.

### 14. A környezeti problémákkal az eddigieknél sokkal nagyobb mértékben kellene foglalkozni

Egy, az emberiség végső pusztulását eredményező, pl. atomfegyverekkel vívott globális háborúnak van kockázata, azonban ezt a kockázatot nem a "hétköznapi" értelemben vett fenntarthatóság kockázatai közé szoktuk sorolni. Ezen kívül minden társadalomban, minden kormány idején a "pillanatnyi" problémák tűnnek a legfontosabbaknak, azonban ezek túlnyomó kérdéséről előbb-utóbb kiderül, hogy valóban csak "pillanatnyi" jelentőségük volt. Mára a problémák súlyát és hosszútávú jelentőségét tekintve a környezeti problémák váltak a legfontosabbakká. Ennek átlátása ahhoz kell vezessen, hogy társadalmi szinten ki kell alakítani olyan mechanizmusokat, amelyek által a hosszabb távon jelentkező, ill. csak ilyen hosszabb távon kezelhető, vagy megoldható problémákkal az eddigieknél sokkal többet és sokkal hatékonyabban foglalkozunk.

**15. A környezeti fenntarthatóság problémája általánosan megfogalmazva azt jelenti, hogy az emberiség túl sok anyagot és energiát igényel a környezetétől, és túl sok hulladékanyagot és -energiát akar a környezetére ráterhelni**

A környezet a tapasztalat szerint akkor károsodik, ha igényeink nagyobbak a környezeti kapacitásoknál. Ez a legtöbb környezetkárosításnál helyileg is megnyilvánul, de az emberiség összesített igénye is "túl nagy", ami a Föld túlterhelésével és ebből adódó károsodásával jár. Ez a károsodás a Földnek a számunka fontos ellátórendszereit, más kifejezéssel biokapacitásait érinti.

**16. A fenntarthatóság elvének definiálásakor gyakran megfogalmazott, ill. alkalmazott azon feltételezés, mely szerint egy rendszer (pl. a Föld, vagy az emberiség) működhet vágyak vagy célok szerint anélkül, hogy törődnének magának a rendszernek a tulajdonságaival, téves. A fizikai, kémiai, biológiai stb. rendszerek fizikai, kémiai, biológiai stb. törvények szerint működnek**

Erre a a vágyak vagy célok szerint működő, de a valóságban a fizikai valóságtól elrugaszkodott feltételezésre jó példa a "fenntarthatóság" alábbi, egy kormányzati honlapon ([US EPA, 2013](#)) található, nem operatív

definíciója: "What is sustainability? Sustainability is based on a simple principle: Everything that we need for our survival and well-being depends, either directly or indirectly, on our natural environment. Sustainability creates and maintains the conditions under which humans and nature can exist in productive harmony, that permit fulfilling the social, economic and other requirements of present and future generations." Ez a definíció azt a vágyat fogalmazza meg, hogy "a természettel produktív harmóniában éljünk", de azt nem mondja meg, hogy hogyan. Ez a hogyan abból vezethető le, hogy a túlélésünk vagy jólétünk nem egyszerűen "a természeti környezetünktől függ", hanem azt nagyon is konkrét törvények határozzák meg. Ezt a megfogalmazás első mondata nem is érinti, a második mondata pedig olyan általános, politikai nyelvezetet használó vágyakat fogalmaz meg, amivel sem politikus, sem a gyakorlati életben dolgozó lakossági vagy üzleti szereplő semmit nem tud kezdeni. Az ilyen személet egyik oka az lehet, hogy az ember a környezetével kapcsolatban sok mindent, és a technika és tudomány fejlődésével egyre több mindent tud szabályozni, befolyásolni, vezérelni. Ezt az elvet automatikusan alkalmazzuk akkor, amikor a szabályozó-verzérő tevékenységeinkről van szó, s ez egyfajta illúziót kelt, a mindenhatóság érzését kelti, ill. ezt gyakran elfelejtjük akkor, amikor a vágyaink, álmaink kerülnek előtérbe, vagy amikor egyszerűen hozzá nem értésből, megalapozatlanul, meggondolatlanul hozunk döntéseket. A természet törvényei azonban az ember akaratától függetlenül érvényesülnek. Mindez gyakran azért nem nyilvánvaló, mert hibás megközelítésünk hatásai csak hosszú, vagy nagyon hosszú idő elteltével jelentkeznek.

---

**17. Ahhoz, hogy megfelelő fenntarthatósági politikát tudjunk kidolgozni és végrehajtani, szükséges tudnunk, hogy a környezeti problémáinkkal kapcsolatban hogyan érvényesülnek a természeti törvények**

A környezeti problémák bonyolult, összetett élettelen és élő rendszerekkel függenek össze. E rendszerek átlátása sokszor még az összes tudományos ismeret birtokában is nehéz, vagy lehetetlen. Elvben az is elképzelhető, hogy e rendszereket ilyen ismeretek nélkül is megfelelően lehet irányítani, de a tapasztalat azt mutatja, hogy a környezetünkkel legtöbbször csak akkor megfelelő a viszonyunk, ha nem áll módunkban e környezetet a tevékenységünkkel lényegesen befolyásolni; akkor, amikor hatalmunkban áll

a környezet folyamatait jelentős mértékben befolyásolhatjuk, csak akkor kerülhetjük el a környezet károsítását, ha tevékenységünk a környezet törvényeivel összhangban történik. Ez az összhang viszont csak akkor valósulhat meg, ha a tevékenységünk következtében kialakuló *terhelés megfelelően viszonyul a környezeti kapacitásokhoz*.

### 18. El kell különíteni magának a fenntarthatósági-környezeti kríziseknek a jelenségét a kríziseket okozó tényezőktől

A fenntarthatósági problémák megértéséhez nem elegendő az azok előidézésében szerepet játszó társadalmi folyamatok feltárása, bármilyen gyakran is csak ezekkel foglalkoznak. A fenntarthatóságot meghatározó fizikai folyamatoknak és ezek hatásainak a megértéséhez a természeti törvények érvényesülésének feltárása szükséges. Ehhez e törvényeket, a velük kapcsolatos természeti folyamatokat, az azokat eredményező társadalmi-gazdasági folyamatokat, és e társadalmi-gazdasági folyamatok befolyásolását külön-külön tanulmányozni szükséges. Első lépésben fel kell tárni a krízis elsődleges, fizikai okait, és csak ezután kerülhet sor arra, hogy - a természettudományi törvényeket megértve és azokat figyelembe véve - társadalmi-gazdasági megoldást keressünk a krízisre.

### 19. A fenntarthatósággal összefüggésben morális kérdéseknek csak akkor van értelme, amikor már tudjuk, mi számít "jó"-nak és mi számít "rossz"-nak

A különböző problémák *megoldására* nézve gyakran javasolnak morális, szociológiai vagy politikai megoldást. Megoldásról, ezen belül morális kérdésekről akkor van értelme beszélni, ha már tudjuk, hogyan kell a környezeti limitációkat kezelni fizikai szempontból, és ebben az értelemben mit jelent a "jó" és a "rossz". A környezeti fenntarthatósági ügyekben ezt viszont csak akkor tudjuk meg, ha először megismerjük a problémát és megértjük annak természetét, ezután pedig - elfogadva e fizikai törvények elsődlegességét - kidolgoztuk a fizikailag lehetséges megoldásokat, tudjuk, hogy a tevékenységünk következtében kialakuló környezeti terhelés hogyan

viszonyul a kapacitásokhoz, és megismertük, mely tevékenységek vezetnek fenntarthatatlan, és melyek vezetnek fenntartható környezethasználathoz.

---

**20. A fentiek nem jelentik azt, hogy erkölcsre, a szociális kérdések megoldására, az egyenlőtlenségek megszüntetésére, életmódunk megváltoztatására stb. nincs szükség**

Akkor, amikor a fizikai törvények *elsődlegességét* hangsúlyozzuk, azt nem szabad azonosítani azok *kizárólagosságával*. A fizikai törvényekre alapozott környezeti fenntarthatóságnak csak első lépése e fenntarthatóság korlátainak megértése; ez önmagában nem biztosítja, hogy meg is tudjuk valósítani a fenntarthatóságot. A megértést *követően* a legkülönbözőbb társadalmi folyamatok és a többség által elfogadott módszerek és értékek alapján - demokrácia, egyenjogúság, törvényesség, morál stb. - kell kialakítani azokat a módszereket, amelyekkel a fizikai korlátokon belül mindenki, vagy legalább a többség javára ténylegesen meg is valósítható a fenntarthatóság.

---

## IV. A környezeti fenntarthatóság kapacitás-használati egyensúlyi trajektóriák megvalósításának kérdése

---

### 21. A fenntarthatóság szempontjából fontos természeti törvények közül talán a legfontosabbak a termodinamikai főtételek, köztük az anyag és energia megmaradásának a törvénye

Ezt a törvényt a legtöbben az iskolában hallották utoljára emlegetni. A fenntarthatósági problémák azonban arra figyelmeztetnek, hogy ez a törvény működik, és ezt a törvényt nem szeghetjük meg, hiszen ha elfogynak a készletek, az azért van, mert anyag és energia nem keletkezhet, ha pedig betelnek a tárolók (pl. a szeméttelpek), akkor az azért van, mert anyag és energia nem tűnhet el. Minden csak egy helyről egy másikra vándorolhat, vagy formájában/működésében változhat meg, de semmi nem keletkezhet, és semmi nem tűnhet el.

### 22. A környezethasználat mértéke a tudományos fejlettségtől és technikai tudástól nagy mértékben függ, de e tudás a környezeti kapacitások korlátait nem szünteti meg

A tudományos és technikai tudás az egységnyi emberi igény kielégítéséhez szükséges környezeti kapacitások nagyságát befolyásolhatja. Ez a szükséges kapacitás a kihasználás alacsony hatásfoka mellett nagy, míg nagy hatásfok mellett kisebb. A "kisebb" elméleti alsó korlátja azonban maga az *emberi igény*, ami egy ember átlagos igényétől és az emberek számától függ, de sosem nulla.

### 23. A fenntarthatósági problémák szempontjából általános értelemben "kapacitásokról" érdemes beszélni, ami azt az anyag- vagy energia-mennyiséget jelöli, amit a környezetből kivonunk, vagy oda visszajuttatunk



A "kapacitások" ebben az értelemben nagyon hasonlóak az elektronikában használt kondenzátorok kapacitásához. A kondenzátorok - az elektromos áramkörben betöltött szerepüktől függően - időnként bizonyos mennyiségű energiát képesek az áramkörből felvenni és tárolni ("feltöltődni"), máskor pedig ezt az energiát az áramkörnek leadni ("kisülni"). Ilyen, lassú feltöltődés volt a kőolaj-, gáz- és kőszén-telepek képződése, és ilyen kisülés mostanában az olaj, a gáz és a kőszén elégetése.

A kapacitások vonatkozásában néha "biokapacitásokról" beszélnek. A "biokapacitás" fogalmat használja az ún. Ökológiai Lábnyom rendszer ("Ecological Footprint") is ([Wackernagel, 1991](#); [Rees, 1992](#); [Global Footprint Network, 2012](#)). Ha a Földet élőlényként tekintjük, akkor ebben a biológiai értelemben valóban beszélhetünk biokapacitásokról. Azonban a mindennapi szóhasználatok értelmében helyesebb arról beszélni, hogy az igénybevett kapacitások között vannak "*bio*"-kapacitások, vagyis élő folyamatokhoz kötöttek, de *abiotikusak* is, amelyek környezetünk abiotikus elemeire vonatkoznak (pl. a kibányászható rézérc-készletek, vagy az óceánok CO<sub>2</sub>-felvételi képessége). Azonban a "kapacitás" lényege nem feltétlenül az, hogy valami "bio", hanem az, hogy egy elméletben meghatározható nagyságú, és itt a Földön véges mennyiségű valamiről van szó, általános értelemben tehát a leghelyesebb "kapacitásokról" beszélni.

A fenti "bio"- "nem-bio" elkülönítésnél fontosabb az is, hogy kapacitások egy része újratermelő (ezen belül biotikus, de abiotikus módon "megújuló") kapacitások is, ill. újratermelő, de vannak nem újratermelő, nem megújítható kapacitások is. Minden újratermelés vagy újratermelő, szintén kapacitásokkal, korlátokkal jellemezhető rendszerből származó anyagot és/vagy energiát igényel (vagy az oda való elhelyezési lehetőségüket feltételezi), tehát az újratermelő és az újratermelés is valójában véges, csak legfeljebb bizonyos körülmények között nagyobb, vagy hozzáférhetőségét tekintve másféle kapacitást jelent.

**24. A fenntartandó rendszerekre jellemző folyamatok elvben leírhatók az anyag- és energiamegmaradás törvénye alapján működő kapacitás-modellekkel (egyszerűbb esetekben akár egy vagy néhány képlettel)**

Minden rendszer több vagy sokféle tulajdonsággal rendelkezik, és a tudományos világkép szerint a tudomány módszereivel ezek mindegyikét lehet modellezni (legalábbis elvben). Kvantitatív jelenségek esetén ezek a modellek mindig kvantitatívak, vagyis mennyiségek mérhető vagy becsülhető nagyságát határozzák meg, és e mennyiségek között teremtenek kapcsolatokat. E mennyiségek a fenntarthatósági problémák esetén a környezeti kapacitások nagyságával, valamint az emberi kapacitás-használat mértékével függnek össze. A környezethasználatnak nagyon sok fajtája lehet, a modellek e fajtáktól függhetnek, de bizonyos mértékig *általánosíthatók*, éppen az anyag- és energiamegmaradás törvényének általános érvényessége miatt. E törvény azt mondja ki, hogy egy zártnak tekinthető rendszeren belül az összes anyag, ill. energia mennyisége állandó. A fenntarthatóság szempontjából ilyen zárt rendszernek lehet tekinteni azt a rendszert, amely egy *bizonyos időszak alatt* a környezet véges kapacitásai közül *felhasznált kapacitások teljes mennyiségét* magába foglalja, bárhol is legyenek fizikailag ezek a kapacitások.

---

**25. A kapacitás-modellekkel mindenféle fenntarthatósági helyzetet kezelni tudunk függetlenül attól, hogy a környezetből történő anyag- és energia felvételtől, vagy ezek környezetbe történő leadásáról van-e szó**

A környezeti fenntarthatósági helyzetekben erőforrás-használatról, nyersanyagokról, energiaforrásokról stb., ill. szennyezőanyag-kibocsátásról, hulladékelhelyezésről, környezetszennyezésről stb. szoktunk beszélni. Az anyag- és energiamegmaradás törvénye szempontjából ugyanakkor mindegy, hogy az anyagok és energiák milyen irányban mozognak. Ezért a környezetből történő anyag- és energia-felvételi folyamatok leírására szolgáló modelleket az anyagok és energia környezetben történő elhelyezésére is használhatjuk, és fordítva.

---

## **26. Egyszerűbb kapacitás-modellekkel a koncepció könnyen megérthető; de ilyen modellek alkalmazására a mindennapokban is szükség lehet, tehát ezek ismeretének beépítése a mindennapi tudásba is alapvető haszonnal járna a fenntarthatóság megvalósításában**

Az egyszerűbb modelleknél a bonyolult lefolyású folyamatokat egyszerűbbekkel helyettesítjük. Ilyen pl. az, amikor változó mértékű folyamatokat lineárisokkal helyettesítünk. Természetesen a konkrét folyamatoktól függően ez az egyszerűsítés vezethet helytelen következtetésekre, de az is elképzelhető, hogy az egyszerűsítés hatása hosszabb időszakot tekintve jelentéktelenné válik. Az egyszerűsítéseknek ugyanakkor sokszor az az előnye, hogy egyszerűbb rendszereket könnyebb átlátni és megérteni, ennek következtében pedig könnyebben lehet elérni és fenntartani a fenntarthatóságot.

Az alábbiakban leegyszerűsítve modellezzük az emberi környezeti használat néhány főbb típusát a fentiek alapján. Az első néhány példában - az egyszerűség kedvéért - feltételezzük, hogy az emberi használat az időben változatlan. Ez a gyakorlatban természetesen nem így van, ám a cél először csak a koncepció szemléltetése. E példák után kerül sor rendszerek általánosabb modelljének bemutatása. Konkrét rendszerek fenntarthatóságának a vizsgálatához speciális modellek kifejlesztésére lehet szükség.

---

## **27. Az újra nem tölthető készletek előbb-utóbb kimerülnek**

Véges, és nem újratölthető készletekkel rendelkező pl. a Curiosity nevű, a Marson 2012. augusztusában landolt szonda, amelynek leszállás közbeni fékezéséhez csak meghatározott mennyiségű üzemanyag állhatott rendelkezésre, és a tartályt a Földről nem áltt módjában senkinek sem feltölteni. A leszálláskor szükséges fékezésre korlátozott ideig volt szükség, de ez alatt az idő alatt fenn kellett tartani egy állandó fékezőerőt, ami csak akkor és addig volt lehetséges, amikor és ameddig elegendő üzemanyag állt rendelkezésre a üzemanyag-tartályban.

Ugyanígy, nem tudjuk újból feltölteni a Föld kőolaj, földgáz és szénkészletét sem (azok természetes "újrátöltődéséhez" pedig speciális feltételek, és a természetben sok millió évre lenne szükség).

A Földnek az esetleges (atom-)energia-nyerésre felhasználható urán-készletei is végesek, és nem újratölthetők. Az összes, általunk bányászott természeti erőforrás, pl. a réz-, nikkel-, kadmium-, ezüst-, arany stb. készlet is véges, és nem tudjuk Földön kívüli forrásokból újra feltölteni őket.

Mindezen készletek kihasználata véges ideig fenntartható. "Végtelen" (anyag és energia-) készletekkel csak az univerzum rendelkezik. A kihasználás ideje természetesen függ annak sebességétől.

Ha *feltételezzük*, hogy *egyenletes* felhasználási sebességgel aknázunk ki egy készletet, akkor a kiaknázás fenntarthatóságának ideje az alábbiak szerint számítható:

Idő = Készlet / felhasználási sebesség; betűjelekkel:

$$T = K / H \quad (1)$$

Példa:

ha egy fűtőolaj-tartály mérete:

$$K = 1,000 \text{ liter};$$

a fűtési szezon ideje alatt elfogyasztott fűtőolaj mennyisége:

$$H = 200 \text{ liter/hó}; \text{ akkor (egyenletes fogyasztás mellett)}$$

a tartály segítségével fűthető időszak hossza:

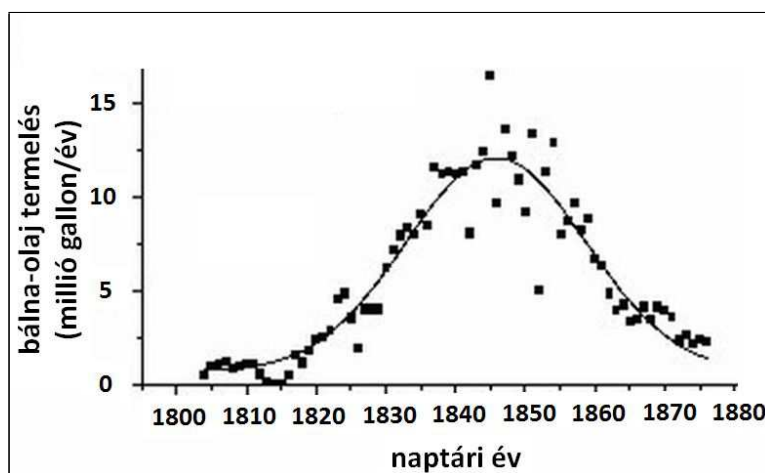
$$T = 1,000 / 200 = 5 \text{ hó.}$$

A konkrét példában nem a 5-ös szám az érdekes (lehetne bármilyen más szám is, a rendszertől függően), hanem az, hogy **T** mindig *véges*.

Ha a felhasználás sebességét nem időben, hanem más egységben, pl. km-ben mérjük, akkor is hasonló számításokat lehet elvégezni. Így pl. a benzinfogyasztású autók használatának esetében a fenntarthatóság véges volta minden autós számára nyilvánvalóvá válik, amikor kiürül az autó üzemanyag-tankja: ha az autó üzemanyag-tartálya 42 literes, és az autó 7 l-t fogyaszt 100 km-enként, akkor ez kb. 600 km után következik be.

Ha a véges  $T$  értékből hátralévő idő már kicsi (vagy kevés benzin maradt a tankban), nemsokára bekövetkezik, hogy a készlet elfogy. A használatot azután csak akkor tudjuk tovább folytatni, ha újból fel tudjuk tölteni a készleteket: ha meg tudjuk tölteni az autónk tankját.

Ez a példa nyilvánvaló minden autós számára, de - a jelek szerint - nem feltétlenül az az emberiség számára. Elvben megújuló, de túlhasznált rendszer volt a bálnaolaj-felhasználás a XIX. században. Az akkor megújulásra képes bálna-populáció által előállított bálnaolajat először csak néhányan és kevés dologra használták; később egyre többen próbálták élvezni hasznait. Ennek következtében fejlesztették a bálna-fogási technológiákat és egyre több hajó kezdett bálnákra vadászni, ám a korábban végtelennek tűnő óceánok véges számú bálna eltartására voltak képesek, ráadásul a bálnák számát egyre csökkentette az egyre intenzívebb vadászat. Ennek következtében az ipari méretekben termelt bálnaolaj mennyisége elfogyott.



4. ábra. A bálnaolaj-termelés alakulása a XIX. században. (Forrás: *Global Footprint Network, 2012.*)

## 28. A ki nem üríthető tárolók előbb-utóbb megtelnek

Véges egy zárt helyiség levegőjének felvevőképessége (ebből adódnak pl. a házak fűtésének/kéményének elromlása miatt bekövetkező CO-mérgezések, vagy a borospincékben előforduló, a CO<sub>2</sub> feldúsulásából származó fulladásos balesetek).

Véges, és nem könnyen "kiüríthető" felvevőkapacitással rendelkezik a Föld légköre a CO<sub>2</sub> felvevőképessége tekintetében. Hasonlóan ehhez, ha a szárazföldet teljes egészében beerdősítenénk, akkor egyre több szén tudnának lekötni az erdők, de a szárazföld teljes területén megköthető összes szén lenne a földi erdőségek szén-felvevőképesség felső korlátja; ezt a mennyiséget "kiüríteni", azaz máshova elhelyezni - hogy aztán újrainduljon az erdők szénlekötése - nem lehet.

Szintén véges felvevő (tároló-) képességű a háztartási kuka, amelyet minden héten egyszer vagy többször kiürítve tudjuk csak a szemét-elnyelő képességét helyreállítani. (Ha viszont nem jöt a szemeteskocsi, akkor baj van.)

Véges a halak és madarak nehézfém-só felvétele is; bizonyos szint fölött az élőlények már belehalnak (az ember is) a magas nehézfém-só koncentrációba.

Végül végesek az alumínium-gyártók vörösiszap-tárolói, valamint a radioaktív hulladék tárolási lehetőségek is.

A fenti és más példák modellezéséhez, ismét *feltételezve*, hogy a tárolók "feltöltési sebessége" *állandó*, a maximális feltöltési időt az alábbi képlettel lehet meghatározni:

Idő = Felvevőkapacitás / éves kapacitás-igény; a megfelelő betűjelekkel:

$$T = KK / KI \quad (2)$$

Példa: egy szemétkerakóhely felvevőkapacitása

$FK = 100,000$  tonna;

az éves szemétkerakóhelyezési igény:

$KI = 2,500$  tonna/év;

a szemétkerakóhely használatának maximális ideje:

$T = 40$  év (vagyis véges).

## 29. Az újratölthető vagy újratöltődő készletek bizonyos feltételek mellett hosszabb ideig tartanak

Újratölthető rendszerekre példa az autók benzintankja. A tankba töltött benzin hamar elfogy, de ha benzinkútnál újratöltjük a tankot, akkor maga a benzin-felhasználás tovább folytatódhat.

Újratöltődő rendszerekre példa a napelemekkel történő energia-termelés, amelynek során (eltekintve most az időjárástól) emberi időléptékekben újból és újból kb. ugyanakkora napenergiát lehet befogni (azt, hogy ebből mekkora a ténylegesen hasznosítható energia mennyisége, más kérdés, amit az alkalmazott napelemek hatásfoka befolyásolja; ez a hatásfok változhat, de itt most a ténylegesen hasznosítható teljes energiamennyiség érdekes).

*Feltételezve*, hogy a benzin (vagy napenergia) felhasználási sebessége *állandó*, és a benzintankot bizonyos számú alkalommal újra tudjuk tölteni - vagyis a benzinkészletünket meg tudjuk újítani -, a benzinfelhasználás ideje a következőképpen számítható:

Idő = Készlet a feltöltött benzintartályban / felhasználási sebesség \*  
megújítások lehetséges száma;

a megfelelő betűjelekkel (ahol  $M$  = megújítás lehetséges száma)

$$T = K / H * M \quad (3)$$

Ha  $K = 50$  liter, és  $H = 50$  liter/hét, valamint  $M = 10,400$ , akkor

$$T = 50/50 * 10,400 \text{ hét} = 200 \text{ év.}$$

A 200 év elég hosszú idő volna a jelenleg élő generációk szemszögéből, ám mivel már másfél évszázad már eltelt az olajkészletek kiaknázása óta, ezért a hátralévő idő már meglehetősen végessé zsugorodott...

Ezeknek a rendszereknek a használata bizonyos feltételek teljesítése esetén „végtelen” ideig fenntartható. Ehhez  $M$ -nek elég nagyoknak kell lennie, de ennél többről van szó.

A feltételek jelentőségét könnyű megérteni, ha olyan példákra gondolunk, hogy egy növény elszáradhat az év közbeni szárazság következtében akkor is, ha egyébként éves "átlagban" a neki jutó vízmennyiség elegendő volna. Ugyanígy, ha természeti katasztrófa vagy sztrájkok miatt néhány hétig lehetetlenné válik a benzinkutaknak benzinnel történő feltöltése, akkor az autókat nem lehet használni e hetek alatt, és ez akkor is katasztrófához vezethet egy-egy autós vagy utasai számára, ha egyébként éves átlagban a benzinkút megfelelő benzinellátottsággal rendelkezett.

### 30. A kiüríthető vagy kiürülő tárolók fenntarthatósági ideje bizonyos feltételek mellett növelhető

A kiüríthető vagy kiürülő tárolók tárolásra felhasználható összes kapacitása nemcsak a tároló eredeti kapacitásától, hanem attól is függ, hogy a tárolónkból időközben el tudunk-e vinni anyagot vagy energiát. Ez többféleképpen történhet; ismétlődően (mint ahogyan ismétlődő módon feltöltjük az autó benzin-tankját) vagy folyamatosan, ahogyan pl. a levegőbe került CO<sub>2</sub> egy részét felveszi az óceán vize, és így újból helyreáll a levegő CO<sub>2</sub> felvevő-képessége.

Erre az utóbbi mechanizmusra példát adva, *ha* egy-egy időszak alatt *állandó* a feltöltési sebesség, de *állandó* (és azonos, vagy más ütemű) a kiürülés (kiürítés) sebessége is, akkor a fenntarthatóság ideje a fentiek szerint számítható:

Idő = Felvevőkapacitás / feltöltési sebesség;

a feltöltési sebesség azonban nem egyenlő a kapacitás-használati igényel (a ténylegesen feltöltött anyagmennyiséggel), hanem annál a kiürülési sebesség mértékével kisebb; összefoglalva és betűjeleket használva:

feltöltési sebesség = kapacitás-használati igény – kiürülési sebesség

$FS = HI - KS$ . Ez alapján:

$$T = FK / (HI - KS) \quad (4)$$

Példa:



Egy hulladék-lerakóhely teljes kapacitása:

$$FK = 100,000 \text{ tonna};$$

a hulladék lerakási igény:

$$HI = 2,500 \text{ tonna/év};$$

de mivel a lerakóhelyen lehetőség van

$$KS = 1,500 \text{ tonna/év hulladék elégetésére, így}$$

$$FS = HI - KS = 2,500 - 1,500 = 1,000 \text{ tonna/év; ekkor}$$

$$T = 100,000 / 1,000 = 100 \text{ év.}$$

Ha  $KS = 2,500$  tonna/év, akkor a számítások a nevezőben 0-t kapunk, amiből az időre (matematikailag) végtelen adódik, tehát a rendszerünk valóban "hosszú ideig" fenntartható.

Ebben az esetben azonban vegyük észre azt is, hogy a "kiürülés" az anyagnak csak a *vizsgált rendszerünk*ből történő eltávozását, de *nem a teljes eltűnését jelenti*; vagyis csak azt, hogy az adott anyag (más formában, ti. elégetve) valahova máshova kerül (amihez valamennyi, az égetéshez szükséges anyagot is felhasználtunk). Ott "máshol" aztán vagy felveszi az általunk is vizsgáltat is magába foglaló, nagyobb rendszer, mert az még nagyobb felvevő képességű, vagy hasonló problémát okoz, mint ami a véges kapacitású felvevő rendszereknél szokott jelentkezni. Az üvegház hatású gázok kibocsátása miatt ilyen problémává vált az, hogy a Föld légköre nem tudja már felvenni az égéstermékünket.

## V. A környezeti fenntarthatóság fogalmát újra kell definiálni a kapacitás-használat mértékére alapozva

### 31. A fenntarthatóság eddigi definíciói többnyire nem helyesek, és nem operatívak

A fenntarthatóság mint társadalmi koncepció definíciója az iparosodás fejlődésével nyilvánvalóvá vált kényszerből fejlődött ki. E fejlődés következtében ugyanis - főleg a bányák környékén - kezdtek elfogyjni a fontos ipari alapanyagot, a fát adó erdők. Ennek a helyzetnek a megoldását segítette elő [Hans Carlowitz](#) német bányafelügyelő, aki szorgalmazta az erdők tartamos ("nachhaltend") kezelését. Ez a fajta kezelés azon az elven alapul, hogy hosszabb távon nem lehet több fát kitermelni, mint amennyi megterem (ezt az elv később mint a *fenntartható hozam* - angolul: sustained yield - elve terjedt el, és vált általánossá az erdőgazdálkodásban). Ezt az elvet már több mint nyolc évtizedben alkalmazzák a halászatban is ([Russell, 1931](#)), és később ezt [Daly \(1990\)](#) általánosítva úgy fogalmazta meg, hogy a megújítható erőforrások esetében a hozamoknak egyenlőknek kell lenniük a megújulát (megújítás) ütemével. Jól tudjuk [Carson "Néma tavasza" \(Carson, 2002\)](#) óta, hogy az ökoszisztémáknak a kémiai anyagok (mint pl. a DDT) felvételét meghatározó képessége korlátozott. Az "A növekedés határai" szerzői ([Meadows et al. 1972](#)) szintén erre az elvre, pontosabban: az ennek alapjául szolgáló elvre: *az anyag és energia megmaradásának elvére* építették modelljüket. Nem is építhették volna másra, hiszen ez az általunk ismert világ egyik legalapvetőbb törvénye.

Egészen mindennapi helyzetekben - mint pl. egy család étkeztetése vagy egy autó üzemeltetése - ezt az elvet nem tudatosan, mégis úgy alkalmazzuk, mintha az teljesen magától értetődő lenne: ahelyett, hogy arra építenénk, abban "reménykednénk", hogy az éléskamra vagy az üzemanyag-tank sosem fogy el, elmegyünk a boltba vagy a benzinkútba feltölteni a készleteket, ha azok kimerülőben vannak. Állatfajok egyedei vagy csoportjai mint pl. a méhek és hangyák, de a különböző szintű emberi közösségek is hasonlóan viselkednek: "tudják", hogy nyílt rendszerek, és minden anyag- és energiaveszteséget a környezetükből kell pótolniuk, és minden hulladékukat a környezetükben kell elhelyezniük. Annak ellenére, hogy mindez mennyire közismert dolog, a "fenntarthatóság" leggyakrabban használt definíciói semmilyen módon nem hivatkoznak az anyag- és energiamegmaradás törvényére.

A "fenntartható fejlődés"-nek a Bruntland Bizottság jelentése óta közismert koncepciója (WCED, 1987) azt kívánja csak meg, hogy a jelenlegi generáció igényeit úgy elégítsük ki, hogy azzal korlátoznánk a jövőbeli generációk képességét arra, hogy saját igényeiket kielégítsék. Azonban e koncepció az említett igényeket explicite nem fogalmazza meg, pláne nem kvantitatíve, a környezeti korlátokhoz viszonyítva. Az IUCN, UNEP és a WWF (1991) definíciója hivatkozik ugyan "az élőlényeket ellátó ökoszisztémák ellátó képességének korlátaira", de csak az "ökoszisztémák" és nem minden (élő és élettelen) környezeti erőforrás korlátaira utalva. Az Earth Charter Initiative (Earth Council, 2000) célja "olyan fenntartható globális társadalom" létrehozása volt, amely "a természet tisztelete, általános emberi jogok, gazdasági igazságosság és egy békekultúra" alapján állna. Marschall és Toffel (2005) szerint "a fenntarthatóságnak több, mint 100 definíciója létezett a 90-es évek közepére" (ráadásul ezek "értelmezése nem egyértelmű", Holling, 2000), és "egy ilyen definíciós káosz majdnem a fogalom értelmezhetetlenségéhez vezetett, és elvonta a figyelmet a folyamatos környezeti degradációról".

Emellett a fenntarthatóság koncepcióját túl sok témára terjesztették ki az 1990-es évek óta. Így pl. Costanza és Patten (1995) nemcsak az emberiség földi fenntarthatóságára használta, hanem sok egyéb térbeli és időbeli szituációra, ami nyilván csak növelte a fent említett káoszt. Porritt (2005) és mások úgy gondolták, hogy a fenntartható fejlődés inkább egy társadalmi és gazdasági kérdés, aminek a célja az emberi jólét optimalizálása, ami ismételten akadályozta azt, hogy a fenntarthatóság koncepcióját természeti törvényekre alapozva lehessen továbbfejleszteni. Milne et al. (2006) a fenntarthatósággal kapcsolatban egy tevékenységre való felhívásról, egy folyamatban lévő feladatról, egy politikai folyamatról, egy "utazásról" beszél. Tovább bonyolította a fogalom megértését azok a közgazdászok, akik "gyenge fenntarthatóságról" és "erős fenntarthatóságról" beszélnek, arról vitatkozva, hogy a természeti kapacitásokat milyen mértékben lehet helyettesíteni emberi erőforrásokkal; alapjában véve azonban mindkét elképzelés gyakorlatilag nélkülözi a környezeti korlátozottság fogalmát, és elvonja arról a figyelmet.

A fenntarthatóságot gyakran közvetetten definiálják ún. indikátorok használatával, amelyekkel egyben a fenntarthatóság különböző aspektusainak egyfajta mérését is megkísérlik. Ezeknek az indikátoroknak egy jó része nem kvantitatív, és nem is alapul természeti törvényeken. Így pl. az európai erdők fenntarthatóságát mérni hivatott ún. kritérium- és indikátor rendszer (Forest Europe, UNECE and FAO, 2011 és MCPFE, UNECE, FAO, 2007) 35 kvantitatív és 17 kvalitatív indikátorból áll, de a kvantitatív indikátorok becslését és értékelését nem az anyag- és energiamegmaradás törvényére alapozzák. A 17 kvalitatív indikátor - csakúgy mint több más rendszerben - nem mérhető politikai célokhoz kötik.

Ilyen kvalitatív indikátorokat más koncepciók, ill. gazdasági ágazatok esetén emberi jogokhoz, gazdasági igazságossághoz, a szegénység megszüntetésével és más, kevésbé megfogható üggyel hoznak összefüggésbe, mintha a fenntarthatóságnak mint egyébként erőforrások hasznosításához bármi köze is lenne. Az Ökológiai Lábnyommal (Rees, 1992, Wackernagel, 1991), amit széles körben alkalmaznak a környezethasználat indikátoraként országos és globális szinten egyaránt, azt próbálják mérni, hogy mennyi erőforrást igényelünk a természettől ("lábnyom"), és mennyi kapacitás ("biokapacitás") áll rendelkezésre termékek előállítására és a hulladékok elhelyezésére, és ezeket egymáshoz viszonyítva adódik ki a fenntarthatóság valamifajta mértéke. A kapacitások hibás modellezése miatt azonban (l. később) ez az indikátor ilyen módon a fenntarthatóság hibás és nem teljes becslését adja.

A "bolygósintű határok" koncepciója (Rockström et al. 2009) a fenntarthatósággal összefüggésben explicit módon kinyilvánítja, hogy ilyen globális határok léteznek és hogy ezeket nem lehet átlépni (vagyis hogy a globális környezet használata korlátos), hogy e határokat valahogyan azonosítani lehet, és hogy a környezethasználatban olyan politikákat és kormányzást lehet megvalósítani, hogy e globális határokon ne lépünk túl. Arra is kísérletet tettek, hogy meghatározzák, hol is húzódnak e határok több környezeti jellemző esetében, azonban eddig még nem vezették le e határok becslésének általánosított modelljét. Mivel a (rendszer-) "határok" csak egy jellemzője a dinamikus rendszereknek (mint amilyen a Föld), ezért az nyilván nem lehet elég e rendszerek megértéséhez; e rendszerek megértésének ennél általánosabb szintjére van szükség ahhoz, hogy megfelelő fenntarthatósági definíciót vezethessünk le. Ezt tulajdonképpen el is fogadják a bolygósintű határok képviselői annak hangsúlyozásával, hogy a megközelítésük nem szolgál teljes megoldásul a fenntartható fejlődés megvalósításában, mivel a kritikus globális határok kijelölése csak egyik eleme annak, hogy a társadalom fenntarthatósági döntéseit meg tudja hozni.

Egy általánosabb, de még mindig korlátozott megközelítést adnak olyan módszerek, amelyeket a különböző ipari folyamatokra alkalmaznak (pl. [Neumann és Churchill, 2011](#)). Ezeket a módszereket valóban közvetlenül az anyag- és energiamegmaradás elvére és más természeti törvényekre alapozzák, amelyek mind a tudomány és a technika ismeretanyagának közismert részeit képezik. Az utóbbi években megfigyelt további erőfeszítések olyan makro-ökológiai szemléletre alapoznak, amelyek a fenntarthatóság-tudomány három központi elemének kell számítsion: 1) az emberi rendszerek és a környezet közötti anyag- és energiaáramokat a fizikai megmaradási törvények szabályozzák; 2) a nagyobb rendszerekké az őket alkotó kisebb rendszereket az ilyen áramok kötik össze; végül 3) a globális korlátok az alacsonyabb szinteken jelentkező áramokat korlátozzák ([Burger et al. 2012](#)). Bár nyilvánvalóan fontosak ezek az alapelvek, további kritériumok szükségesek a fenntarthatóság átfogó definiálásához.

A fentiek szerint az eddigi erőfeszítések ellenére nem sikerült kifejleszteni egy olyan definíciót, ami a releváns természeti törvényeken alapulna, általánosan elfogadnák, és amit helyesen lehetne alkalmazni akár a fenntarthatóság mérésére, akár megfelelő fenntarthatósági politikák kidolgozására. Ezt mindennél jobban mutatja az a tény, hogy a legutóbbi ENSZ-dokumentumok (mint pl. a 2012-es Rio+20 konferencián elfogadott dokumentum, a [“The Future We Want”, 2012](#)) ténylegesen elkerülik a fenntarthatóság definiálását. Ehelyett olyan mondatokat tartalmaznak, mint pl. "a globális fenntarthatóság testületének távlati célja az, hogy megszüntesse a szegénységet, csökkentse az egyenlőtlenséget, elősegítse, hogy a növekedésből mindenki részesedjék, továbbá fenntarthatóvá tegye a termelést és a fogyasztást, miközben megfékezze a klímaváltozás és megakadályozza, hogy túllépjük a globális korlátokat" ([UN, 2012](#)). Más fenntarthatósági definíciók egyáltalán nem hivatkoznak a környezethasználat kvantitatív korlátozottságára, hanem megelégednek elbeszélő jellegű meghatározásokkal, melyek olyan elemeket tartalmaznak, amelyeknek semmi közük nincs a környezeti fenntarthatóság limitáltságához. Ezek az elemek általában olyan szándékot vagy reményt fogalmazznak meg, amelyek szerint fenntarthatók (de nem meghatározva, milyen módon vagy mértékben) olyan kapacitások, amelyekkel emberi igényeinket szeretnénk kielégíteni (szinten meghatározatlan módon és mértékben) a jövőben (de hogy meddig, nem megjelölve).

Ezek a szándékok vagy remények azonban magukban, ill. a megfogalmazások szerint nem kötődnek természeti törvényekhez. Emellett, ill. gyakran éppen emiatt, abból a szempontból sem hasznosak, hogy nem lehet belőlük közvetlenül levezetni azt, hogy akkor mit is kellene csinálni a fenntarthatóság tényleges megvalósítása érdekében.

### 32. A fenntarthatóságnak nem a "narratív", elbeszélő jellegű definícióit kell alkalmazni

A fenntarthatóság mint környezeti probléma - az eddig bemutatott módon - *kvantitatív jelenségekkel* kapcsolatos. Ilyeneket pedig csak kvantitatív eszközökkel: számszerű összefüggésekkel, becslésekkel, mérésekkel, monitoringgal lehet megfelelően kezelni. Sajnálatos módon a legtöbb eddigi "fenntarthatóság"-definíció elbeszélő jellegű, ami azt jelenti, hogy - inkább politikai döntéshozókat, vagy a laikus közönséget megcélózva - túlságosan általános, és inkább a szándékok és vágyak világába tartozó koncepciókat fogalmazott meg. Ezek azonban nem alkalmasak a fenntarthatósági problémák lényegét megragadni; inkább arra lehetnek jók, hogy megvalósítsunk szükséges lépéseket az *után*, hogy már megfogalmaztuk, milyen lépésekre is van szükség.

### 33. A fenntarthatóság definíciójának alapja a terhelések és kapacitások helyes modellezése

Az alábbiakban megkísérlem bemutatni, hogy hogyan lehet a kapacitások használatát a fenti egyszerűsített számítások általánosításával, továbbá néhány jelölési konvenció és feltételezés segítségével modellezni. Egy konkrét használat esetén a modell természetesen függ a környezethasználó módjától, de e használati módok visszavezethetők néhány mechanizmusra, melyek az alábbiak:

- *meg nem újítható* erőforrást használunk;
- *megújítható erőforrást* használunk oly módon: az erőforrást (teljes mértékben) kihasználjuk, majd utána, ill. azzal egyidejűleg újból, ugyanolyan mennyiségben előállítjuk;

- az erőforrások *bővülnek* (pl. új beruházások);
- az erőforrások a használat következtében *csökkennek* (pl. természeti katasztrófa következtében, vagy közvetetten a használat miatt, pl. erdőknél, amelyek érzékenyebbé válhatnak bizonyos megbetegedésekre intenzív fatermesztés, egykorú, elegendő kezelés mellett).

A kapacitás-használat és a kapacitás-változások egyidejűleg és folytonosan is történhetnek, de gyakorlatiasabb, ha a folyamatokat a használat típusának megfelelően, célszerűen megválasztott egységekre: ún. **forduló**kra bontjuk. Egy forduló tarthat egy egységnyi ideig vagy addig, amíg egy-egy (az aktuális rendszernek megfelelően definiált) egységnyi kapacitás elfogy. Egy forduló tarthat pl. addig, amíg kifogy a benzintank (függetlenül attól, hogy ehhez mennyi idő kell), vagy egy évig.

Fentiek alapján **a kapacitás-használat mennyiségileg modellezhető.**

Ehhez az alábbi jelöléseket használjuk:

- az  $f$ -dik fordulót minden alábbi mennyiség indexekén  $f$ -el jelöljük
- $f = 0$  fordulóban (vagyis a használat modellezésének megkezdésekor) a kihasználható, korábbi természetes vagy mesterséges folyamatok eredményeként létrejött nem megújítható kapacitás nagysága:  $K_{nm}$
- $f = 0$  fordulóban meglévő, a minden használati fordulóban újra megújítható kapacitás:  $K_m$
- $K_m$ -t  $m \leq f$  alkalommal, mindig az eredeti  $K_m$  nagysággal meg tudjuk újítani
- $f = 0$  fordulóban, a kapacitás használata előtt további  $\Delta K_0$  kapacitásbővítést tudunk végrehajtani
- az  $f$ -dik fordulóban a kapacitáshasználat nagysága  $H_f$  (e mennyiség lehet állandó, de tekinthetjük változónak is; itt először változónak tekintjük)
- minden  $f$ -dik fordulóban a kapacitásnak az a részét, amely minden fordulóban növekedhet, de csökkenhet is, a változást okozó folyamatoknak az eredőjével vesszük számításba; ez a  $\Delta K_f$  is változó nagyságú és változó előjelű lehet, és ezért változónak tekintjük.



Tegyük fel ezután, hogy arra vagyunk kíváncsiak, hogy **a használat kezdetét után hány fordulóig: F-ig** tartható fenn a környezet-használat?

Az első forduló kezdete, a kapacitás-használat előtt összesen

$$K_0 = K_{nm} + K_m + \Delta K_0 \quad (5)$$

kapacitással rendelkezünk.

Egy kapacitás-használati forduló után a kapacitások teljes mennyisége  $K_0 - H_1$  lesz, feltéve, hogy  $K_0 \geq H_1$ , egyébként már az első használatra sincs elegendő kapacitásunk.

Ha a kapacitás az első használatra elegendő volt, de azt nem tudjuk megújítani, és  $K_1$  már nem elég arra, hogy a második használat, azaz  $H_2$  kijöjjön belőle, akkor a használat eddig az első lépésig volt teljes mértékben "fenntartható"; a második lépésben már csak részlegesen.

Ha a kapacitás első használata után, vagy azzal egyidejűleg a  $K_m$  megújítható kapacitást teljes egészében meg tudjuk újítani, és/vagy további, a használatától közvetlenül nem függő kapacitás-változás is történik, és ezeket a kapacitás-változásokat is a *forduló* részének tekintjük, akkor egy *forduló* ( $f = 1$ ) után a kapacitások teljes mennyisége:

$$\begin{aligned} K_1 &= K_0 - H_1 + K_m + \Delta K_1 = \\ &= K_{nm} + K_m + \Delta K_0 - H_1 + K_m + \Delta K_1. \end{aligned} \quad (6)$$

A 2., 3., általánosan:  $f$ -edik fordulóra számítható kapacitás az induló kapacitások, az adott fordulóig lezajlott összes kapacitás-növelés és kapacitás-csökkentés, valamint összes használat összege:

$$K_f = K_{nm} + K_m + \Delta K_0 + m * K_m + \text{Sum} \Delta K_f - \text{Sum} H_f \quad (7)$$

ahol

$\text{Sum} \Delta K_f = \sum_f \Delta K_f =$  a kapacitások fordulónkénti kiterjesztésének és csökkentésének  $f$  fordulóra vett összege,

$SumH_F = \sum_f H_f =$  a fordulónkénti kapacitás-használatok összege,

$m =$  a megújítható kapacitások megújításának száma (feltéve, hogy  $K_m$ -et mindig ugyanakkora értékkel újítjuk meg):  $m \leq f$ .

A kapacitások használata fenntartható addig az  $F$ -edik fordulóig, amelyre igaz, hogy

$$K_f \geq H_f \quad (8)$$

minden egyes fordulóra, ahol  $f \leq F$ .

$F$  értékét a (7)-es egyenletből, a tényleges hasznosítási és kapacitásváltozások figyelembe vételével lehet kiszámítani.

Ha a kapacitásokat teljesen kimerítjük  $F$  forduló alatt, akkor  $K_F = 0$  és

$$SumH_F = K_{mm} + (n + 1) * K_m + \Delta K_0 + Sum\Delta K_F, \quad (9)$$

vagy, általánosítva,  $SumH_F = SumK_F$  ahol  $SumK_F =$  az összes, az  $F$  forduló előtt és alatt létrejött és megszűnt kapacitás.

Arra az egyszerű esetre, amikor  $m = F - 1$  (vagyis  $K_m = 0$  az  $F$ -edik fordulóban), amikor mind  $H$  és  $\Delta K$  konstans minden fordulóban, és amikor már új kapacitásokat sem hozunk létre az utolsó fordulóban (tehát  $\Delta K_F = 0$ ), a (9)-es egyenletből az adódik, hogy  $F * H = K_{mm} + F * K_m + F * \Delta K$ , amiből

$$F = K_{mm} / (H - K_m - \Delta K). \quad (10)$$

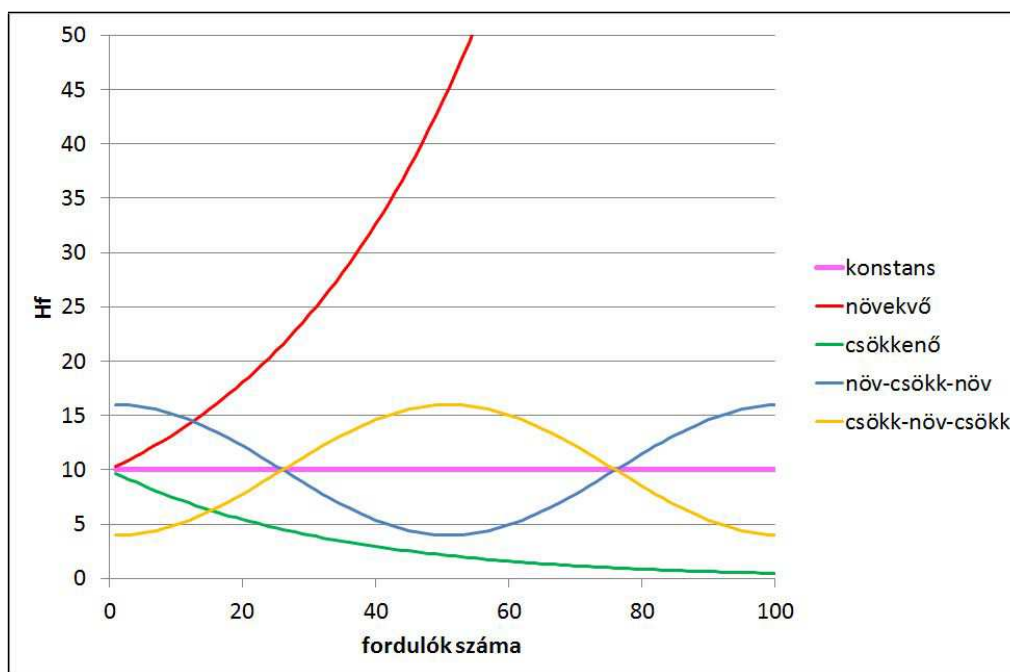
Ez az egyenlet tartalmát tekintve megegyezik az (1)-(4) egyenletekkel, ill. azok általánosított formája.

### 34. A kapacitás-használat lehetséges hossza a használat és a kapacitás-megújítás mértékétől, valamint ezek időbeli lefutásától függ

Fentiek alapján  $F$ , a fenntartható kapacitáshasználat időszakának hossza függ a nem megújítható kapacitásoktól, a megújítható kapacitásoktól, a

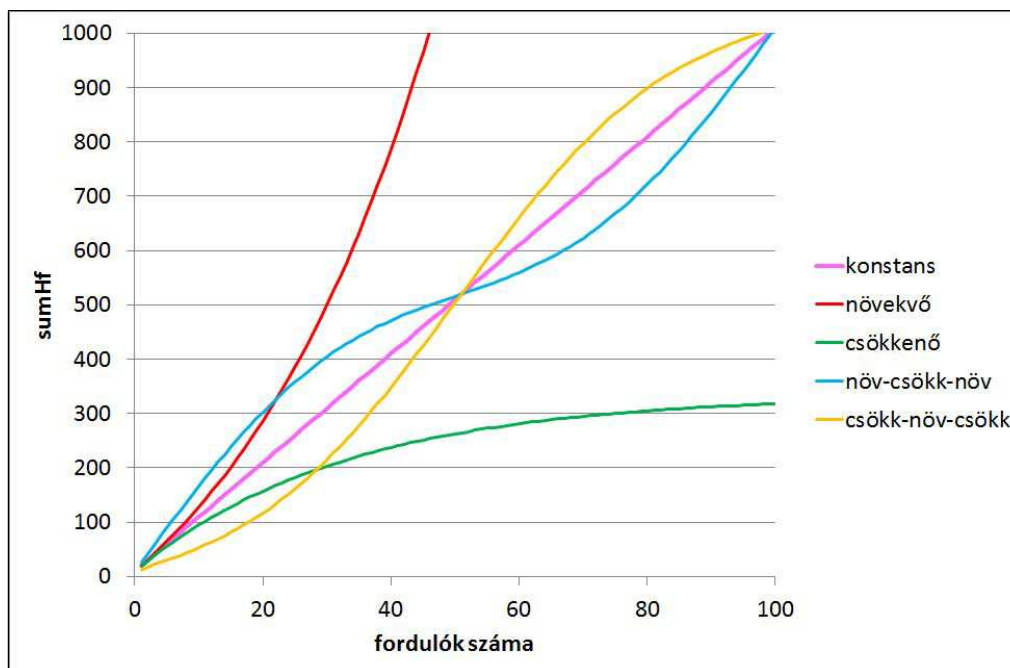
megújítás számától, az egyéb kapacitás-változásoktól, valamint az erőforrás-használat mértékétől és időbeli alakulásától.

Az utóbbi kivételével az összefüggéseket a fenti képletek jól érzékeltetik. A használatok időben, ill. általában: fordulónkénti lefutása azonban nem magától értetődő. Ezt legszemléletesebben ábrákkal lehet megmutatni, melyeken a fordulónkénti használatokat, ill. azok összegét a fordulók számának függvényében ábrázoljuk. Az alábbi első ábra azt mutatja, hogy az erőforrás-használatnak milyen főbb típusai lehetségesek, másképpen megfogalmazva: az ábrák utáni táblázatokban bemutatott példáinkban milyen kapacitás-használati *trajektóriák* lehetségesek. Megkülönböztethetünk egyenletes használatot (lila vonal); mindig növekvő és mindig csökkenő használatot (rendre piros és zöld vonalak), valamint időben növekvő/csökkenő/növekvő, ill. csökkenő/növekvő/csökkenő mintázatokat (rendre kék, ill. sárga vonalak):



**5. ábra.** A kapacitás-használat időbeli alakulásának néhány főbb típusa. Az állandóan növekvő mértékű kapacitás-használat az ábrán bemutatott példában oly mértékűre növekedett fordulónkénti használatot eredményezett, hogy az már nem is fért az ábrára.

A kapacitás-használatokat összegezve, szintén a fordulók függvényében ábrázolva, az alábbi  $\sum H_t$  értékeket kapjuk:



**6. ábra.** A kapacitásbhasználát halmozott mennyiségének időbeli alakulása a fenti néhány főbb típus esetében. Az állandóan növekvő mértékű kapacitásbhasználát az ábrán bemutatott példában oly mértékűre növekedett halmozott bhasználát eredményezett, hogy az már nem is mutatható meg az ábrán.

A valóságban természetesen nem a fentiekhez hasonló, kisimított görbék mentén zajlanak a folyamatok; az egyes, itt bemutatott mintázatok csak példák, s a valóságban ezek tetszőleges kombinációi előfordulhatnak.

### 35. Nagymértékű használat esetén $F$ értéke kicsi lesz

Ezt az alábbi táblázatok is szemléltetik. Ezekben különböző szenáriók  $F$  értékeit számítottuk ki különböző  $H$  és  $K$  szenáriókra. Az eredmény azonban a kezdeti értékektől és a növekedési/csökkenési sebességtől is nagyon függ. A példákban 100 fordulóra számítottuk ki a használatok és a kapacitások mennyiségét, és azt nézzük, hogy hány fordulóig fenntartható a használat. A táblázatokban a  $H_f$  és  $\Delta K_f$  alapján kiszámolt  $F$  értékei szerepelnek.  $F=100$  esetén a használatot teljes mértékben fenntarthatónak tekintjük; az ennél kisebb számok azt mutatják, hogy hány fordulóig fenntartható a használat az adott kapacitás-változások esetén. A számításokat a fenti grafikonokon bemutatott erőforrás-használati forgatókönyvek (trajektóriák) mentén végeztük el; ezek színe megegyezik a fenti ábrákon használt színekkel.

Az első példában a megújuló források megújításáról végig tudunk gondoskodni ( $m=100$ ):

**1. táblázat.** *A kapacitáshasználát fenntarthatóságának hossza, vagyis az  $F$  legnagyobb értéke adott kezdeti kapacitások (a táblázat bal felső cellája), különböző mértékű használat (a táblázat bal oldalán megadott módok) és különböző kapacitás-változások (a táblázat felső sorában megadott típusok) függvényében, mindvégig, de ugyanolyan mértékben megújított kapacitások mellett.*

F értéke, ha:					
Km = 5; m = 100; $\Delta Kf$ induló értéke = 5; $\Delta Hf$ induló értéke = 10		$\Delta Kf$			
		0	konstans	növekvő	csökkenő
Hf	konstans	9	100	100	37
	növekvő	8	23	28	20
	csökkenő	12	100	100	100
	növ-csök-növ	7	100	100	19
	csökk-növ-csökk	17	100	100	50

A második példában azonban feltételezzük, hogy 50 forduló után már nem tudjuk megújítani a megújítható forrásokat ( $n=50$ ):

**2. táblázat.** *A kapacitáshasználát fenntarthatóságának hossza, vagyis az  $F$  legnagyobb értéke adott kezdeti kapacitások (a táblázat bal felső cellája), különböző mértékű használat (a táblázat bal oldalán megadott módok) és különböző kapacitás-változások (a táblázat felső sorában megadott típusok) függvényében akkor, ha a megújítható kapacitásokat csak  $m=50$  fordulón keresztül, de ugyanolyan mértékben tudjuk megújítani.*

F értéke, ha:					
Km = 5; m = 50; $\Delta Kf$ induló értéke = 5; $\Delta Hf$ induló értéke = 10		$\Delta Kf$			
		0	konstans	növekvő	csökkenő
Hf	konstans	9	71	100	37
	növekvő	8	23	28	20
	csökkenő	12	100	100	77
	növ-csök-növ	7	87	100	19
	csökk-növ-csökk	17	71	100	50

### 36. Kismértékű használat, és/vagy nagy mennyiségű kapacitások esetén $F$ nagy lehet

Ezek a forgatókönyvek is könnyen demonstrálhatók a megfelelő számításokat tartalmazó táblázatokkal:

**3. táblázat.** A kapacitáshasználát fenntarthatóságának hossza, vagyis az  $F$  legnagyobb értéke adott kezdeti kapacitások (a táblázat bal felső cellája), különböző mértékű használat (a táblázat bal oldalán megadott módok) és különböző kapacitás-változások (a táblázat felső sorában megadott típusok) függvényében, mindvégig, de ugyanolyan mértékben megújított kapacitások mellett.

F értéke, ha:					
Km = 7; m = 100; $\Delta Kf$ induló értéke = 7; $\Delta Hf$ induló értéke = 10		$\Delta Kf$			
		0	konstans	növekvő	csökkenő
Hf	konstans	9	100	100	56
	növekvő	8	33	45	26
	csökkenő	12	100	100	100
	növ-csök-növ	7	100	100	66
	csökk-növ-csökk	17	100	100	60

**4. táblázat.** A kapacitáshasználát fenntarthatóságának hossza, vagyis az  $F$  legnagyobb értéke adott kezdeti kapacitások (a táblázat bal felső cellája), különböző mértékű használat (a táblázat bal oldalán megadott módok) és különböző kapacitás-változások (a táblázat felső sorában megadott típusok) függvényében, mindvégig, de ugyanolyan mértékben megújított kapacitások mellett.

F értéke, ha:					
Km = 9; m = 100; $\Delta Kf$ induló értéke = 5; $\Delta Hf$ induló értéke = 10		$\Delta Kf$			
		0	konstans	növekvő	csökkenő
Hf	konstans	9	100	100	73
	növekvő	8	33	41	28
	csökkenő	12	100	100	100
	növ-csök-növ	7	100	100	84
	csökk-növ-csökk	17	100	100	72

### 37. Ha kicsi a kapacitás-visszapótlás üteme, akkor $F$ értéke is kicsi lesz

Ez a forgatókönyv is könnyen demonstrálható a megfelelő táblázattal.

**5. táblázat.** A kapacitásbhasználát fenntarthatóságának hossza, vagyis az  $F$  legnagyobb értéke adott kezdeti kapacitások (a táblázat bal felső cellája), különböző mértékű bhasználát (a táblázat bal oldalán megadott módok) és különböző kapacitás-változások (a táblázat felső sorában megadott típusok) függvényében, mindvégig, de ugyanolyan mértékben megújított kapacitások mellett.

F értéke, ha:					
Km = 0; m = 100; $\Delta K_f$ induló értéke = 5; $\Delta H_f$ induló értéke = 10		$\Delta K_f$			
		0	konstans	növekvő	csökkenő
Hf	konstans	9	20	100	16
	növekvő	8	13	15	12
	csökkenő	12	100	100	27
	növ-csök-növ	7	11	100	10
	csökk-növ-csök	17	45	100	35

### 38. F akkor lehet nagy, ha a folyamatok (és ezen belül a kapacitás-megújítás) ciklusokban történnek

Ciklusokon itt azt értjük, hogy az elhasznált kapacitásokat a felhasználás idején, közvetlenül vagy nem sokkal utána újból létrehozzuk, ill. azok maguktól létrejönnek. Ilyen pl. az, amikor csak annyi energiát használunk fel, amennyi a folyamatosan beérkező napenergiából fedezheti; amikor a kiürült benzintankot kiürülés után azonnal (ill. még az előtt) rögtön feltöltjük; vagy amikor az elhasznált elemet vagy akkumulátort azok lemerülése után hamarosan újratöltjük. Ezeknél közös az, hogy  $H_f$  és  $K_m$  közel vagy pontosan ugyanakkora. Ebben az esetben a többi kapacitás szerepe annyi, hogy arra az időszakra biztosítson elegendő kapacitást, amikor még van bhasználát, de a kapacitásokat még nem sikerült újra létrehozni.

### 39. A kapacitás megújítása csak akkor lehetséges, ha az anyag- és energiaáramlást megfelelően időzítjük, és ha $\sum H$ értéke a rendszer sajátosságaihoz igazodik

Minden kapacitás keletkezése, ill. regenerációja - függetlenül annak típusától - anyagot és/vagy energiát igényel. Ahhoz, hogy a regeneráció sikeres legyen, értelemszerűen biztosítani kell e megkívánt anyag és energia mennyiségét, mégpedig abban az időben (fordulóban), amikor arra szükség van. Elkésztett kapacitás-pótlás esetén a használat a kapacitások elfogyása miatt leállhat. A regenerációt az is befolyásolhatja, hogy a használat a regeneráció mértékére, ill. a regenerációra való képességre *SumH* hogyan hat. A használat bizonyos mértéke kedvezőtlenül befolyásolhatja a használt rendszert. Így pl. túlzottan nagy áramfelvétel károsíthatja az elemet vagy akkumulátort; túlzottan intenzív, az erdő felújulásával nem törődő fakitermelés pedig lehetelenné teszi, vagy lelassítja az erdők regenerációját, és ezen keresztül a fanövekedés mértékét, aminek következtében később kevesebb fát lehet majd kitermelni.

#### 40. A kapacitás-használat és -bővítés jellemzően nem lineáris folyamatok mentén történik

Fent több példát is mutattunk arra nézve, hogy a kapacitások használata nem lineáris. A gyakorlati életben ez az általános; az időben (fordulónként) állandó kapacitás-használat viszonylag ritka. Ez megnehezíti a fenti összefüggések *megértését és használatát* is. Ez azonban nem jelenti azt, hogy pl. emiatt hagyjuk figyelmen kívül a fenti összefüggéseket; sok szakterületen kell bonyolult jelenségekkel és rendszerekkel törődni, s ez alól a fenntarthatóság biztosítása sem lehet kivétel. A körülöttünk lévő világ összetett és bonyolult, és ahhoz, hogy környezetünkkel megfelelően tudjunk gazdálkodni, szükséges ezzel az összetettséggel és bonyolultsággal számolni. Ehhez a kutatás és a környezeti technológia megfelelő erőforrásokkal való ellátása szükséges. Ez azonban nem kidobott pénzt jelent, csak egy olyan beruházást, ami - megfelelő felhasználás mellett - sokszorosán megtérül.



## VI. A környezeti fenntarthatóság függ a környezethasználat megkívánt hosszától is

### 41. Léteznek olyan környezethasználatok, amelyek hosszabb ideig fenntarthatók, vagy maradnak fenn, mint amilyen hosszú ideig igényeljük azokat

Történelmünk hajnalán a legtöbb környezethasználat ilyen volt, és - elvben legalábbis - most is vannak ilyen környezethasználatok. Jelenleg ilyennek tűnik pl. a földi vízkészletek használata (nem az édesvízre, hanem az összes óceánban található vízre mint kémiai anyagra gondolva): az óceánokban tárolt víztömegeknek egyelőre a töredék részét hasznosítjuk valamilyen formában. A hasznosítás mértéke azonban egészen más léptékű lehet a vízkészleteknek más tulajdonságaira nézve, pl. a CO<sub>2</sub>-felvevő képességére, amelyet túlzottan nagy mértékben veszünk igénybe oly módon, hogy az óceánok sok üvegház gáz kibocsátásunkat elnyeli

A történelem során nagyon sok mindenről azt hitték, hogy "végtelen" mennyiségben áll rendelkezésre. Ez sokáig így is volt, ám azzal párhuzamosan, hogy egyre több ember lesz a Földön, és egy-egy ember is egyre több erőforrást használ, egyre közelebb kerülünk a Föld eltartóképességéhez és a környezethasználat fenntarthatóságának hossza rövidül.

### 42. A fenntarthatósági problémák olyan helyzetekből adódnak, amelyeknél a környezet-használat a kapacitások kimerüléséhez hamarabb vezet, mint szeretnénk

A víznél mint példánál maradva: az édesvíz-készletek sokkal végeesebbek, mint a sós vízkészletel, és sokkal nagyobb az igényünk is az édesvizekre, mint az óceánok vizére. A Föld sok helyén már most sokkal kevesebb vízhez tud a lakosság vagy az ipar hozzáférni, mint amennyire szüksége volna. Nem megfelelően figyelt és megtervezett környezethasználat esetén

egy-egy ember vagy vállalat általában nem tudja, mennyi a még fenntartható környezethasználat mértéke, és csak a fogyasztásra, vagy annak növelésére figyel. Ez addig elegendő is, amíg az ilyen fogyasztáshoz szükséges feltételezés, hogy ti. a kapacitások "végtelenek", igaz. A tapasztalat azt mutatja, hogy az emberek azt feltételezik, hogy igen a kapacitások majd elfogynak, de nem az ő életükben. Ez, ahogyan sajnos sok példa igazolja, nem igaz.

**43. Azt, hogy egy környezethasználat fenntartható-e vagy nem, ill. meddig fenntartható, csak akkor lehet eldönteni, ha tudjuk, hogy az  $F$  fordulósám nagyobb-e vagy kisebb annál, mint amennyi időn keresztül igényeljük a kapacitás használatát**

Ezt a fenti egyenletek egyértelműen jelzik. Természetesen minél nagyobb az  $F$  értéke, vagyis minél távolabbi jövőben fogynak el a kapacitások, annál kevésbé érzékelhető általában a folyamatok fenntarthatatlansága. De a fenntarthatatlanság sokszor akkor sem látható be, ha a kapacitások kimerülése a közeli jövőben bekövetkezhet. Ezt nagyon jól mutatták az elmúlt évek különböző pénzügyi válságai az egyéneket és bankok sokaságát súlytó amerikai hitelválságtól kezdve az egyes országok kormányzati költségvetésén keresztül sok ún. devizahiteles hitel-visszafizetési nehézségekig. Az ilyen bonyolult rendszereket nem lehet átlátni, ill. az emberek nem is törekednek ezek átlátására, ezért van szükség megfelelő, mérnöki jellegű számításokra.

**44. A fenntarthatóságot elemezhetjük a múltra vonatkozóan, de igazi fontossága annak van, hogy megvizsgáljuk, hogy a jelenlegi és a jövőben várható környezet-használatunk vajon fenntartható-e**

A múltra nézve több esetben bebizonyosodott, hogy az  $F$  fordulósám nem volt elegendő. Ezt utólag is jó tudni, és hasznos dolog okulni a korábbi hibákból. De - ahogyan Széchenyi mondta - "a múlt elesett a hatalmunkból", és a múltbéli eseteket csak arra használhatjuk fel, hogy tanuljunk belőlük, ami önmagában nem elegendő ahhoz, hogy az esetleges

jövőbeli katasztrófákat elkerüljük. Ehhez a környezethasználatunkat - annak minden lényeges formáját - a jövőre nézve komoly elemzésnek kellene alávetnünk, és a környezethasználatunkat szabályoznunk kellene. Ennek jó példája a *fatermesztés*, ahol a jövőbeli fakitermelés mértékét az ún. *hozamszabályozás* segítségével szabályozni lehet.

#### 45. Ahhoz, hogy biztonságosan meg tudjuk ítélni egy környezethasználat jövőbeli fenntarthatóságát, szükség van $F$ jövőre vonatkozó becslésére

Egy rendszer működését gyakran csak akkor áll módunkban megérteni, még inkább pedig kontrollálni, ha vele kapcsolatban, legalább a legfontosabb állapot- és folyamatjellemzőkre nézve méréseket, becsléseket, megfigyeléseket végzünk. Ugyancsak szükség van arra is, hogy a modellek és a megfigyelések alapján számításokat végezzünk. Így tudjuk csak meghatározni azt is, hogy milyen hosszú ideig lehetnek elegendőek a kapacitások. Különösen a jövőre nézve nehéz szakértői becsléseket végezni. De pusztán szakértői becslésekre nem érdemes alapozni olyan esetekben, amikor az ember számára lényeges környezeti szolgáltatásokról van szó. A nagyon nagy környezeti kockázatok minimalizálása megkívánja, hogy időt és energiát fordítsunk a megfelelő számítások, becslések elvégzésére.

#### 46. Ha képesek vagyunk $F$ becslésére, és tudjuk, hogy a rendelkezésre álló kapacitások a jövőben hogyan fognak alakulni, akkor meghatározható, hogy hány fordulón keresztül fenntartható a környezethasználat

A *fentiekben* a környezethasználatok általánosításával mutattunk példákat arra, hogy hogyan lehet a szükséges számításokat elvégezni. A számítások tényleges módja a vizsgált környezethasználati rendszerek sajátosságai miatt az általánosított megközelítéstől eltérhetnek. A számításokat elvégezve megkaphatjuk  $F$  értékét a feltételezett környezethasználat időbeli lefutásának függvényében. Ha ez elegendően nagy, akkor megvalósíthatjuk a környezethasználatot; ha nem, akkor azt csökkenteni kell.

**47. A fenntarthatóságot úgy is lehet vizsgálni, hogy tudjuk, mennyi ideig (hány fordulón keresztül) van szükségünk egy adott szintű környezet-használatra, és megbecsüljük, megvannak-e, ill. megteremthetők-e ehhez a megfelelő kapacitások**

A környezethasználat szabályozásának másik módszere az lehet, hogy  $F$  előre meghatározott értékéből visszakövetkeztetve vezetjük le a még fenntartható maximális környezethasználat mértékét. Ha a kapott  $F$  érték megfelelő, akkor a környezethasználat biztonságos, de ha nem megfelelő - túl kicsi -, akkor a rendszer ismeretében, vagy numerikus közelítéssel változtathatjuk a környezethasználat mértékét egészen addig, amíg  $F$  értéke eléri a kívánt értéket, vagy annál többet.

**48. Az, hogy  $F$  mely értékét lehet "fenntarthatónak" értékelni, emberi döntések és mérlegelés kérdése**

Nincs olyan természeti törvény, amely  $F$  értékét előre meghatározná. Természetesen  $F$  értéke lehet nagy - akár végtelen is -, és az jó, de minél inkább a nem megújítható kapacitásokra épül a környezethasználat, ill. minél nagyobb a használat mértéke, annál inkább véges értéket vesz fel  $F$ . Bár  $F$  értékét a használat mértéke megszabja, és ezért látszólag az a döntő tényező, maga a használat sok dologtól függ, és ezek egy részét a saját döntéseink alapján tudjuk befolyásolni. Így pl. korlátozni tudjuk - legalábbis elvben - a nem életfeltételek biztosítását szolgáló használatokat. Az ilyen korlátozásra egyes körülmények kényszeríthetnek is minket; pl. sok helyen nem tudnak az emberek kádban vagy zuhany alatt fürdeni, mert nincs elég vizük; sok más esetben a mi döntésünktől függ, hogy mekkora a *használat mértéke*. Ehhez hasonló módon bizonyos mértékű döntési szabadságunk lehet abban, hogy *milyen hosszú ideig* tartjuk kívánatosnak a környezethasználat mértékét. Így pl. feltételezhetjük, hogy - mondjuk - 2050-re jelentős mértékben meg tudjuk újítani, szén-semlegessé tudjuk tenni az energia-ellátó rendszerünket, és így (nem azonnal, hanem folyamatos csökkentéssel) meg tudjuk szüntetni az üvegházgáz-kibocsátásunkat, s ennek alapjául olyan technológiai fejlesztéseket finanszírozunk, amelyekkel ezt el lehet érni. Ilyen

esetekben a feltételezett vagy megkívánt időszak hosszával lehet egyenlő  $F$  értéke. Dönthetünk azonban úgy is, hogy nem 2050-ig, hanem 2100-ig akarjuk megvalósítani a technológiai váltást; ebben az esetben  $F$  értéke nagyobb lesz, de ez a verzió természetesen csak csökkentett környezethasználat mellett valósítható meg.

#### **49. A fenntarthatóság definíciójának a kapacitás-használati számítások mellett a jövőre vonatkozó mérlegelés is a részét kell képezze**

A fenti példa azt is mutatja, hogy nem elég  $F$  vagy a környezethasználatok értékét az egyenletek matematikai tényezőjének tekinteni. Ezeket az értékeket az emberi élet más elemei is meghatározhatják; így pl. a populáció nagyságának változása; a technológiai fejlesztések lehetséges, ill. tervezett mértéke; az egy főre vetített igények erkölcsi avulás vagy más miatti változása; a politikai döntéshozatali mechanizmusok hatékonysága stb. Ez azt is jelenti, hogy ahhoz, hogy megfelelő környezetgazdálkodási szabályozást tudjunk végrehajtani, rendelkezünk kell a társadalmi élet más elemeire vonatkozó átlátással, jövőképpel és predikciós képességgel. Bár a környezetgazdálkodásra ennek komoly kihatása van, ezen tényezők vizsgálatát nem tekintjük közvetlenül a környezethasználati fenntarthatósági elmélet közvetlen feladatának. Az viszont fontos, hogy az  $F$  mérlegelésének szükségessége mint koncepció a fenntarthatóság definíciójának része legyen.

#### **50. A jövőre vonatkozó mérlegelés és egyéb bizonytalanságok miatt a környezethasználati számításokba megfelelő biztonsági tényezőt kell beépíteni**

A fenti példa azt is mutatja, hogy nem elég  $F$  vagy a környezethasználatok értékét az egyenletek matematikai tényezőjének tekinteni. Ezeket az értékeket az emberi élet más elemei is meghatározhatják; így pl. a populáció nagyságának változása; a technológiai fejlesztések lehetséges, ill. tervezett mértéke; az egy főre vetített igények erkölcsi avulás vagy más miatti változása; a politikai döntéshozatali mechanizmusok hatékonysága stb. Ez azt is jelenti, hogy ahhoz, hogy megfelelő környezetgazdálkodási

szabályozást tudjunk végrehajtani, rendelkezünk kell a társadalmi élet más elemeire vonatkozó átlátással, jövőképpel és predikciós képességgel. Bár a környezetgazdálkodásra ennek komoly kihatása van, ezen tényezők vizsgálatát nem tekintjük közvetlenül a környezethasználati fenntarthatósági elmélet közvetlen feladatának. Az viszont fontos, hogy az  $F$  mérlegelésének szükségessége mint koncepció a fenntarthatóság definíciójának része legyen.

---

## VII. A környezeti fenntarthatóság operatív definíciója

### 51. A kapacitáshasználat elvén alapuló fenntarthatóság koncepciójára nézve megfogalmazható egy általánosított elmélet

A fentiekben megmutattuk, hogy a sokféle fenntarthatóság közül kitüntetettek a környezettel kapcsolatosak, és hogy ezekre nézve néhány egyszerű, általánosítható mennyiséggel modellezhető a kapacitások időbeli változása. E modell természeti törvényekre (pl. az anyag és energia megmaradásának elve), valamint egyéb tézisekre és hipotézisekre épül. A mennyiségek általánosíthatósága következtében, és a modell megfelelő kiterjesztésével juthatunk el egy olyan elmülethez, amivel átfogó módon kezelhetjük azt a kérdést, hogy a környezetünket fenntartható módon kezeljük-e vagy nem, ill. hogy milyen lépéseket kell tenni annak érdekében, hogy egy nem fenntartható használatot fenntarthatóvá tegyünk. Ez az elmélet az értekezés téziseit és hipotéziseit egy koherens rendszerbe foglalja. Azért is készült az értekezés olyan formában, hogy e téziseket és hipotéziseket külön kiemelve jól átláthatóak legyenek az elmélet feltételei, állításai és következményei is.

### 52. A fenntarthatóság általánosított definíciója:

$$\frac{K_{nm}}{b * \sum H - \sum K_m - \sum \Delta K} = \text{elég?}$$

$K_{nm}$  = nem megújítható kapacitások mennyisége;  
 $b$  = biztonsági tényező;  
 $H$  = kapacitás-használat mértéke;  
 $K_m$  = megújítható kapacitások;  
 $\Delta K$  = a megújításon kívüli egyéb kapacitás-változások;  
 $\Sigma$ : a mennyiségek összesítendőik egy vizsgált időszakra (vagy használati egységekre: fordulókra);  
 „= elég?\": mérlegeléssel kell eldönteni, hogy a bal oldali hányados értéke megfelelő nagyságú-e?

A definíció két részből áll: az egyenlet bal oldalán elvégzendő számításból, ami a kapacitás-használat modellezésének eredménye; és egy mérlegelésből, ami lehetőséget ad a kapott eredmény emberi szempontok figyelembe vételével és értékelésével történő elemzésére, a következtetések levonására. Ebben az értelemben ez a definíció hangsúlyt fektet mind a *természet objektív törvényeire*, mind pedig *az emberi világ szubjektív kívánalmaira*; ezeket egy szintre hozza, sem az egyiket, sem a másikat nem tekinti kizárólagosnak vagy elsőrendűnek, de mind a kettőt elegendően fontosnak ahhoz, hogy egyiket sem nélkülözhessek.; a jobboldal pedig megengedi azt, hogy e limitáltság adta keretek között szabadon, emberi értékeink szerinti döntéseket hozzunk.

A definíciót a környezeti kapacitás-használatra általánosan lehet alkalmazni, de sok más olyan fenntarthatósági esetben is lehet alkalmazni, ahol az anyag- és energiamegmaradás törvénye közvetlenül megnyilvánul (pl. pénzügyek, raktárkészletek stb.).

---

**53. A definíció baloldali része tisztán a fizikai világ működésének törvényein nyugszik, és így szilárd alapját képezi a definíciónak**

Az egyenlet bal oldala az emberi akarattól független, objektív folyamatokat és összefüggéseket ír le. Az összefüggések alapja az anyag és energia megmaradásának törvénye; azt fejezi ki, hogy csak addig nyújthatunk, amíg a takarónk ér. A "takaró hossza" adott használat mellett nem emberi vágyak, hanem környezetünk adottságainak függvénye; a bal oldalon található hányados egyértelműen megszabja, hogy ha hosszabb takarót akarunk, csökkentenünk kell a használatot (viszont ha a használat kicsi, vagy újból és újból gondoskodunk a kapacitások megújításáról).



Megjegyezzük azt is, hogy a bal oldali számítások elvégzésének kényszere azt is jelenti, hogy ilyen számítások elvégzése nélkül, pusztán a következő lépésben tárgyalt, szubjektív mérlegeléssel nem lehet a fenntarthatóságot megítélni. A számítások kényszere természetesen azt is jelenti, hogy mind a kapacitások nagyságáról, mind a használat mértékéről megfelelő becslésekkel kell rendelkezünk. Minél inkább közel van a használat mértéke a kapacitásokéhoz, annál fontosabb, hogy ilyen becslésekkel rendelkezünk, és a megfelelő számításokat elvégezzük.

#### 54. A definíció második része emberi mérlegelést követel meg

A bal oldali számítások egy kényszert, limitáltságot testesítenek meg. Ha a kiszámított hányados nagy (pl. évszázadok vagy még hosszabb időszakot, vagy általánosan: nagyon sok fordulót kapunk eredményül), nem kell a használatot korlátoznunk (legalábbis egy ideig). Ha ennél rövidebb időről, vagy kevesebb fordulóról van szó, *mérlegelnünk kell*, hogy hogyan kezeljük a kapott szám "véglegességét". Ez a mérlegelés sok elemet tartalmazhat, pl. mely generációkra mennyi kapacitás-használati jogot engedünk meg és mekkora kapacitás-teremtési feladatot írunk elő; rövidebb időtartamnál azt, hogy a most élő generációk mikor mennyi terhet viseljenek el és mennyi hasznuk legyen a kapacitáshasználatból stb. Ez a mérlegelés nyilvánvalóan nem természeti törvényektől, hanem prioritásoktól, erkölcsi mérlegeléstől, vallási felfogástól, értékítéletektől stb. függ, és hasonlít pl. ahhoz, hogy a nyugdíjunkra mennyi pénzt tegyünk félre (ezt a pénzt nyilván nem költhetjük el addig, amíg nem leszünk nyugdíjas korúak, ill. amíg aktívan dolgozunk), és mennyi legyen majd a nyugdíjunk. Ilyen kérdésekre a különböző társadalmakban természetesen különböző válaszok születnek, és nincs természeti törvény arra nézve, hogy milyen az "optimális" válasz. Ha volna is ilyen válasz, annak megtalálásához egyelőre nincsenek megfelelő módszereink; legjobb esetben is csak egyfajta iterációval próbálhatjuk meg meghatározni.

#### 55. A fenntarthatóság javasolt definíciója meghatározza, hogy mely tényezőket kell figyelembe venni, amiből az is következik, hogy mely tényezőket nem kell mérlegelni

A definíció bal oldali része csak a kapacitások és a használat mértékének ismeretét követeli meg. A fenntarthatóság maximális hosszát tehát *adott használat mellett* csak e tényezők határozzák meg; e tekintetben lényegtelen, hogy kinek milyen az erkölcsi felfogása, politikai vagy vallási világnézete, mekkora a banki alapkamat, mely párt van hatalmon stb. A kapacitások és használat általános formában történő kezelése ugyanakkor azt is jelenti, hogy a környezeti kapacitások a "közjó" kategóriájába tartoznak, vagyis az összes kapacitás számít (függetlenül attól, hogy mely országokban, mely szektorokban használják fel a kapacitásokat): a kapacitáshasználat országokon és szektorokon átnyúló, integrált jelenség, melynél *a fenntarthatóság szempontjából* nincs értelme pl. egyes szektorokat vagy országokat összehasonlítani, mint ahogyan azt egyes [indikátorok](#) teszik.

Az egyenlet jobb oldali része viszont számos, a mérlegeléssel kapcsolatos tényező fontosságát hangsúlyozza. Az emberi döntések nagyon sok tényezőtől függhetnek, és a történelem során sokféle döntési mechanizmus alakult ki, melyeket mind lehet alkalmazni. E mérlegelés szubjektivitása magyarázza meg, hogy a fenntarthatóság elérése egyáltalán nem garantált, s hogy számos tényező akadályozhatja meg, hogy sikerüljön elérni a fenntarthatóságot (ha nem sikerül kompromisszumra jutni), de a szubjektivitás nem is zárja ki a fenntarthatóságot: ez lehetővé teheti, hogy ökonómiai, politikai, pénzügyi, tudományos-technológiai vagy más módszerekkel élve, a szabadság biztosításával, demokratikus, inkluzív és más, a társadalom kreativitását maximáló mechanizmusokkal elérhessük a használatot minimalizáló igényszintek elérését és a használatot maximalizáló kapacitás-bővítéseket hajthassunk végre.

56. Egy környezethasználati rendszer fenntarthatósági elemzésének főbb lépései az alábbiak:

I. Pontosán meghatározzuk, mi is az a környezeti tulajdonság, aminek a fenntarthatóságát akarjuk biztosítani.

II. Azonosítjuk azokat a kapacitásokat és környezethasználatokat, amelyek meghatározzák a vizsgált környezeti tulajdonság fenntarthatóságát.

III. Kapacitás-használati és használati igény-elemzést végzünk. Ez kétféleképpen lehetséges:

*A. Annak ellenőrzése, hogy a kapacitások egy előre meghatározott számú  $F$  forduló (pl.  $F$  év) alatt milyen ütemű környezethasználatot tesznek lehetővé:*

1. Meghatározzuk, hogy mely  $F$  értéket tekintünk fenntarthatónak. (Ez részben a vizsgált környezeti rendszertől függ, részben emberi (használati) igények mérlegelésének kérdése, de sokszor további egyéb tényezőknek (pl. a technológia várt fejlődése stb.), ill. a rájuk alkalmazott feltételezéseknek is a függvénye.

2. Megbecsüljük a jelenlegi kapacitásokat ( $K_{nm}$ ,  $K_m$ ), valamint a jelenlegi és a jövőben prognosztizálható és kapacitásváltozásokat ( $m$  értéke, valamint  $\Delta K_f$ ) a meghatározott  $F$  fordulóra.

3. A fenti mennyiségekből a (9)-es képlet alapján kiszámítjuk, hogy az  $F$  fordulóig maximum mekkora felhasználás engedhető meg fordulónként, ill. összesen.

56. *B. Annak ellenőrzése, hogy adott kezdő kapacitások, kapacitás-növelés és kapacitás-használat mellett elegendően sok fordulón keresztül (elegendően hosszú ideig) maradnak-e meg kapacitások:*

1. A fentiek szerint megbecsüljük a jövőbeli kapacitások ( $K_{nm}$ ,  $K_m$ ,  $m$  értéke, valamint  $\Delta K_f$ ) várható nagyságát.

2. Meghatározzuk a felhasználás szükségesnek ítélt mértékét ( $H_f$ , ill.  $SumH_f$ ).

3. Kiszámítjuk, hogy a fentiek és a (9) képlet alapján mekkora  $F$  fordulósám adódik (ami egyenlő annak a fordulósámnak a nagyságával, ami alatt a kapacitások kimerülnek).

4. Megvizsgáljuk, hogy az így kapott  $F$  érték elegendően sok fordulósámot jelent-e (pl. elegendően hosszú időszakot ad-e ki). Ha igen, akkor a kapacitás-használatot fenntarthatónak kell ítélni (még akkor is, ha a használat véges fordulósám (pl. idő) alatt a kapacitás kimerüléséhez vezet); ha nem, akkor a kapacitás-használat szükségesnek ítélt mértéke nem fenntartható. (Ekkor a használatot csökkenteni, ill. a kapacitásokat bővíteni kell addig, amíg a fenntarthatósági kívánalomnak megfelelő  $F$  értéket el nem érjük.)

Ez a tézis a korábbiakból egyenesen következik, és azok egyfajta összefoglalója. A fenti lépések tényleges alkalmazása természetesen a környezeti rendszer tulajdonságaitól függ, és a folyamatot mindig e tulajdonságokhoz kell igazítani.

57. **A környezeti rendszerek fenntarthatóságának a kezelésére rendszer-specifikus megoldásokra van szükség**

A fenntarthatóság becslésének fenti módja általánosítás, és csak a használatok (és kapacitások) *menyiségére* nézve igényelnek, ill. adnak információt. Fontos hangsúlyozni, hogy ez a modell nem ad semmilyen támpontot arra nézve, hogy azon kívül, hogy megkívánjuk, hogy a fenntartható időszak teljes hossza alatt, és ezen túlmenően minden évben (fordulóban) több vagy ugyanakkora kapacitásunk legyen, mint az igényelt használat, nem tudjuk meghatározni (de nem is érdekes), hogy a használat időbeli lefutása milyen legyen. Ez az időbeli lefutás gyakran a valódi környezeti rendszertől, annak belső összefüggéseitől, a kapacitásokon kívüli egyéb tulajdonságaitól, ill. a környezethasználat számunkra jelentkező fontosságától függhet.

### 58. A rendszertől függően hamarabb, vagy később válhat szükségessé az, hogy hogyan változtassunk a környezeti terhelésen

A fenntarthatóság definíciójából adódó limitációkhoz képest további tényezők is korlátozhatják a használatot. A sokféle, a definícióban általánosított fenntarthatósági helyzet a fizikai rendszert illetően jelentősen eltérő lehet, melyek mindegyikében másféle környezetterhelés lehetséges, vagyis a rendszer tulajdonságai többé vagy kevésbé korlátozhatják szabadságunkat a használat időbeli elosztásában. Így pl. egy autóhasználat esetében (mindennapi viszonyok között) teljesen mindegy, hogy egy hosszú út után hosszú ideig nem használjuk az autót, vagy fordítva; ugyanakkor pl. a Föld légkörének terhelése szempontjából valószínűleg nem mindegy, hogy ugyanakkora CO<sub>2</sub>-mennyiséget egyenletesen, vagy úgy juttatjuk a levegőbe, hogy először sokat (mint pl. most), később pedig (a tervek szerint) egyre csökkenő mértékben, az évszázad végén a jelenleginél sokkal kevesebbet: a két kibocsátási scenáriónak feltehetően jelentősen eltérő hatása lehet a légkör hőmérsékletének növekedésére. Ezt figyelembe kell venni akkor, amikor egy jelenleg túlhasználattal kezelt rendszernek a fenntarthatóvá tételét szeretnénk elérni. Nagy rezilienciájú rendszereknél viszonylag gyors - vagyis a fenntarthatósághoz még hátralévő idő *vége* felé elvégzett - korrekció is eredményre vezethet; kis rezilienciájú rendszereknél viszont (valószínűleg ilyen pl. a Föld klimatikus rendszere) sokkal előbb el kell kezdeni a korrekciót.

---

**59. Ha meg akarjuk tudni, hogy egy adott rendszer működtetése annak bizonyos terhelése mellett meddig tartható fenn, elegendő a definícióban alkalmazott képlet (ill. annak a konkrét rendszerre adaptált változata) által előírt számításokat elvégezni**

A környezeti kapacitások használata sok esetben túlment a még fenntartható mértéknél, sok esetben azonban ettől még messze vagyunk. Ezért sok esetben egyelőre nem az a kérdés, hogy feltétlenül már most változtatnunk kell a környezethasználaton, különben katasztrófa állhat elő, hanem az, hogy mennyi ideig beszélhetünk még fenntarthatóságról, vagyis mennyi időnk van még addig, amíg mindenképpen fenntartható pályára kell állítanunk a környezethasználatot. Ehhez a definícióból adódóan nem mérlegelésre, hanem tényleges számítások elvégzésére van szükség. Ez a számítás a definíció egyenletének bal oldalán előírt számítások elvégzését jelenti.

---

**60. A fenntarthatóság fenti definíciója feleslegessé és szükségtelenné tesz sok, a fenntarthatósággal kapcsolatban eddig alkalmazott megközelítést, de hangsúlyozza a használat "közlegelő" jellegét**

A fenntarthatóságnak a környezeti kapacitásokhoz való kötésével elhárul annak a szükségessége, hogy különböző definíciókat alkalmazzunk, és különböző féle fenntarthatóságokról beszéljünk. Így pl. szükségtelenné válik, hogy a közgazdászok által gyakran emlegetett "gyenge" vagy "erős" fenntarthatóságról beszéljünk. Valójában csak *egyféle fenntarthatóság van*, csakúgy, mint (elvben) egyféle igazságszolgáltatás: valaki vagy betartja az alapszabályokat ("jogkövető magatartást tanúsít"), és akkor nem lesz gondja a bíróságokkal, vagy nem. A fenntarthatóság definíciójában megjelölt limitáltsághoz vagy alkalmazkodunk, és akkor a környezethasználat fenntartható lesz, vagy nem, ebben az esetben viszont számolnunk kell a használat fenntarthatatlanságának következményeivel. Míg azonban a jog esetében maguknak az alapelveknek az esetében is gyakran van lehetőség "mérlegelésre", addig a környezethasználatoknál erről nem lehet szó: az anyag- és energia-megmaradás törvényét egyikünk sem, a leggazdagabb vállalatok, országok, sőt, az emberiség sem kérdőjelezheti meg.

Fontos azonban azt is hangsúlyozni, hogy mind a kapacitások, mind a használatok esetében a "környezet" szempontjából teljesen mindegy, hogy ki (pl. melyik ország) használja a kapacitásokat. Ez megfelel a természeti törvényeknek; az anyag- és energia megmaradásának törvénye az összes anyagra és energiára vonatkozik. Sajnálatosan ez teszi lehetővé azt, hogy egyes országok, szektorok, embercsoportok stb. átterhelhessenek környezetszennyezést vagy túlzott környezethasználatot másokra; ill. hogy az egész emberiség *együttesen* tehesse tönkre a földi környezetét. Ennek a problémának a közvetlen megoldására a fenntarthatóság itt javasolt definíciója nem kínál megoldást, de legalább felhívja a figyelmet az *átterhelésnek* erre a lehetőségére; az ennek *megakadályozására tett erőfeszítéseknek szintén a fenntarthatóság egyik kiemelt szempontja kell legyen.*

---

## VIII. A fenntartható és nem fenntartható rendszereknek, valamint ezek modellezhetőségének jó példája a fatermesztés

### 61. A tartamosság több évszázada az erdőgazdálkodás egyik legfontosabb alapelve

Ahogy az **fent** már említettük, a tartamosság mint koncepció régi dolog az erdőgazdálkodásban. Első nyoma Hans Carlowitz könyvében bukkan fel.



7. ábra. Hans Carlowitz: "Sylvicultura oeconomica, oder haushwirthliche Nachricht und Naturmäßige Anweisung zur wilden Baum-Zucht" c. könyvének (1713) címlapja



A szemlélet Magyarországon is hamar eltejedt. Az alábbi, az első megjelenésnél jóval régebbi, de még így is majdnem 120 évvel ezelőtti megfogalmazás (Barger Guido, uradalmi erdőrendezőcikke) jól összefoglalja, mit is értettek tartamosságon már régóta az erdőgazdálkodásban: "... kétségbevonhatatlan tény, hogy a tartamosság oly erdőgazdálkodást tételez föl, mely szerént a használatok és növedék közti egyensúly mindenkor kell hogy fönnáljon, s kizár az erdő termőképességének lejjebb szállítására irányuló minden cselekményt".

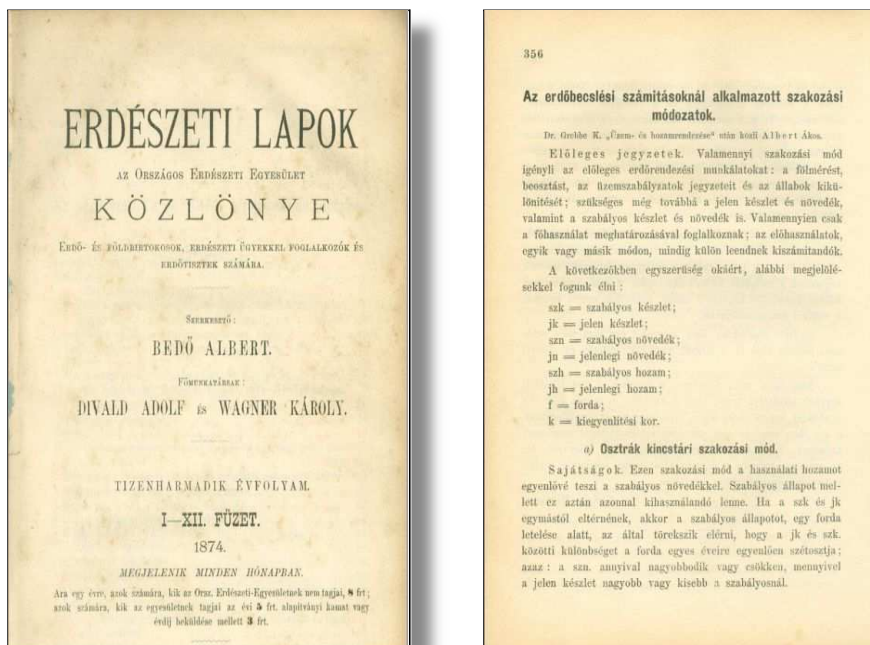
Ezt az értekezés szellemében úgy lehet megfogalmazni, hogy a használatnak ( $H$ ) maximum egyenlőnek, de inkább kisebbnek kell lennie, mint a fanövekedés mértékének, a növedéknek ( $I$ ), ami a a fatermesztés esetében minősíthető úgy, mint egy megújítható környezeti kapacitás ( $K_m$ ):  $H \leq K_m$ .

Szükséges azonban megjegyezni, hogy ezt az egyenlőtlenséget régen is, és ma is kizárólag a faanyag térfogatával, biomasszájával, esetleg szénttartalmával összefüggésben szokták felírni, és az egyenlőtlenség csak azért működik, mert semmi nem akadályozza, hogy az erdőből a fakitermeléssel elvitt faanyag szén-, oxigén- és hidrogén-tartalmát az ezekkel egyenlő nagyságú, a levegőben és a talajban történő anyagáramlások teljes mértékben pótolják. A faanyagban kisebb mennyiségben megtalálható nitrogén, foszfor, kálium, és az ezeknél is sokkal kisebb mennyiségben szükséges több tíz féle nyomelemre azonban ez már nem feltétlenül igaz. Minél intenzívebb a fakitermelés, annál kevésbé állhat fenn a fenti egyenlőtlenség ezekre az elemekre. Ennek jó példái az ún. energetikai célú ültetvények, melyek hasonló természetű kultúrák, mint a mezőgazdasági egynyári kultúrák, s melyeknél ezeknek az elemeknek folyamatos, (mű)trágya kijuttatásával történő visszapótlására van szükség ahhoz, hogy a fák a növekedésükhöz elenegedhetetlen anyagokhoz hozzájussanak, bármilyen kis mennyiségű anyagról legyen is szó.

---

## 62. A tartamosság biztosításának: a "hozamszabályozásnak" is évszázados története van

A tartamosság biztosítására elterjedt erdészeti módszereket hozamszabályozásnak hívjuk. Ezt régen "szakozásnak" mondták. Ennek főbb típusait - mint ahogyan azt az alábbi ábra is bizonyítja - a hazai erdészeti szakajtó már közel 140 éve ismertette.



**8. ábra.** Magyarország egyik legrégebbi szakmai folyóirata, az *Erdészeti Lapok* 1874. számának címlapja és a hozamszabályozással (akkori nevén "szakozással") foglalkozó cikkének első oldala.

## 63. A hozamszabályozásra szükség van, mert nélküle túlhasználat alakulhat ki

Addig, amíg kis mértékűek voltak az emberi hatások, nem volt szükség tudatos gazdálkodásra. Az állatvilág, ill. a mikroorganizmusok hatásának mértéke is többnyire olyan, hogy ritkán okozza fajok kipusztulását. A természetben rendszeresen előfordulnak helyi túlhasználatok (pl. gradációk, sáskajárások idején), azok azonban nem terjednek ki a faj teljes elterjedési területére, és így van lehetőség a populáció regenerálódására. Más esetekben (pl. egy pocsolyában található tápanyagok elfogyása esetén) az érintett fajok (pl. gombák, baktériumok) képesek a használat miatt drasztikusan megváltozott körülmények kezelésére. Az ember esetében a környezeti károkozás története evolúciós értelemben nagyon rövid, és ezért még nem alakulhatott ki olyan mechanizmus, ami automatikusan segíti az emberiség túlélését.

Ugyanakkor az emberi tevékenység jóval nagyobb léptékű hatásokkal jár, mint az állatok esetében, és jóval nagyobb területre terjed ki. Ha az emberi populáció mérete és igényei folyamatosan nőnek, előbb-utóbb túlhasználat alakulhat ki, és ezt csak tudatos irányítással: hozamszabályozással, ill. ehhez hasonló mechanizmusokkal lehet elkerülni.

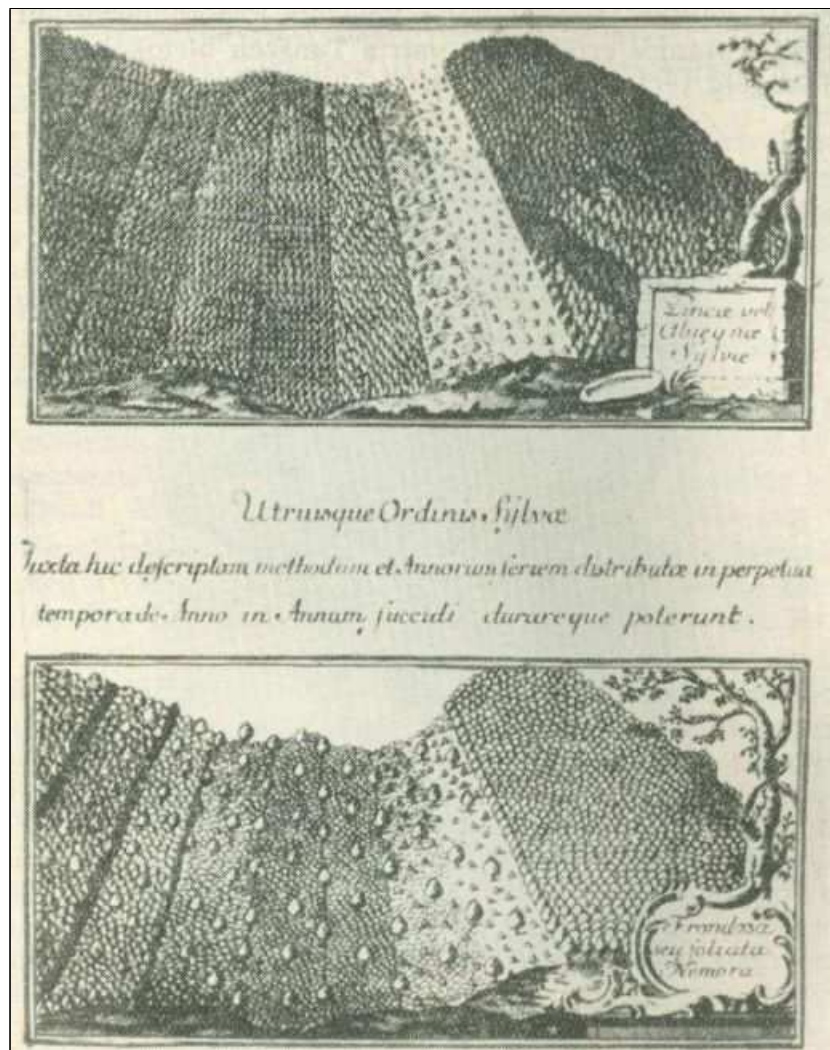


*9. ábra. Példa egy rendszerben, de túlzott mértékben végzett erdőhasználatra.*

---

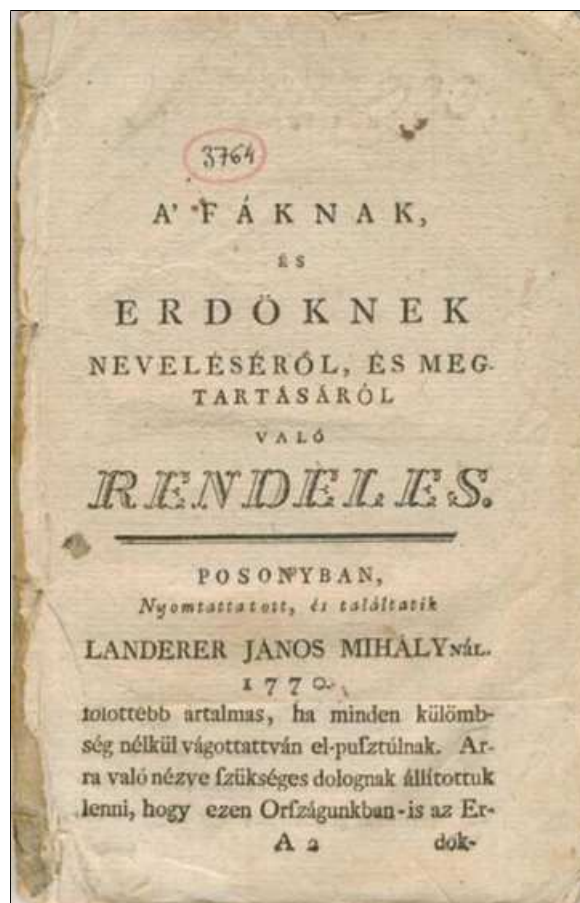
## 64. A hozamszabályozásnak többféle módszere létezik

A hozamszabályozás módszerei hosszú idő alatt alakultak ki. A szakozások legegyszerűbb, de nem közvetlenül a faanyaggal, hanem az *erdőterülettel* operáló változata az ún. *térszakozás* volt, amikor is egy adott erdőterületnek (A) minden évben annyi ad egységéről (a) engedik elvégezni a véghasználatot, ahány éves ún. vágáskorral (VK) kezelik az adott erdőt:  $a = A / VK$ . (Ilyen egységek láthatók a Mária Terézia 1769-es ún. erdőrendtartásából származó, alábbi ábrán is.) Így körbejárva a területen minden évben annak más, de ugyanakkora részén végeznek fakitermelést, és mire ismét ugyanahhoz a területhez érnek vissza, a felújuló erdő ismét vágásérett lesz. Ez azonban csak akkor vezethetne időben állandó hozamhoz, ha minden termőhelyen (vagyis mindenféle talaj- és klimatikus viszonyok mellett) minden fafaj ugyanannyi faanyagot termelne. Mivel ez nincs így, ezért a hozamok állandósítása érdekében bevezették a *tömegszakozást*, amelynek során faállományok más jellemzői: a fakészlet (V), ill. a növedék (I) váltak a kitermelhető famennyiség meghatározásának tényleges mértékévé. Az előbbi esetben közvetlenül a kitermelendő famennyiséget (v) a fentihez hasonló módon, de a fakészletből meghatározni:  $v = V / VK$ ; a növedék alkalmazásával pedig valódi, rugalmas hozamszabályozás vált megvalósíthatóvá, amelynek lényege, hogy a kitermelhető faanyag-mennyiség hosszabb időszak alatt nem lehet több, mint a növedék és az óhatatlanul elhaló faanyag mennyiségének ("mortalitás", M) a különbsége:  $v \leq I - M$ . Ez utóbbi esetben  $I - M$ -t valódi környezeti kapacitásként kezeljük. Ennek folyományaként később a faanyag keletkezési folyamatok valódi megérésére helyeződött a hangsúly. A tömegszakozás, ill. a hozamszabályozás megvalósítására azonban csak akkor nyílt lehetősége az erdőgazdálkodóknak, amikor valahogyan már mérni tudták a faanyag keletkezésének mértékét (vagyis a megújítható kapacitást) és a fakitermelés mértékét (ami valójában egyenlő a környezethasználattal).



10. ábra. Kép Mária Terézia 1769-es erdőrendtartásából, melyen különböző fajajú és korú egységekre osztott erdőterület látható.

Érdemes azt is megemlíteni, hogy a tartamosságot Mária Terézia rendelete nemcsak a fakitermelés szabályozásával, hanem új erdőfoltok ("kapacitások") létesítésével is elősegítette: „Minthogy pedig már tapasztaljuk, hogy Esztendőről-Esztendőre az erdők fogynak, és a fáknek szüksége öregbedik a' mi kegyelmes kemény parantsolatunk az, hogy minden háznak lakosa, mind addig miglen a' ház, udvar, kert, pajta és rétek körül, üres és a' faültetésre alkalmas hely található, minden esztendőben fákat, és ugyan a' vizes helyekre, nyír, füz és éger fákat, az agyagos és száraz földben pedig szil-fákat, legalább 20-at plántálni tartozik.”



11. ábra. Mária Terézia magyarul 1770-ben megjelent erdőrendtartásának nyitólapja, mely rendelkezett "A' fának, és az erdőknek neveléséről, és megtartásáról" (kiemelés tőlem).

## 65. A fatermesztés kapacitásai és használatai régóta jól mérhetőek

Mária Terézia fenti rendelete megkövetelte, hogy mérjék fel az erdők területét, állapítsák meg fatömegüket, szabályozzák a fahasználatot, vezessenek be rendszerességet a fakitermelésben, gondoskodjanak az erdők számbavételéről és felújításáról, a használatok szabályozásáról és új erdők telepítéséről, valamint biztosítsák az erdők védelmét. Ezen intézkedések egy része feltételezte, hogy a fatömeget meg tudják mérni. Idővel azonban kiderült, hogy a fatömegre alapozott hozamszabályozás nem elég pontos; ezért szükségessé vált a fák növekedésének mérése.

Mivel azonban a fák növekedése évtizedekig, sőt évszázadokig tart, ezért azt az erdészeti gyakorlatban nemigen lehet mérni. Hogy mégis valahogyan meg lehessen becsülni a fanövekedés sebességét, sok erdő fatömegének megmérése alapján szerkesztettek olyan modelleket, ún. fatermési táblákat, amelyekkel jó átlagos fanövekedési értékeket lehetett meghatározni. A fatermési táblák első generációját 1795-től kezdődően kezdték publikálni (Paulsen, ill. Hartig német tudósok munkája eredményeként). Az alábbi ábra Cotta német erdőkutató 1821-ből származó, a lucfenyőre kidolgozott fatermési táblájának egy részletét mutatja.

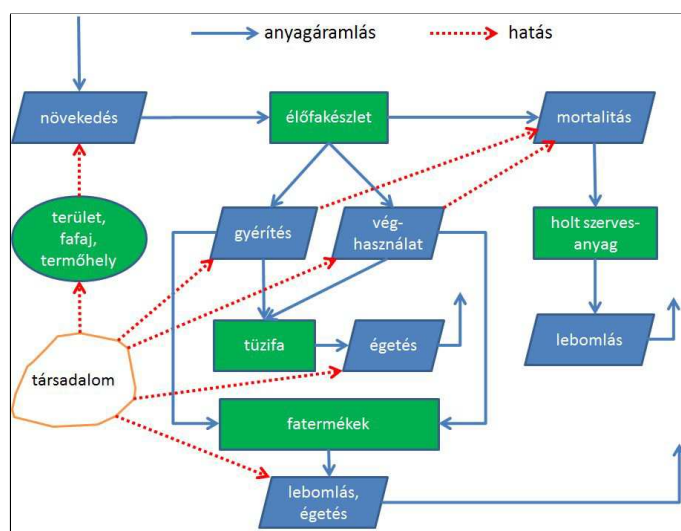
**Tafel V.      A. Fichten.**

Jahre.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.
20	269	450	632	813	994	1175	1356	1538	1719	1900
21	290	485	680	875	1071	1266	1461	1656	1851	2047
22	311	520	730	939	1149	1358	1568	1777	1987	2196
23	333	557	781	1005	1229	1453	1677	1901	2124	2349
24	355	593	832	1071	1310	1549	1788	2026	2265	2504
25	377	631	885	1139	1393	1646	1900	2154	2408	2662
26	400	669	939	1208	1477	1747	2016	2285	2555	2824
27	423	708	993	1278	1563	1848	2133	2418	2703	2989
28	447	748	1049	1350	1651	1952	2233	2554	2855	3156
29	471	788	1106	1423	1740	2057	2375	2692	3009	3327
30	495	830	1163	1497	1831	2165	2499	2832	3166	3500
31	520	871	1222	1573	1923	2274	2625	2975	3326	3677
32	546	914	1282	1649	2017	2385	2753	3120	3488	3856
33	572	957	1342	1728	2113	2498	2883	3268	3653	4039
34	598	1001	1404	1807	2210	2613	3015	3418	3821	4224
35	625	1046	1467	1887	2308	2729	3150	3571	3992	4413
36	652	1091	1530	1969	2408	2848	3287	3726	4165	4604
37	679	1137	1595	2053	2510	2968	3426	3883	4341	4799
38	707	1183	1660	2137	2613	3089	3566	4042	4519	4995
39	735	1231	1726	2222	2717	3213	3709	4205	4701	5197
40	764	1279	1793	2308	2822	3338	3853	4369	4884	5400
41	794	1328	1861	2395	2928	3464	4000	4534	5070	5606
42	823	1377	1929	2481	3035	3590	4145	4701	5256	5812
43	853	1426	1998	2570	3143	3718	4295	4870	5445	6020
44	882	1475	2067	2660	3252	3847	4443	5038	5633	6229
45	912	1525	2137	2750	3362	3977	4593	5208	5824	6438
46	942	1575	2207	2840	3472	4107	4743	5378	6013	6649
47	972	1625	2277	2930	3583	4239	4894	5549	6205	6860
48	1002	1675	2358	3021	3695	4370	5046	5721	6397	7073
49	1032	1726	2420	3113	3807	4502	5198	5894	6590	7286
50	1062	1777	2491	3205	3920	4636	5352	6068	6785	7500
51	1092	1828	2562	3297	4034	4770	5507	6244	6981	7715

**12. ábra.** Részlet Cotta 1821-ből származó, a lucfenyőre ("Fichte") kidolgozott fatermési táblájából. A táblában a baloldali oszlop a faállomány korát mutatja ("Jahre"), a többi oszlopban pedig - a termőhely jóságának függvényében - lehet kiolvasni azt, hogy mennyi fatömeget érhet el az állomány az adott korban.

## 66. A fatermesztés kapacitásai és használatai régóta jól modellezhetők

A fatermesztés jól példázza azt is, hogy már régóta léteznek olyan eszközök, amelyek segítségével megvalósítható a kapacitások és használatuk egyensúlya. Ezek közé tartoznak azok a modellek, amelyekkel az idő függvényében modellezhetők a környezethasználat folyamatai. Egy ilyen modell ("TARTAMFA", l. [www.scientia.hu/tartamossag](http://www.scientia.hu/tartamossag)) folyamatábrája látható az alábbi ábrán. A modell képes a fatermesztési rendszer összes fontos folyamatának (kék rombuszok) és készleteinek (zöld téglalapok) becslésére az idő függvényében, és függően attól, hogy milyen fafajt, mekkora és milyen termőhelyen, és milyen fakitermelési stratégiát alkalmazunk. A részletek az említett honlapon megtalálhatók; itt a lényeg az, hogy a modellt a fák növekedési sebességének (l. [fent](#)), erdőművelési tulajdonságainak, lebomlási folyamatainak stb. ismerete alapján lehetett összeállítani; ezekre az ismeretekre részben az erdőgazdálkodás fenntarthatósága érdekében tettek szert, és a tartamossághoz szükséges ismeretek pedig (természetesen a tudomány fejlődésével párhuzamosan növekvő pontossággal) már régóta rendelkezésre állnak.

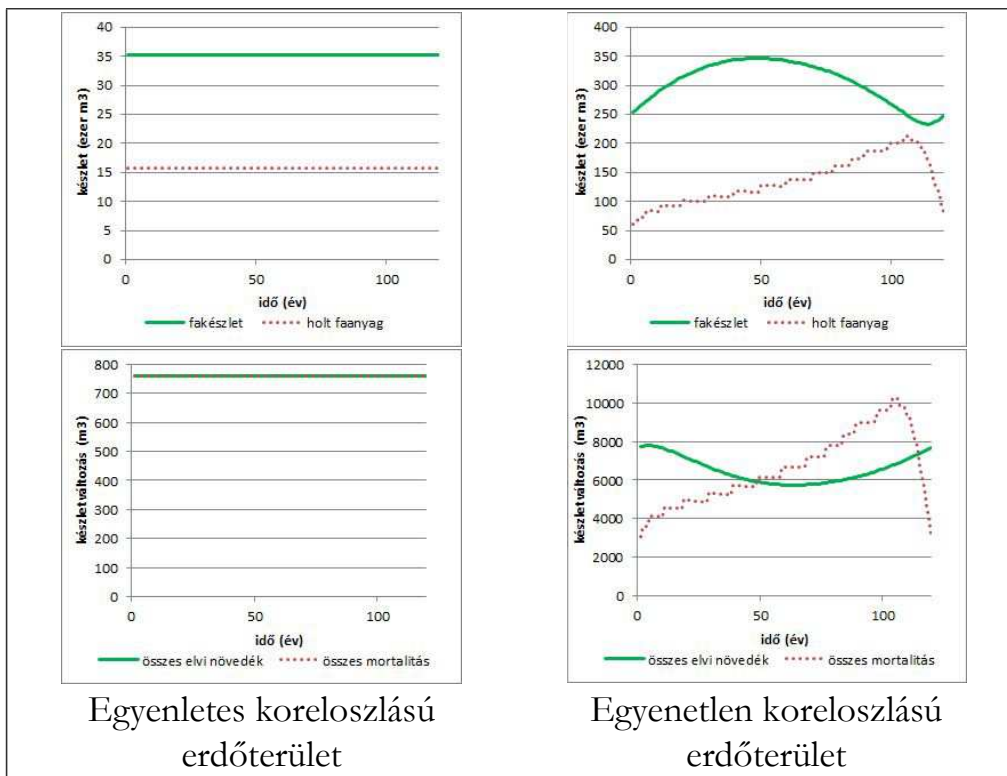


**13. ábra.** A fatermesztés faanyag-tartamosságát, és a faállományok CO<sub>2</sub>-körforgalmát leíró TARTAMFA modell folyamatábrája.

**67. A tartamosság alapelve szerint a tartamosság akkor áll fenn, ha hosszabb távon a fanövekedésnél nem nagyobb a fakitermelés; ezt a kapacitás-felhasználásra alapozott modellezés jól szemlélteti**

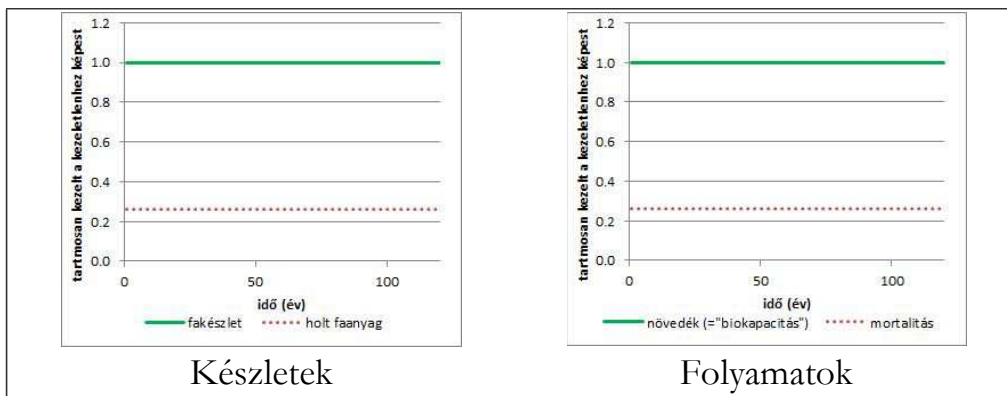


A tartamosság alapelvének működéséhez először ismerni kell azt, hogy egy természetes erdő fakészlete és fanövekedése hogyan alakul az idő függvényében. Tételezzük fel azt az egyszerű esetet, amikor egykorú és elegenden erdőnk van, melyben a fák 120 évig élnek (utána elpusztulnak, amit természetes mortalitásnak hívunk); minden korosztályban van valamennyi erdő; és minden korosztályban a fajra jellemző fanövekedés, és valamennyi fapusztulás (ún. sűrűség-független mortalitás) képződik. Ez nem minden tekintetben egy "természetes" erdőre jellemző eset, de a *tartamosság* szempontjából elegendő a fakitermelésekre és a fanövekedésre koncentrálni; "természetes"-nek most abban az értelemben vesszük az erdőt, hogy nem végzünk benne fakitermelést. Ekkor (alkalmazva azt a - szintén nem teljesen valóságos, de itt megengedhető - feltételezést, hogy a fák főleg idős korukban (néha fiatalabban) pusztulnak el, vagyis nincsenek erdőtüzek és ehhez hasonló bolygatások) a fanövekedési folyamatokéval ( $I$ ) pontosan egyenlővé válik a fapusztulási folyamatok ( $M$ ) sebessége ( $I=M$ ), és az erdő fakészlete és holt faanyag-tartalma egy állandó szintre áll be, csakúgy, mint a fanövekedés mértéke:



**14. ábra.** A fakészlet és a holtfa-anyag nagysága, valamint a fanövekedés és a holtfa-anyag keletkezésének mértéke ("mortalitás") két, különböző koreloszlású, de fakitermeléssel nem érintett (ebben az értelemben "természetes"), egyenetlennek tekintett erdőben. A két koreloszlású erdőterületnél - bal, ill. jobboldali oszlop - az összes erdőterület nagysága különböző, a készletek és a változások szintje ezért különböző; az összehasonlításnál a lényeg a készletek és a változások időbeli alakulása a két eloszlás esetén. Az egyenletes koreloszlású erdőben a készletek és változások minden évben ugyanakkorak; az egyenetlen koreloszlásnál az értékek minden évben mások, de 120 éves ciklusokban ismétlődnek.

A fenti természetes erdő fakészlete és folyamatai tehát nem feltétlenül egyenletesek, de ezeket tekintve referenciának (az éves értékeket minden esetben 100%-nak) elemezhetjük, mi történik, ha különböző erősségű fakitermelést végzünk az erdőben. Tételizzük most fel, hogy a fakitermelés ("fahasználat",  $H$ ) értékét mindig - minden évben - a keletkezett faanyag 70%-ának tekintjük ( $H=0.7 \cdot I$ ). Ebben az esetben a természetes erdőhöz képest az alábbi készletek és folyamatok tapasztalhatók:



**15. ábra.** A fakészlet és a holtfa-anyag nagysága, valamint a fanövekedés és a holtfa-anyag keletkezésének mértéke a két, különböző koreloszlású erdőben abban az esetben, ha az erdőt tartamosan kezeljük, vagyis kevesebb fát vágunk ki minden évben, mint amennyi keletkezik.

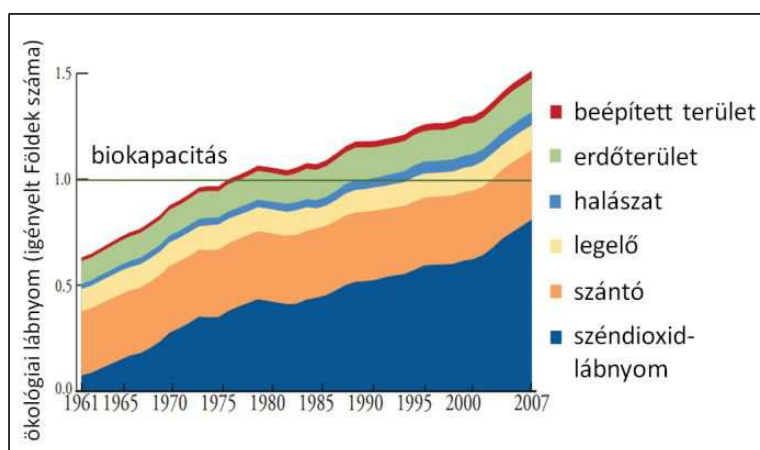
A ki nem termelt faanyag itt is elpusztul; a fenti egyenletet tehát így módosíthatjuk:  $I=H+M=0.7*I+0.3*I$ .

## 68. Az ilyen modellekkel a tényszerű vagy feltételezett túlhasználatok (ún. túllövések) modellezhetők és vizsgálhatók

A fent említett, ill. a hozzá hasonló modellek szemléletesen demonstrálhatják, hogy a környezethasználatok esetén bonyolult, sok tényező komplex összefüggés-rendszerével jellemezhető rendszerekről van szó. Ezeknek a rendszereknek a működését gyakran még szakemberek sem tudják átlátni teljességükben. Emellett a szakemberek is gyakran csak a rendszerek "normális" működési tartományára nézve rendelkeznek tapasztalatokkal, és az abnormális helyzetekben, mint pl. a túllövések, nem tudják megjósolni, hogy a rendszer hogyan fog viselkedni. Megfelelő modellek fejlesztésével pótolhatók ezek a tapasztalatok, vagy legalább elemezhető az, hogy lehet-e számítani nemkívánatos következményekre. Nincs akadálya annak, hogy az ilyen, tudományos és mérnöki elvek alapján működő modelleket, amelyeknek sokaságát használják mindenféle fizikai rendszer leírására és tanulmányozására, a fenntarthatóság vizsgálatában is használjuk.

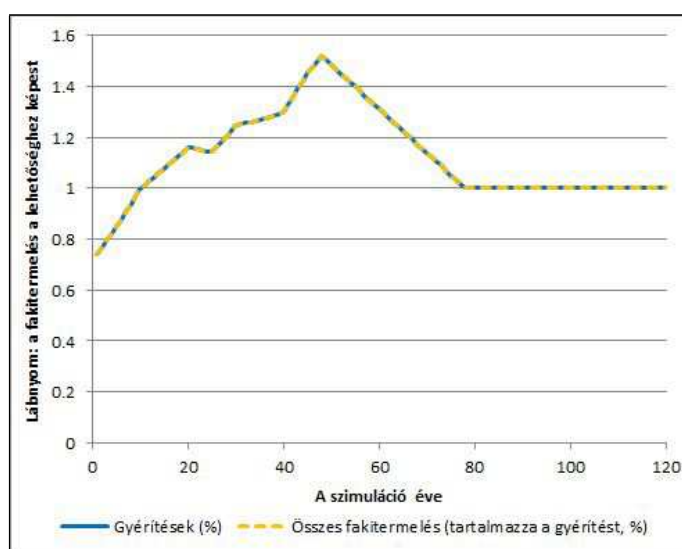
## 69. A túllövés hatásainak modellezéséhez érdemes olyan eseteket választani, amelyek komoly fenntarthatósági problémákra utalhatnak

A környezethasználat sok-sok lehetséges esete közül érdemes megnézni, milyen következményekkel járhat a túlhasználat. Igazán tanulságos olyan esetek vizsgálata volna, amelyeknél már most vagy a közeljövőben számolnunk kell kellemetlen következményekkel. Talán a legfontosabb ezek közül éppen magának a Földnek a lehetséges összeomlása az emberiség jelenlegi környezethasználatának folytatódása esetén. Egy ilyen lehetséges összeomlást **vetít előre** az emberiség által igényelt Földek számát "hivatalosan" mutató Ökológiai Lábnym (Wackernagel, 1991, Rees, 1992, Global Footprint Network, 2012), amely szerint már legalább másfél földre van szükségünk az igényeink kielégítéséhez.



**16. ábra.** A Föld közelmúltbeli túlterhelése ("túllövés") az Ökológiai Lábnym koncepciója alapján (Global Footprint Network, 2012).

Ez egy nagyon nagy mértékű túllövés, aminek a következményeit már érzékelnünk kellene; és érzékeljük is. Ennél azonban itt fontosabb, hogy modellezéssel tanulmányozható az, hogy mi történik egy ilyen túllövés hatására. Ehhez a modellen kívül - esetünkben a fent említett TARTAMFA modellt használjuk - szükség van arra is, hogy a túllövés mértékét mint input adatokat vegyük alapul, de arra is, hogy feltételezésekkel éljünk arra nézve, hogy az eddigi túllövés után mi következhet be. Az alábbi példában azt a forgatókönyvet elemezzük, hogy az évtizedekig tartó jelentős (50%-os) túllövés után "belátjuk", hogy ez nem lesz fenntartható, és 30 év alatt egyenletes sebességgel visszatérünk a még fenntartható szintre, és utána pedig mindig ezen a szinten fogunk maradni (vagyis 1 Föld biokapacitásainak megfelelő igényeket fogunk támasztani).

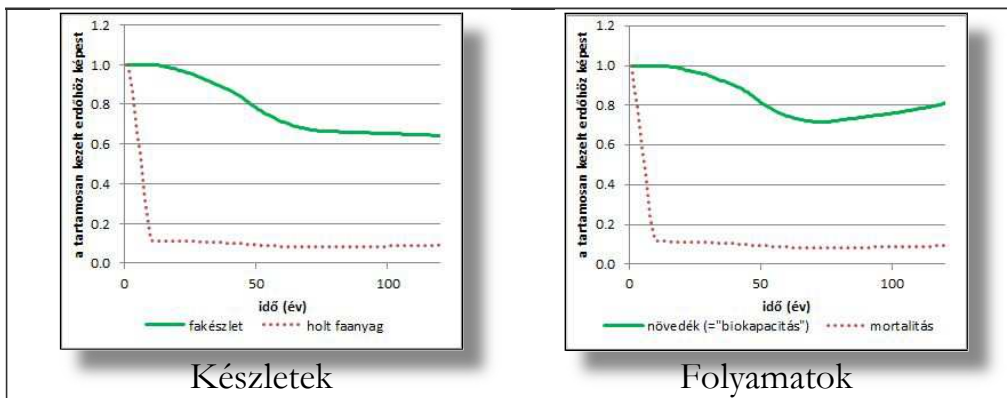


**17. ábra.** A Föld közelmúltbeli túlterhelésének megfelelő összes fakitermelés (a szimuláció első öt évtizedében), onnan egyenletesen csökkenő fakitermelés (kb. a szimuláció 80. évéig), majd fenntartható szintű fakitermelés (a szimuláció hátralévő kb. 40 évében), a mindenkori fanövekedés sebességének arányában kifejezve.

## 70. A túllövés súlyos károkat okozhat, amelyeket csak hosszú idő és nagy költség mellett lehet helyreállítani

A fenti modellel és feltételezésekkel erdőkre nézve vizsgálhatjuk, mi történik a túlzott környezethasználat hatására. Az alábbi ábrák közül az első azt mutatja, hogy a tartamosan kezelt erdőhöz képest mennyivel csökken az élő fák faanyagának *térfogata (élőfakészlete)*, és a holt fa anyagának mennyisége is

az idő függvényében. A második ábra hasonlóan az idő függvényében mutatja a keletkező faanyag mennyiségét (vagyis a kapacitások mennyiségét).



**18. ábra.** *A fakészlet és a holtfa-anyag nagysága, valamint a fanövekedés és a holtfa-anyag keletkezésének mértéke a túllövással kezelt erdő esetében.*

Az ábrákról nemcsak az látható, hogy a készletek és a kapacitások jelentősen csökkennek a túlhasználás hatására, hanem az is, hogy a túlhasználás megszűntetése után még igen hosszú ideig *nem tud a rendszer regenerálódni*. Ez egy igen jelentős veszélyforrás, amit az erdők esetében a tartamosság elvének betartása esetén már nem fordulhat elő, s amit különösen a Föld esetében el kellene kerülni.

## IX. A fenntarthatóságot indikátorok helyett a kapacitás-használat teljes rendszerének folyamatos elemzésével kell monitorozni

### 71. Az eddig használt indikátorok jelentős része nem megfelelő a fenntarthatóság mérésére

A fenntarthatóság mérésére, arra, hogy tudjuk, egy emberi tevékenység fenntartható-e, vagy meddig fenntartható, sokféle ún. indikátort használnak. Ezek többsége számszerűsíthető, és valamilyen statisztikai adattal egyenlő, vagy abból vezethető le. Vannak emellett nem számszerűsíthető indikátorok is. A számszerűsíthető indikátorokra példaként bemutatjuk az erdőgazdálkodásban alkalmazott kritérium- és indikátorrendszer (MCPFE, UNECE, FAO, 2007) 2007-es kiértékelésének összesítő táblázatát. Ennek bal oldalán az alkalmazott kritériumok és indikátorok, valamint ezek mérőszámai olvashatók; ettől jobbra több oszlopban pedig az indikátorok értékeinek 2000-2005 közötti változásának értékelése látható Európa különböző térségeire megbontva. Az értékelés színekkel történik: "a színek ... *pozitív* trendet jelölnek, ha a szín zöld; *stabil* trendet, ha a szín sárga, és *negatív* trendet, ha a szín piros... Ha egy térség mindegyik trend-indikátora *zöld*, akkor a térségbeli folyamatokat talán úgy lehet értékelni, hogy azok a fenntartható erdőgazdálkodás irányába tett fejlődést mutatják; fordított következtetést lehet levonni, ha mindegyik trend-indikátor *piros*". (A pozitív változás általában 0.5%-nál nagyobb éves növekedést jelent; a negatív változás általában -0.5%/év-nél nagyobb mértékű változást; a stabil trend esetében a változás e két érték között van.)

Criteria	Indicator number	Indicator / Sub-class	Trend or status	Unit	Central Europe	East Europe	Nordic / Baltic	North West Europe	South East Europe	South West Europe	MCPFE	MCPFE excl. Evaluation
C1	1.1	Area of forest	T	% annual change	+0.29 H	-0.01 H	+0.12 H	+0.21 H	+0.36 H	+1.46 H	+0.07 H	+0.40 H
	1.1.1	Forest area available for wood supply	T	% annual change	+0.14 H	-0.12 H	-0.08 H	+0.23 M	+0.44 H	+1.10 L	-0.05 H	+0.09 H
	1.1.2	Area of other wooded land	T	% annual change	+0.26 M	+0.40 H	+0.20 H	-1.15 M	-0.28 H	-1.12 H	+0.11 H	-0.48 H
	1.2	Total growing stock of FAMS	T	% annual change	+1.24 H	-0.24 H	+0.78 H	+1.64 H	+0.85 H	+2.27 H	+0.20 H	+1.20 H
C2	1.4	Forest carbon stock of woody biomass	T	% annual change	+1.41 H	+0.12 H	+0.94 H	+1.61 H	+0.69 H	+2.27 H	+0.38 H	+1.38 H
	2.1	Deposition of air pollutants per hectare & substrate	T	% annual change							n.a.	n.a.
	2.3	Proportion of trees with defoliation above 25%	T	% annual change							n.a.	n.a.
	2.4	Area of forest primarily damaged by fire	T	% annual change	-3.53 H	-10.40 H	+0.61 H	+0.30 H	93.28 H	+1.95 H	57.28 H	-1.79 H
C3	2.4	Area of forest primarily damaged by insects & disease	T	% annual change	-0.28 H	-5.30 H	+12.93 H			+3.21 L	-3.60 H	-0.18 M
	3.1	Ratio fellings/net annual increment <sup>1</sup>	S	%	61.27 H	35.77 H	71.71 H	52.73 H	44.85 M	26.37 L	48.24 H	58.34 H
	3.2	Volume of marketed roundwood	T	% annual change	+1.26 H	+0.80 H	+4.64 H	-1.43 M	+1.61 H	-1.59 L	+1.93 H	+2.48 M
	3.3	Value of NWFP removals <sup>1</sup>	T	% annual change	+0.28 n.a.		-3.09 n.a.	+5.42 n.a.	+7.49 n.a.	+3.21 n.a.	+3.79 n.a.	+3.79 n.a.
C4	3.5	Proportion of forest under management plan or equivalent <sup>1</sup>	S	%	96.17 H	100.00 H	93.83 H	77.90 H	98.20 M	84.00 L	98.73 H	92.57 H
	4.1	Proportion of forest predominantly broad-leaved or mixed	T	% annual change		+0.19 H	+0.47 H	+0.12 H	+0.07 M	+0.00 L	+0.20 H	+0.24 H
	4.2	Area of FOWI with natural regeneration	T	% annual change	+2.66 L		+0.35 H		-1.34 L			+0.42 L
	4.3	Area of forest classified as undisturbed by man	T	% annual change	+3.32 H	-0.21 H	+0.90 H	+0.00 M	+1.84 H	+1.30 H	-0.16 H	+1.06 H
C5	4.3	Area of forest classified as plantations	T	% annual change	+0.78 H	+1.94 H	+0.55 H	+0.36 M	+1.66 H	+1.94 H	+1.60 H	+1.17 H
	4.4	Area of forest dominated by introduced tree species	T	% annual change	+1.73 M		+0.67 H	+0.29 M				+0.76 M
	4.5	Volume of dead wood per hectare in forest	T	% annual change	-4.18 L	-0.10 H	+1.28 H			+2.33 L	-0.08 H	-0.03 L
	4.9	Total area of forest MCPFE Classes: 1.1, 1.2, 1.3, & 2	T	% annual change	+0.90 H	+0.66 H	-3.82 H	+2.16 H			+0.77 H	+0.85 M
C6	5.1	Area of protective forest for soil and other ecosystem functions	T	% annual change	+1.12 H	+0.16 H	+0.05 H	+4.30 H	-0.03 M	+0.38 H	+0.37 H	+1.35 H
	5.2	Area of protective forests for infrastr. and managed natural res.	T	% annual change	-2.76 H	-0.24 H	+11.10 H			+0.00 M	-0.31 H	-4.21 M
C6	6.1	Area of FOWI forest holdings under private ownership	T	% annual change	+1.23 H		-0.35 H	+0.18 M	+0.35 L	+1.10 L	-0.01 H	-0.01 M
	6.2	Contribution of forest sector to GDP	T	% annual change	-0.01 H	-0.04 H	-0.05 H	-0.02 H	-0.02 H	-0.04 H	-0.03 H	-0.03 H
	6.5	Forest sector workforce	T	% annual change	-0.58 H	-2.07 H	+0.10 H	-2.27 H	-0.70 H	0.85 H	-1.31 H	-0.74 H
	6.7	Wood consumption per capita	T	% annual change	+3.75 H	+2.96 H	+1.87 H	+0.25 H	+3.12 H	+0.15 H	+1.51 H	+1.47 H
C6	6.9	Total energy from wood	T	% annual change	+3.86 L		+0.48 M	-0.72 M	-4.03 L	+4.29 L		+0.11 L
	6.10	Area of FOWI with legal right to access	T	% annual change	+0.35 M	+0.03 H	+0.08 H		+0.39 L		+0.08 H	+0.49 M

19. ábra. Az MCPFE, újabban Forest Europe kritérium- és indikátor-rendszerének összefoglaló értékelő táblázat (l. MCPFE, UNECE, FAO, 2007, ill. Forest Europe, UNECE and FAO, 2011; a részleteket l. fent).

Minden indikátor természetesen annyira hasznos, amennyire képes mérni a fenntarthatóság valamilyen aspektusát. Ebben a vonatkozásban megállapítható, hogy nagyon sok indikátor nem hasznos, sőt, félrevezető lehet. Egy ilyen, az erdőszet fent említett rendszerében alkalmazott indikátor pl. az erdőtüzek évenkénti területének nagysága. Erről többé-kevésbé pontos adatokat gyűjtene az egyes országok. Ennek az indikátornak az európai erdőgazdálkodásban jelenleg alkalmazott rendszer 2007-es értékelési módszere, valamint a FAO szerint is „kedvezőtlen”, ha - egy korábbi időszakhoz képest - az erdőtüzek területe nagyobb, és „kedvező”, ha az erdőtüzek területe kisebb lesz. Ennek az értékelésnek az az elképzelés alapja, hogy az erdőtüz egyfajta "katasztrófa", amelyik az erdőgazdálkodásnak csak károkat okoz, ezért minden hektár légezt erdő veszteség.



Ez a fajta megközelítés nem veszi figyelembe, hogy az erdőtüzek bizonyos mértékű, gyakoriságú és területi eloszlású előfordulása - legalábbis bizonyos erdőtípusokban – természetes, szükséges, a nagy tüzeket megakadályozó jelenség. E helytelen felfogás 1988-ban tragikusnak bizonyult a Yellowstone Nemzeti Parkban, ahol korábban évtizedekig elnyomták a természetes erdőtüzeket. Ennek következtében, a védettség alatt álló területen a fakitermeléssel nem érintett erdőkben a tüzek hiányában el nem égett holt faanyag mennyisége folyamatosan halmozódott. Egy különlegesen száraz évben aztán lángra gyúlt a Park, és jelentős része a természetesnél sokkal intenzívebb tüzekben leégett, amik így tényleg nagy károkat okoztak. Az erdőtüzek évenkénti területének nagysága önmagában ezért nem mond semmit az erdők fenntarthatóságáról, és ezért nem tekinthető megfelelő indikátornak.

---

**72. Annak az egyik oka, hogy az eddig alkalmazott indikátorok többsége nem megfelelő, az, hogy ezek az indikátorok semmilyen viszonyban nincsenek a fenntarthatóság fent bemutatott értelmezésével**

Egy indikátor sokféle folyamatot jelezhet, ha az általa leírt jelenségeket helyesen értelmezzük. Az eddig használt indikátorok még ilyen esetekben sem biztos, hogy a fenntarthatósággal kapcsolatban lévő valamilyen jelenséget indikálnak. Erre példa egy olyan indikátor, amelyik egy egy főre vetített fogyasztást mutat, de ez a fogyasztás egyébként nincs kapcsolatba hozva a fogyasztás alapjául szolgáló kapacitásokkal. Ez a helyzet pl. akkor, ha két ország egy főre eső valamilyen fogyasztását tekintik indikátornak, és egymással hasonlítják össze: sem az nem indikatív, hogy az egyik vagy a másik ország ilyen mutatója mekkora, sem az, hogy az egyiké nagyobb-e vagy alacsonyabb a másik országénál, hiszen önmagában egyik sem jelenti azt, hogy a fogyasztás fenntartható, de azt sem, hogy fenntarthatatlan.

---

**73. A jelenleg használt indikátorok jelentős része túl egyszerű, és nem lól jellemzi a modellezett rendszert**

A jelenleg használt indikátorokkal nemcsak az a baj, hogy nem a kapacitás-használati rendszereket jellemzik, hanem az is, hogy egyáltalán nem természeti rendszereket jellemeznék, hanem valamilyen olyan méretet vagy mértéket, amelyik adminisztratív statisztikaként bizonyos társadalmi, gazdasági vagy politikai célra hasznos lehet, de a rendszerek működtetésére és kontrollálására nem. Iyen méret pl. egy közösség létszáma, pl. egy ország lakosságának létszáma. Egy ilyen szám önmagában nem elegendő annak meghatározásához, hogy a közösség mekkora környezeti igénybevétellel lép fel.

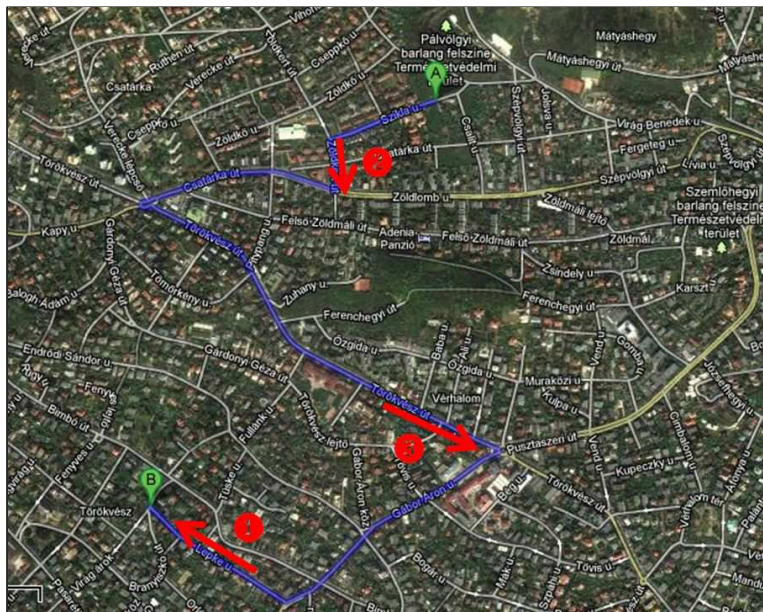
Bármilyen csábító is egyszerű indikátorok alkalmazása, ez csak akkor indokolt, ha az tényleges, és a fenntarthatóság szempontjából fontos folyamatokat mér.

---

**74. A jelenleg használt indikátorok jelentős része valamilyen pillanatnyi állapotot mér, de nem mond semmit a kapacitás-használati vagy kapacitás-változási folyamatokról**

A jelenleg használt indikátorok egy-egy pillanatra jellemző állapot, vagy rövid távú időszak (pl. 1 év) változásainak a mérésére alkalmas. Ilyen pl. sok statisztika, amelyet egy-egy naptári vagy pénzügyi év alatt történő változás becslésére használnak. Ezek kb. olyan jelentéssel bíró értékek, mint egy olyan, néhány másodpercig tartó felvétel, ami csak azt mutatja, hogy pl. egy futóverseny vagy football-meccs valamely percében mi a futók sorrendje, ill. hogy az egyik csapat támadásba lendül a másik csapat kapuja felé, de semmit nem mond a verseny és a meccs végéről: a pillanatnyilag második futó lehet, hogy jelentős különbséggel nyeri a versenyt, ill. az éppen védekezésre kényszerülő football-csapat a meccs végéig több gólt szerezve az ellenfelénél megnyeri a mérkőzést.

Valamilyen pillanatnyi érték haszna azonban sok tényezőtől függhet. Valódi rendszerekben az indikátor-értékek a fenntarthatóság szempontjából fontos szintekhez képest jellemzően állandóan változnak: időnként pl. sokkal nagyobbak lehetnek, mint az átlagosan egyébként megengedhető, hosszú távon is fenntartható használat, időnként pedig kisebbek, így a pillanatnyi értékük gyakran nem hasznos információ, esetenként pedig félrevezető is lehet. Az alábbi ábra ezt egy egyszerű térkép segítségével szemlélteti. Az 1-es jelű nyíl pontosan a cél irányába mutat, tehát "jól" jelzi a helyes irányt; a 2-es nyíl már másfelé mutat; a 3-as nyíl pedig a célhoz képest egészen más irányba, sőt, az 1-es nyíllal teljesen ellentétes irányba; mégis, mindegyik nyíl a "jó" irányt jelzi akkor, ha nem pusztán az irányt vesszük figyelembe, hanem azt, hogy a térképen ábrázolt dombos városi kerületben a kék vonallal jelölt útvonalon juthatunk el autóval az indulási A pontból a B célpontba. A nyilakat tehát *a kék irányokhoz viszonyítva* kell értékelni.



**20. ábra.** Egy dombos városi környezetben A és B pont közötti legrövidebb, autóval járható útvonal (kék vonal), ill. három konkrét helyen a haladási irányt mutató nyilak, melyeket helyesen (a kék vonalhoz képest) és helytelenül használva is (pusztán az égtájakhoz viszonyított irányát véve) tekinthetünk indikátoroknak.

Az [Emerson et al. \(2012\)](#) által közölt, nemzetközileg fontosnak tartott Environmental Performance Index (EPI) kvantitatív nemzeti környezeti jellemzőket követ nyomon, az elmúlt néhány évre rendelkezésre álló adatokkal dolgozik, és azt méri, hogy az egyes országok milyen messze lehetnek valamilyen "célokhoz" képest, és/vagy egymáshoz képeset e célok elérését illetően. Az EPI pl. méri a földhasználatok változását 5 éves időpontok között, és "bünteti" azokat az országokat, amelyek erdőterülete csökken. Mivel pl. Brazília 1990-2010 között elvesztette erdőterületének 9.6%-át (!) (ez megfelel Franciaország területének, [FAO, 2010](#)), az EPI e változásokat több 5 éves ciklusra nézve is negatív folyamatnak ítéli meg a fenntarthatóság szempontjából. Ez mindenképpen helyesebb megközelítés, mint az Ökológiai Lábnyomé ([Global Footprint Network, 2012](#)), amely szerint Brazília biokapacitása 6.67 globális hektár/fő, ami sokkal nagyobb, mint a számított 0.57 globális hektár/fő erdészeti lábnyom, s ami *önmagában* így Brazíliára egy pozitív erdészeti indexet sugall.

Azonban az Ökológiai Lábnyomhoz hasonlóan az EPI indexe rövid távú fluktuációkat mutathat, ami nem feltétlenül rossz folyamatokat jeleznek, ha a megfelelő hosszabb távú kontextusba helyezzük őket. Ilyen, hosszú távú kontextusba helyezhető indikátor az "élőfakészlet egy későbbi időpontban" osztva az "élőfakészlet egy korábbi időpontban" értékkel, ahol "egy 1-el egyenlő vagy annál nagyobb érték azt jelenti, hogy az élőfakészlet változatlan maradt vagy nőtt, és egy egynél kisebb érték pedig azt jelenti, hogy az élőfakészlet felérése történt". A cél a zéró változás. Ez konzisztens azzal a logikával, hogy ha az erdőknek gyorsabb a kitermelése, mint ahogyan azok növekednek, akkor az fenntarthatatlan és környezetileg káros" (Emerson et al. (2012)). Ennek az indikátornak a definíciója azonban szintén nem tartalmazza a fanövekedés periodikus ingadozásának kérdését, ami pedig rövidebb időszakokra nézve elég nagy lehet, és még ha a fakitermelés egy-egy adott évben vagy időszakban nagyobb is, mint az ugyanakkor megfigyelhető fanövekedés, vagy a fakészlet más okok miatt (a faállományok összetételének hosszú távú változásai miatt) ingadozásokat mutathat, maga az erdőgazdálkodás fenntarthatónak tekinthető, ha a fakitermelések nagysága később a fanövekedés szintje alá csökken, és hosszú távon az alatt marad. Ha pedig a fenti arányszám értéke egy adott időszakra nézve 0.9 egy adott országra nézve és 0.95 egy másikra, az nem feltétlenül jelenti azt, hogy az előbbi ország távolabb van a fenntarthatóságtól, mivel minden a fakitermelési és fanövekedési folyamatok, vagyis a használati és kapacitás-változási folyamatok időbeli dinamikájától függ.

---

**75. A jelenleg használt indikátorok jelentős része, és/vagy az indikátorok használatának jelenlegi módja nem alkalmas arra, hogy felhasználhassuk őket fenntarthatósági politikák kidolgozására**

Egy indikátor konkrét értékének ismerete akkor hasznos, ha abból könnyen levezethetők a korábbinál fenntarthatóbb környezet-használat megvalósításához szükséges intézkedések. Ez sokszor nem egyszerű, de minden esetben feltételezi a jelenlegi állapoton vagy rövid távú folyamatok ismeretén kívül a hosszabb távú, és a jövőben várható tendenciák, valamint a kívánatos jövőkép ismeretét. Erre példa az ökológiai lábnyom. Egy adott pillanatban mért "X" nagyságú lábnyom *önmagában* nem mond semmit arról,

hogy mit is csináljunk. Még ha a lábnyom pillanatnyi értéke nagyobb vagy kisebb egy múltbéli, korábban "kívánatosnak" tartott értéknél, a jövőbeli "kívánatos" érték más lehet; de a fenti hiányosságok miatt nem feltétlenül lehet kijelenteni, hogy a lábnyomot feltétlenül csökkenteni kell, ill. hogy a lábnyom növelése feltétlenül probléma. Megfelelő politikák kidolgozásához a kapacitások, kapacitás-használatok, és a kapacitások iránti igények dinamikáját együtt kell alapul venni.

## 76. Egyáltalán nem megfelelő indikátor a széles körben alkalmazott Ökológiai Lábnyom

A fentiek mellett (pl. hogy jövőbeli forgatókönyvekkel nem számol) további hibák miatt nem megfelelő a kiterjedten használt indikátor, az ún. Ökológiai Lábnyom, különösen pedig ennek egyik eleme, az ún. szén-dioxid lábnyom. Ez utóbbit (egy-egy országra vagy az egész Földre vonatkoztatva) úgy számítják ki, hogy a becsült szén-dioxid kibocsátás óceánok által el nem nyelt részének nagyságát elosztják az erdei fák növekedési sebességének mint szénnyelési kapacitásnak a nagyságával ([Borucke et al. 2013](#)).

(A pontosság kedvéért: a "hivatalos" lábnyom-számításnál még további arányosításra van szükség annak érdekében, hogy az egyes országok lábnyomai egységes mértékegységet használva összehasonlíthatók legyenek; ennek alkalmazásától itt eltekintünk, mert nem ennek az arányosításnak a vizsgálata a cél.)

Szemben a fakitermelésekkel, ahol ezt a fenti növekedési sebességet a fahasználathoz [viszonyítjuk](#), ez a sebesség itt nem megfelelő mennyiség, mert a szénlekötés egy jelentős részét éppen a fakitermelések miatti szénkibocsátás ellensúlyozza, így az erdők tényleges, a növekedésükből és a fakitermelés egyenlegéből adódó *nettó szénnyelő képessége* a növekedésből számolhatónál sokkal kisebb. Sőt, ha a fakitermelés éppen akkora, mint a növekedés mértéke (ami a tartamos gazdálkodásnál még éppen [elfogadható](#)), akkor az erdők szénnyelő képességének számolt nagysága nulla; ekkor a fenti módon számolt hányadossal számolt lábnyom végtelen nagy értéket vesz fel, ami nyilvánvalóan helytelen, mivel az szinte azonnal a világ végét jelentené, szemben azzal, amit tapasztalunk, hogy ti. elég nagy a kibocsátás, mégis, eddig még nem következtek be katasztrófák.

Mindezt egy konkrét (nem CO<sub>2</sub>-ban, hanem szén egységekben), Magyarországra vonatkoztatott számpélda áttekintésével szemléltetjük. Ehhez először ismerni kell a Föld szénegyenlegét. Az alábbi táblázat az éves földi szén-egyenlegre becsült adatokat tartalmazza. (Az eredeti adatok forrása: [unpublished, 2013](#). Tekintettel arra, hogy az adatokat majd Magyarország nagyságrendekkel kisebb adataival is összehasonlítjuk, minden adatot eleve 10<sup>6</sup> tC-ben, azaz millió tC-ben adunk meg.)

6. táblázat. A Föld szénkörforgalmának főbb fluxusainak becsült értékei (unpublished, 2013).

kibocsátás/nyelés	mennyiség, millió tC/év
fosszilis anyagok égetése	7700
nettó földhasználat-változás	2300
óceán nettó szénnyelése	1100
a levegő szén-felvétele	7500
reziduális (a fentiek egyenlegéből adódó) terresztris nyelés	2500

A fenti adatok ismeretében tegyük fel, hogy az óceán C-felvételével egyenlő nagyságú C-kibocsátást "büntetlenül" előidézhetünk az országban, és ennek Magyarországra eső részét népesség-arányosan (a 10 millió a 7 milliárdhoz képest) számíthatjuk ki a legigazságosabban. Ennek alapján az óceánok által elnyelt C-mennyiségéből annak  $10/7000 = 0.001429$  része jut Magyarországra. A fenti táblázat alapján az óceán nettó szénnyelésével az előbbieket szerint egyenlőnek vett, Magyarországra jutó maximális kibocsátási jog:  $2300 * 0.001429 * 10^6 \text{ tC/év} = 3.3 * 10^6 \text{ tC/év}$ . (Ha az óceánok C-felvételét nem tekinthetjük minden kellemetlen következmények nélküli elnyelésnek, és ezért annak csak egy részét, pl. a felét tekintjük tényleges jognak, akkor csak  $1.6 * 10^6 \text{ tC}$  kibocsátási joggal számolhatunk.)

Tegyük fel ezután, hogy a fenti mennyiségen kívül még annyi kibocsátást engedhetünk meg magunknak, mint amennyit a hazai erdők lekötnek. A hazai erdőleltár adatai alapján azt becsüljük, hogy az erdők jelenlegi nettó szénnyelése megközelítőleg  $1 * 10^6 \text{ tC/év}$ . Ez 14 millió m<sup>3</sup>/év fa keletkezésének (széntartalmát tekintve  $3.4 * 10^6 \text{ tC/év}$ ), 2 millió m<sup>3</sup>/év természetes fapusztulásnak ( $0.4 * 10^6 \text{ tC/év}$ ), és 8 millió m<sup>3</sup>/év nagyságú fakitermelésnek ( $2 * 10^6 \text{ tC/év}$ ) az eredője. Ha a fakitermelés nélkül számítjuk az elnyelést (nevezzük ezt itt bruttó szénnyelésnek), akkor annak nagyságára  $(3.4 - 0.4) * 10^6 \text{ tC/év} = 3.0 * 10^6 \text{ tC/év}$  értéket kapunk. Ezek az elnyelések az óceán elnyelésével együtt, vagy - a megközelítési módtól függően - anélkül képezik a "biokapacitást", amikhez viszonyítani kell a kibocsátásokat a lányom számításakor.



Magyarország legutóbb (2011) becsült éves nettó kibocsátása a fakitermelés nélkül C-egyenlegben: 66.2 millió tCO<sub>2</sub>eq./év, ami C-be átszámolva 18.1 10<sup>6</sup> tCeq/év értéknek felel meg (NIR Hungary, 2013).

Az országnak a fentiek alapján számolt C-lábnyoma (a 10<sup>6</sup> tCeq/év egységekben számolt értékeket egymással osztva), az erdők *bruttó* szénnyelésével számolva:

*az óceánok elnyelését nem számítva:  $18.1/3 \approx 6.0$ ;*

- az óceánok teljes szénnyelését is figyelembe véve:  $18.1/(3+3.3) \approx 2.9$ ;

az erdők *nettó* szénnyelését tekintve:

- az óceánok elnyelését nem számítva:  $18.1/1 = 18.1$ ;

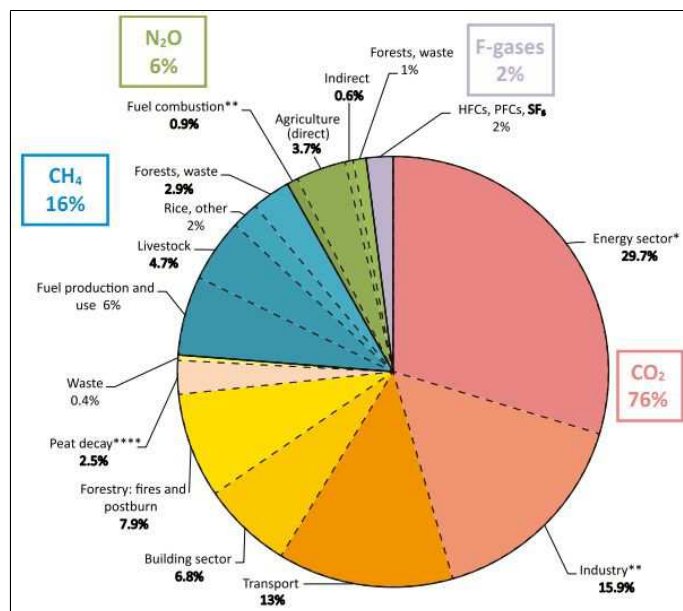
- az óceánok teljes szénnyelését is figyelembe véve:  $18.1/(1+3.3) \approx 4.2$ .

A kapott értékekből látható, hogy a lábnyom számítása nagyon függ attól, hogy hogyan számítjuk: az óceánok nyelését figyelembe vesszük-e vagy nem; és hogy az erdők bruttó vagy nettó szénnyelésével számolunk. Ez utóbbihoz hozzá kell tennünk, hogy amíg a bruttó elnyelés mindig pozitív szám, addig a nettó elnyelés éppen most ugyan pozitív, de lehet nulla, és lehet negatív érték is (ez utóbbi azt jelentené, hogy erdőkben sem elnyelésről, hanem kibocsátásról van szó, amit egy-egy száraz évben kis is mutatnak, l. pl. Lewis et al. 2011). Tekintettel arra, hogy a fakitermelések során kitermelt fa széntartalmát úgy célszerű tekinteni, hogy az azonnal kibocsátódik (IPCC, 2006), a bruttó növedék alkalmazása irreálisan nagy, esetenként végelen nagy vagy negatív lábnyom-értéket eredményez.

Természetesen úgy is lehet a lábnyomot számítani, hogy a teljes, erdők nélkül vett kibocsátásokhoz *hozzáadjuk* a fakitermelések miatt elszámolandó kibocsátásokat, s ezek összegét viszonyítjuk a bruttó elnyeléshez:  $(18.1 + 2) / 3 \approx 6.7$ . Ez azonban téves következtetésekre vezethet. Ebben az esetben ui. a nevező mindig pozitív szám, és a lábnyom legfeljebb egy nagy értékű lesz, de sosem lesz végtelen vagy negatív, és így sokkal kevésbé informatív, mint a fenti módon számolva. A nagyon nagy vagy negatív értékek hasznos információk lehetnének, hiszen nagyon nagy, vagy még inkább túlságosan nagy) lábnyomokat jelezhetnek. Az így számolt lábnyom is azonban nagyon nagy évenkénti ingadozást mutatna, és egyik évben "fenntarthatónak", másik évben "fenntarthatatlannak" tarthatjuk a folyamatokat, miközben azok akár mindvégig fenntarthatók, akár mindvégig fenntarthatatlanok.

Az ökológiai lábnyomnak a pusztán a biokapacitások által jelzett limitekhez való, egy-egy időpontban történő hasonlítása sem informatív. Így pl. ha a kibocsátás egy adott időszakban a limitnél (a biokapacitásnál) kisebb, az fenntarthatóságot mutat, de ha az érték az *időben nő*, az előbb-utóbb fenntarthatatlansághoz vezet.

Megjegyezzük, hogy jelenleg a fentiekhez hasonló számítások elvégzése és publikálása nagyon fontos volna a klímaváltozás kezelése szempontjából. Ezen túlmenően azonban a klímaváltozásért leginkább felelőssé tett kibocsátás sok gáz között oszlik meg (l. a lenti ábrát), ezért erre a megoszlás is figyelmet kell fordítani; az egyes gázoknak a tulajdonságai eltérőek, és mindegyikre más-más lábnyomot lehetne számítani - pontosabban: mindegyikre máshogyan kellene a fenntarthatóságot értelmezni.



**21. ábra.** A klímaváltozásért elsősorban felelőssé tett különböző üvegház hatású gázok jelentőségének egymáshoz viszonyított aránya (az ábra az egyes gázokon belül a különböző szektorok kibocsátását is mutatja; UNEP, 2012). Az arány kiszámítása ún. CO<sub>2</sub>-egyenértéken történt, vagyis az egyes gázok kibocsátásának nagyságán kívül figyelembe vettük azt, hogy mekkora az egyes gázok ún. globális melegítési potenciálja (Global Warming Potential, GWP), vagyis az, hogy egységnyi gáz milyen mértékű üvegház-hatást fejt ki. Így pl. egységnyi mennyiségű metán (CH<sub>4</sub>) 21-szer olyan erős üvegház-hatással rendelkezik, mint a CO<sub>2</sub> (vagyis CO<sub>2</sub>-egyenértéke 21), a nitrogén-oxid (N<sub>2</sub>O) egyenértéke pedig 310.

## 77. Jelenleg túl sok indikátor van forgalomban, s ezek egy részét nem használják a fenntarthatóság biztosításához

Több olyan indikátor is van, amire nézve különböző statisztikákat gyűjtenek, s amik valamilyen szempontból hasznosak lehetnek ugyan, de - a környezeti fenntarthatóság miatt - nem volna rájuk szükség. Ilyen pl. a már említett, más célokból fontos népesség-szám, mely önmagában nem jelez sem fenntartható, sem nem fenntartható folyamatokat. A teljes népesség által igénybe vett különböző *kapacitások mennyisége* mint indikátor más; ezek a kapacitások közvetlenül kapcsolatban vannak (pontosabban: volnának) a fenntarthatósággal, tehát indikátorok képzésére (volnának) felhasználhatók. A túl sok indikátor használatának az egyik hátránya, hogy szétforgácsolja az adatgyűjtésre, monitoringra fordítható energiát, és megakadályozza, hogy a környezeti fenntarthatóság szempontjából fontos környezet-használatokra

és azok problémáinak megoldására koncentráljunk. Ez nyilvánvaló a Forest Europe/MCPFE rendszere esetében (Forest Europe, UNECE and FAO, 2011 és MCPFE, UNECE, FAO, 2007), hiszen sok ország (köztük Magyarország) évekig nem tudott erőforrásokat mozgósítani a saját adatainak elemzésére, bár 2013-ban a hazai erdészeti szektorban elkészült a Forest Europe rendszer hazai adatai alapján kidolgozott első, részletes értékelés. Európai viszonylatban az adatok elemzéséről készített jelentések sok elemzést tartalmaznak ugyan, ezek azonban bizonyos értelemben felszínesek, inkább az egyes országok és régiók összevetését szolgálják; és több esetben olyan megfogalmazással találkozunk, mint "nehéz a nyers adatokat értelmezni"; "viszonylag kevés ország gyűjtött" bizonyos típusú adatokat; "a szolgáltatott adatok nem teljesen összehasonlíthatók az egyes országok között". Érdeemes ugyanakkor kiemelni, hogy még a 2011-es jelentés (Forest Europe, UNECE and FAO, 2011) is úgy fogalmaz, hogy az adatok elemzésére alkalmazott "megközelítés meglehetősen új, és habár kizárólag hivatalos és megbízható tudományos adatokon nyugszik, felfedező jellegűnek és kísérletinek kell értékelni"; a rendszer tehát még nem alakult ki teljesen, és a jövőben minden bizonnyal sokat fog fejlődni.

## 78. Megfelelő indikátorokat a helyesen értelmezett fenntarthatóság alapján lehet levezetni

A fentiek alapján a fenntarthatóság meghatározásához első lépésként minden esetben arra van szükség, hogy meghatározzuk a fenntarthatóság szempontjából ténylegesen fontos mennyiségeket és folyamatokat. Ezután elemezni kell azt, hogy e mennyiségek és folyamatok milyen körülmények között, és milyen távon eredményezhetik a kapacitások és a használatok megfelelő arányát. (Nem feltétlenül egyensúlyról, hanem arról van szó, hogy a használat minden fordulóban, ill. összességében is a rendelkezésre álló kapacitásokkal legyen egyenlő, vagy annál kisebb legyen.) Végül azt kell mérlegelni, hogy e körülmények, ill. az elemzés alapján adódó időtáv számunkra megfelelő-e. Másként fogalmazva ki kell számítanunk a fenti  $K_{nm} / (H - K_m - \Delta K)$  képlet minden tagjának értékét a múltra, és meg kell vizsgálni, hogy az ily módon prognosztizálható folyamatok a fenntarthatóság irányába mutatnak-e vagy nem. Ezt az összetett vizsgálatot nehéz, ill. nem is lehet egy-egy statisztikával vagy arányszámmal elvégezni.

---

### **79. Korrekt fenntarthatósági indikátorokhoz a pillanatnyi állapot jellemzésénél több információra volna szükség**

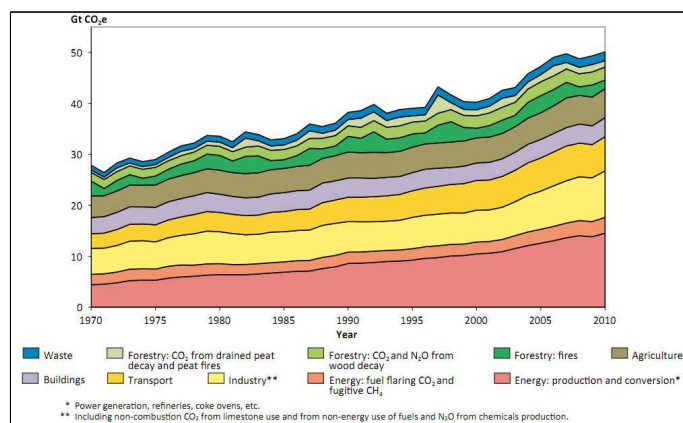
Fentiek alapján világos, hogy a fenntarthatósági folyamatok értékeléséhez, és ezek alapján a fenntarthatóság biztosítását célzó intézkedések kidolgozásához szükség van (1) a környezet-használati rendszerek működésének ismeretére (az azokat megfelelően leíró modellekre); (2) e rendszerek főbb jellemzői megfelelő időszakot lefedő historikus értékeinek ismeretére; és (3) annak ismeretére, hogy a rendszerek fenntarthatóságához e jellemzők milyen távlati (cél-)értékei szükségesek. E feltételek megléte esetén képesek lehetünk indikálni azt, hogy a környezet-használat fenntartható maradhat-e, vagy a fenntarthatatlanság irányába mutat. Mindezen ismeretekre együtt van szükség ahhoz, hogy a fenntarthatóság helyzetét és jövőjét megfelelően elemezni lehessen.

---

### **80. A fenntarthatóság biztosításához nem indikátorokra, hanem teljes rendszerelemzésre van szükség**

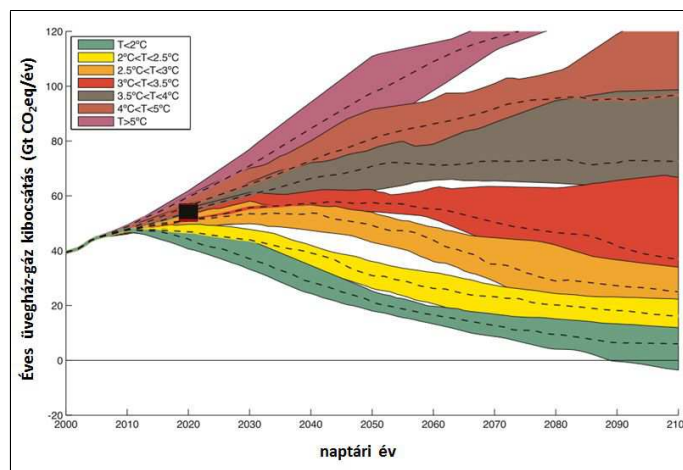
Tekintettel arra, hogy indikátorokkal mindig csak egy pillanatnyi vagy rövid időszakra jellemző értékeket szoktak (és lehet) megjelölni, az indikátorok használata még akkor sem elég hasznos, ha meghatározásukkor a fent említett, nem a folyamatok időbeliségével kapcsolatos minden hibát kiküszöbölünk. A fenntarthatóság/fenntarthatatlanság ugyanis mindenképpen csak az időben, a rendszerek dinamikus viselkedésével összefüggésben definiálható. Ezért annak jellemzése - indikálása -, hogy a kapacitás-használati folyamatok a fenntarthatóság irányába mutatnak vagy nem, csak az említett dinamikus viselkedés leírására alkalmas, egy-egy pillanatfelvételnél több információt tartalmazó összetett módszerrel: rendszerelemzéssel lehetséges.

Ennek szemléltetésére számítsuk ki azt, hogy mennyi szén-dioxid kibocsátás engedhető meg hazánkban, ha azt akarjuk, hogy a kibocsátás miatti globális felmelegedés mértéke ne lépje túl a veszélyességi határnak tartott 2°C-os értéket (Schellnhuber et al. 2006, Stern, 2006, IPCC, 2007), és feltételezzük (csak a demonstráció érdekében), hogy a többi ország sem lépi túl a számára kiszámítható hasonló kibocsátási szintet. Ehhez az indikátor-szemlélet alapján legfeljebb az emberiség üvegház-gáz kibocsátásának minden évben valamilyen viszonyítási alaphoz, pl. az erdők szénlekötéséhez viszonyított értékéből indulhatnánk ki. Az emberiség teljes becsült ühg kibocsátása 2010-ben 50.1 GtCO<sub>2</sub>eq (50 100 millió tCO<sub>2</sub>eq) volt (l. az alábbi ábrát); hasonló adatsorok használhatnánk az erdők szénlekötésére nézve is. Mindebből azonban nem tudjuk levezetni, hogy mennyi a kibocsátás még elfogadható szintje.



**22. ábra.** A világ összes üvegház hatású gáz kibocsátásának alakulása az elmúlt négy évtizedben, a gazdaság főbb szektoraiban és összesen (UNEP, 2012).

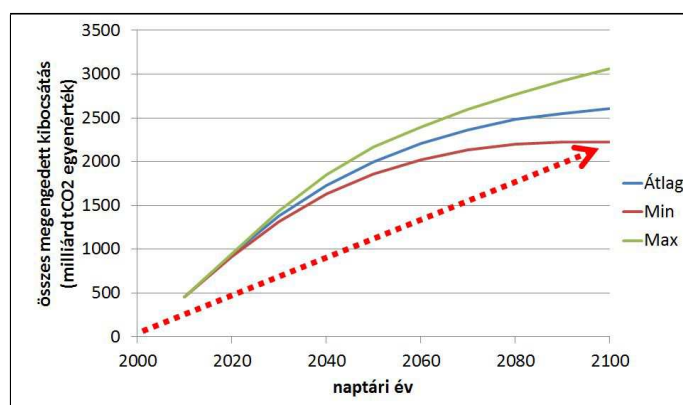
Induljunk el egy másik irányba. A jelenlegi klímamodellek alapján azt valószínűsítik (UNEP, 2012; l. a lenti ábrát), hogy a felmelegedés mértéke akkor nem lépi túl az említett maximális értéket, ha az emberiség teljes kibocsátása 2000-2100 között (tehát:  $F=100$  év) nem lépi túl a 2650 milliárd t CO<sub>2</sub>-egyenértéket (GtCO<sub>2</sub>eq; pontosabban: a becsült érték tartománya 2240-3110 GtCO<sub>2</sub>eq).



23. ábra. Különböző globális felmelegedési forgatókönyvekhez tartozó kibocsátás-mennyiségek az idő függvényében (UNEP, 2012).

Ez a mennyiség a légkör, az óceánok és az erdők összesített  $\text{CO}_2$ -felvevő képességével: az *F* időszakra számolt maximális összes kapacitással (*SumK*) egyenlő. Ebből eddig kb.  $450 \text{ GtCO}_2\text{eq}$  kibocsátása megtörtént 2010-ig. Ez azt jelenti, hogy a következő mintegy kilenc évtizedben a kibocsátásnak (*SumH*)  $2200 \text{ GtCO}_2\text{eq}$  (1790-2260) alatt kell maradnia. Annak érdekében, hogy figyelembe vegyünk a becslések bizonytalanságát, számoljunk a kisebb számmal:  $1790 \text{ GtCO}_2\text{eq}$ . Ha ezt éves átlagnak tekintjük, akkor az elkövetkezendő 9 évtizedben  $1790/90 = 20 \text{ GtCO}_2\text{eq}$  lehet a (maximális) éves kibocsátás; ez kb. csak 40%-a (!) a jelenlegi szintnek. A tényleges éves kibocsátás néhány évben lehet ennél több anélkül, hogy a földi klíma jelenlegi állapotának fenntarthatóságát veszélyeztetnénk, de annak érdekében, hogy ne lépjük túl a modell által számított átlagot, a modellek szerint a kibocsátást jóval a fenti átlag alá kell szorítanunk.

A fenti számítás a klimatikus rendszer működésén alapul, de nem veszi figyelembe, hogy ugyanaz a teljes kibocsátás (1790 GtCO<sub>2</sub>eq) a kibocsátás nagyon különböző időbeli alakulásával érhető el. Ez további bizonytalanságot jelent, de ettől itt most tekintsünk el; és fogadjunk el valamilyen ahhoz hasonló időbeli lefutást, mint amit a lenti ábrán a piros nyíl mutat. Ebben az esetben ez az az "útvonal", mint amit a *fenti* dombos városi környezetnél láttunk; megfelelő indikátorként egy-egy pillanatban legfeljebb a minden évre 2011-től összesített kibocsátási tény-érték és az útvonal alapján kijelölt, szintén összesített maximális (cél-) érték közti különbség időbeli alakulását mutató szám lehet alkalmas: amíg ez az érték nagyobb, mint nulla, addig a folyamatok a fenntarthatatlanság irányába mutatnak, amik annak szükségességét jelzik, hogy további kibocsátás-csökkentésre van szükség.



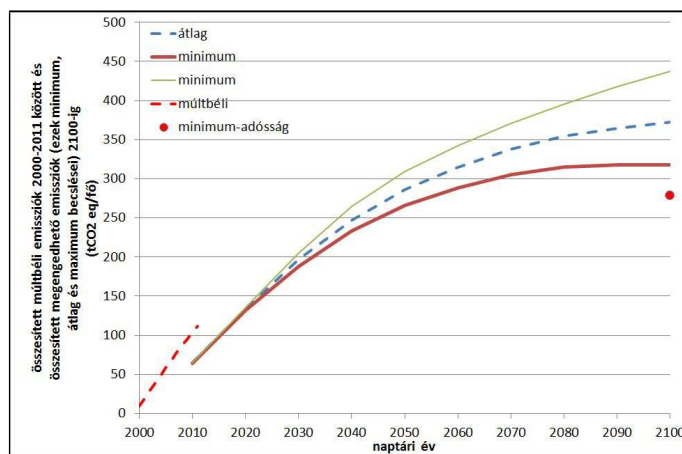
**24. ábra.** A világ összes üvegház hatású gáz kibocsátásának megengedhető maximális értéke 2100-ig (UNEP, 2012 alapján). A becsült középérték ("átlag") mellett meghatározható a becslési bizonytalanság is, amit a minimális ("min") és maximális ("max") értékek által mutatott sáv jelez. A piros nyíl egy a megengedett maximális kibocsátáshoz vezető útvonalak közül.

A felvázolt út a kezelendő fizikai rendszer (esetünkben a Föld klimatikus rendszere) korlátain belül (amit szintén meg kellene becsülni; példánkban ezzel nem foglalkozunk) természetesen többféle lehet. A lényeg az, hogy a folyamatok tényleges alakulását a megengedhető kibocsátás időben felvázolt útjához mint *mércéhez* kell viszonyítani; a fenntarthatóságot az indikálhatja, hogy a megengedhető kibocsátás alatt maradunk-e *legalább az időszak végére*. A fenntarthatóság ilyen módon történő elemzése természetesen függ a vizsgált rendszertől, és - általánosítva - nemcsak *a megengedhető környezethasználatot*, hanem az *azt indikáló, de nem indikátorokon alapuló, hanem a rendszer dinamikájához igazodó elemzési módszert is rendszer-specifikusan kell megalkotni*.

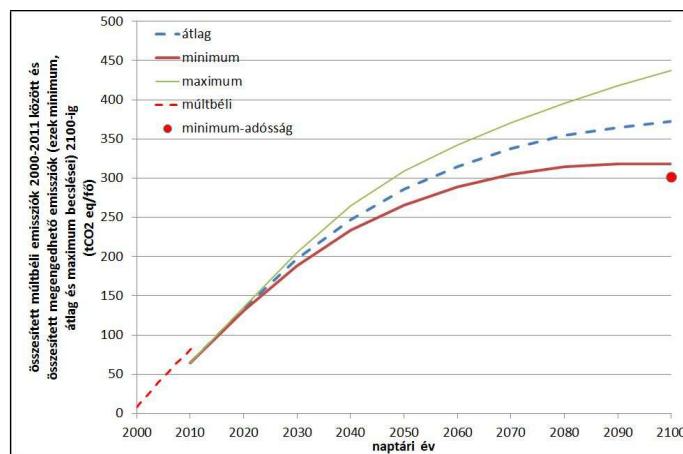


A fenti célokat tovább lehet gondolni arra nézve, hogy milyen elvek szerint lehet méltányosan elosztani a fentiek szerint becsült teljes kibocsátást. Itt természetesen szükséges hivatkozni arra, hogy a légkör „közjó”, más néven „közlegelő”, tehát közös lehetőség és közös felelősség tárgya. Etekintetben valószínűtlen, hogy akár középúton is mindenki számára méltányos megoldás szülessen, ám nem volna szabad lemondani arról, hogy a méltányosság irányába ne történjenek jelentős lépések. A méltányosság nemcsak általános emberi jogi kérdés (aminek biztosításában pl. az EU-nak ugyanúgy élen kellene járnia, ahogyan a klímapolitikában élen akar járni), hanem a környezetvédelmeben konkrétan megjelenik az „**átterhelések kiküszöbölésének**” elvében, amit a 2008-as NÉS is határozottan mint alapelv említ. Erre az elvre a jövőben az eddigieknél markánsabban kellene hivatkozni, és építeni.

Másként megfogalmazva, kizárólag az emberi jogok oldaláról megközelítve le kellene szögezni, hogy minden embernek joga van ugyanakkora kibocsátásra, vagy másként: senkinek sincs joga többet kibocsátani, mint amennyi rá jut. Mindezt természetesen „átlagosan” kell értelmezni, de egy ilyen átlag legalább országok, ill. ország-csoportok (mint az EU) szintjén alkalmazhatónak tűnik. Ha ezt figyelembe véve fejlesztjük tovább a fenti ábrát, akkor felrajzolhatók (pl. az EU-ra és Magyarországra) az **egy főre eső megengedett kibocsátási trajektóriák**, ill. **a megfelelő historikus értékek**, továbbá az ezekből a fentiek szerint számolt, máris jelentkező adósság:



25. ábra. A Magyarországra megengedhető összes üvegház hatású gáz kibocsátás maximális értéke 2100-ig (UNEP, 2012 alapján).



**26. ábra.** A Magyarországra megengedhető összes üvegház hatású gáz kibocsátás maximális értéke 2100-ig (UNEP, 2012 alapján).

Az ábrából egyértelműen látszik az, hogy

- az EU esetében jóval nagyobbak, ill. Magyarországra jutó, de 1 főre számított megengedhető szintnél jóval nagyobbak lennének az összesített kibocsátások 2100-ig.

A grafikonokhoz elvégzett számításokból egyértelműen kimutatható a 2100-ig még rendelkezésre álló, a méltányosság szempontját is figyelembe vevő, egy főre eső megengedhető kibocsátás mennyisége. Az emberiség jelenlegi létszámát 7 milliárd főnek véve, a világ egy főre eső kibocsátásának nem szabadna meghaladnia a 2.85 tCO<sub>2</sub>eq értéket. Azoknak az országoknak, amelyeknél az egy főre vetített tényleges kibocsátási érték ennél nagyobb - ilyen többek között hazánk, ahol a jelenlegi egy főre jutó éves kibocsátás mintegy 6.6 t CO<sub>2</sub> egyenérték/fő, vagyis két és félszerese a megengedhetőnek -, csökkenteniük kellene a kibocsátásukat.

A megkívánt csökkentés mértéke és időbeli lefutása természetesen ország-specifikus kell legyen. Az EU esetében (500 millió fővel számolva) ez a 2100-ig összesített érték kb. 167 tCO<sub>2</sub>eq/fő. Mivel a jelenlegi éves egy főre eső kibocsátási érték 8.44 tCO<sub>2</sub>eq/fő, ez BAU esetén azt jelentené, hogy már 20 év (!) alatt teljesen elfogy a rendelkezésre álló keret (ha a levegőt a CO<sub>2</sub>-hulladékunk elhelyésére szánt "kukának" tekintjük, akkor mondhatnánk azt is, hogy 20 év alatt „megtelik a kuka”). Magyarországon a fentiek szerint számított keret 215 tCO<sub>2</sub>eq/fő, s mivel a jelenlegi éves egy főre eső kibocsátási érték 6.24 tCO<sub>2</sub>eq/fő, ezért nekünk 34.5 évnyi kibocsátási keretünk volna a fenti számítási rendszer szerint. (Az EU és Magyarország közötti különbség abból adódik, hogy a fenti számítás a 2000-2100 közötti kibocsátásokat veszi figyelembe, és 2000-2011 között az EU-ban sokkal nagyobb volt a kibocsátás, tehát a rendelkezésre álló keret – ami 318 tCO<sub>2</sub>eq/fő volt 2000-ben a Föld minden lakója számára – nagyobb mértékben csökkent az EU esetében, mint Magyarországnál.)

Ezekből a számokból egyértelmű, hogy milyen nagy a feladat, hogy a jelenlegi vállalatokat (pl. 20-30%-os csökkentés EU szinten 2020-ig) miért kell megtennünk, és hogy a kibocsátásokat e vállalatokon felül milyen mértékben kell még majd csökkentenünk. A mitigációs politikáknak egyértelműen ezekből kiindulva kellene a vállalatokat megfogalmazniuk.

A fenti, egy főre jutó, még megengedhető kibocsátásokhoz igazított vállalatok mint indikátorok lehetnének akár egy jövőbeli klímaegyezmény vezérlő adatai is. Ha ez nem történik meg – mert pl. nehéz a méltányos elosztást megoldani -, a távlati céloknak a földi klimatikus rendszer megértésén alapuló, a jövőben természetesen folyamatosan pontosítandó számokban történő megfogalmazását, a vállalatok ezek alapján történő kijelölését és a szükséges monitoringok ez alapján történő működtetését azonban mindenképpen célszerű volna bevezetni.

Megjegyzem, hogy az egy főre számított érték természetesen függ attól, hogy egy adott országra vagy –csoportra mekkora a teljes kibocsátás, és mekkora a mindenkori népesség. Ezek változása 2100-ig jelentősen befolyásolhatja az egy főre jutott értéket. Ezek kezelése azonban csak hosszabb időszakokra (8 évesnél hosszabb vállalási időszakokra) jelenthet problémát. Az egy főre eső számításnak az előnye lehet az is, hogy legalábbis elvben elképzelhető pl., hogy nagyobb és kisebb egy főre jutó kibocsátással rendelkező országok együttműködési szerződéseket köthetnének, aminek alapján közös egy főre eső értéket számíthatnának ki; ez egy új mechanizmus lehetne, aminek ugyan meglennének a veszélyei a vállalatok felhígítására nézve, ugyanakkor hatással lehetnének a kibocsátási egyenlőtlenségek kiegyenlítésére, és további erőforrásokat (vagy az erőforrás-biztosítás további mechanizmusait) vonhatnának be a költségek fedezésének növelésére. Azt legalább megéri ez a javaslat is talán, hogy felmérjük, vannak-e benne megszívlelendő lehetőségek.

Az egy főre vetített cél-értékeknek ezen kívül az is haszna lehetne, hogy ki-ki (vállalatoknál, intézményeknél, családoknál stb.) tudná, hogy a jelenlegi kibocsátásaihoz képest mit engedhetne meg. Ez a *tudás* sokaknál teremthetne megfelelő *motivációt* ahhoz, hogy ki-ki változtasson a szokásain. A megengedhető kibocsátás koncepciójának bevezetése a motiváción kívül azonban arra is alkalmas lehet, hogy ebből vezessük le a „cap and trade” mechanizmusok „cap” értékét. A fentiekből nyilvánvaló kell legyen, hogy a „cap” ebben az értelemben nem egyszerűen a kereskedelem „cap” értéke, hanem a „közlegelő” teljes kibocsátásából adódó érték. Ez azt is jelentheti, hogy a nagy kibocsátókön kívül a kicsi, de sok kibocsátást okozók – kisvállalkozások, magánszemélyek stb. – is felelősek, ezért valahogyan rájuk nézve is egy közös „cap”-et lehetne alkotni, és e „cap” betartatása érdekében a megfelelő politikákat (pl. karbonadó) végre bevezetni. Az egyes kormányoknak ugyanakkor feladatuk lehetne részletes, demonstratív példákkal operáló, egyének és családok számára szolgáló ismertetőik kidolgozása és azok széles körben való terjesztése annak érdekében, hogy a kibocsátásokat a lakossági fogyasztási szektorban is lényegesen lehessen csökkenteni. Mindehhez a fentiekhez hasonló számítások jó alapot szolgáltathatnak.

Fontos általánosságban is hangsúlyozni, hogy a fentiekhez hasonló jellegű indikáció nemcsak azért hasznos, mert valóban jól indikálja a fenntarthatóság/fenntarthatatlanság pillanatnyi állapotát, hanem mert belőle levezethető azoknak a szükséges lépéseknek a mértéke (beleértve az esetleges szakpolitikákat) is, amelyekkel újra létrehozható a fenntartható környezethasználat.

Minden környezethasználatnak a fentiekhez hasonló módon történő modellezése, elemzése, monitorozása nyilvánvaló sem nem egyszerű, sem nem olcsó. Mégis, ahhoz, hogy az emberiség túlélése ne kerüljön veszélybe, szükségesnek tűnik felvállalni ezeket a nehézségeket és költségeket. A klímaváltozással kapcsolatban már rengeteg fejlesztés történt, s ismereteink jól bizonyítják, hogy az ilyen fejlesztések lehetségesek.

---

Az eddigi, szabályozatlan környezethasználatunkból eredő nagy kockázatokat jelentősen csökkenthetjük az értekezésben *javasolt fenntarthatóság-definíció alkalmazásával*, a definícióban is megnyilvánuló *természeti törvények tiszteletben tartásával*, azzal, ha a fenntarthatóság megvalósításakor is alkalmazzuk a mérnöki-gazdasági tevékenységeknél már régóta használt kvantitatív megközelítést.

A fenntarthatóság csak remény, vagy szándék, a „jó” és a „rossz” környezethasználat pedig meghatározhatatlan marad, amíg nem *számolunk*; a pillanatnyi, és gyakran nem helyes állapotot mutató indikátorok helyett *a célt és az oda vezető utat kell nézni*; a környezethasználat közösen történik, tehát *hosszú távon ki kell zárni a környezethasználatok következményeinek másra történő áttérbelését*.

## Hivatkozott irodalom

- 1. Barger, G. 1896.** A térszakozás jogosultságáról hazánk erdeiben. Erdészeti Lapok 1896. XXXV:IV. 240.o.
- 2. Borucke, M., Moore, D., Cranston, G., Gracey, K., Iha, K., Larson, J., Lazarus, E., Morales, J. C., Wackernagel, M., Galli, A. 2013.** Accounting for demand and supply of the biosphere's regenerative capacity: The National Footprint Accounts' underlying methodology and framework. *Ecological Indicators* 24 (2013) 518–533.
- 3. Burger, J.R., Allen, C.D., Brown, J.H., Burnside, W.R., Davidson, A.D. et al. 2012.** The Macroecology of Sustainability. *PLoS Biol* 10(6): e1001345. doi:10.1371/journal.pbio.1001345
- 4. Carson, R. 2002.** Silent Spring. Mariner Books. ISBN 0-618-24906-0. [1st. Pub. Houghton Mifflin, 1962]
- 5. Costanza, R., and Patten, B.C. 1995.** Defining and predicting sustainability. *Ecological Economics* 15, 193-196.
- 6. Daly, H. 1990.** Sustainable Development: From Concept and Theory to Operational Principles. *Population and Development Review*, Vol. 16, Supplement: Capacities, Environment, and Population: Present Knowledge, Future Options (1990), pp. 25-43.
- 7. Diamond, J. M. 2005.** Collapse. How Societies Choose to Fail or Succeed. New York: Viking. ISBN 0-14-303655-6.
- 8. Earth Council, 2000.** Earth Charter. Earth Council, Costa Rica. URL: [http://www.unesco.org/education/tlsf/mods/theme\\_a/img/02\\_earthcharter.pdf](http://www.unesco.org/education/tlsf/mods/theme_a/img/02_earthcharter.pdf). Accessed on: 20 February 2013.
- 9. Emerson, J.W., A. Hsu, M.A. Levy, A. de Sherbinin, V. Mara, D.C. Esty, and M. Jaiteh, 2012.** 2012 Environmental Performance Index and Pilot Trend Environmental Performance Index. New Haven: Yale Center for Environmental Law and Policy.
- 10. FAO, 2010.** Global Forest Resources Assessment 2010 (FRA 2010). URL: <http://countrystat.org/home.aspx?c=FOR>. Accessed on: 20 February 2013.
- 11. Forest Europe, UNECE and FAO, 2011.** State of Europe's Forests 2011. Status and

Trends in Sustainable Forest Management in Europe. URL:

[http://www.foresteurope.org/documentos/State\\_of\\_Europes\\_Forests\\_2011\\_Report\\_Revised\\_November\\_2011.pdf](http://www.foresteurope.org/documentos/State_of_Europes_Forests_2011_Report_Revised_November_2011.pdf)

**12. Global Footprint Network, 2012.** The National Footprint Accounts, 2011 edition. Global Footprint Network, Oakland, CA, USA

**13. Grober, U. 1999.** Der Erfinder der Nachhaltigkeit. URL: <http://www.agenda21-treffpunkt.de/archiv/99/pr/zei4898nachhalt.htm>

**14. Gyulai, I. 2012.** A fenntartható fejlődés. Ökológiai Intézet a Fenntartható Fejlődésért Alapítvány, Miskolc, pp. 104. URL: [http://www.ecolinst.hu/extra/A\\_fenntarthato\\_fejlodes\\_web.pdf](http://www.ecolinst.hu/extra/A_fenntarthato_fejlodes_web.pdf)

**15. Holling, C.S. 2000.** Theories for sustainable futures. *Conservation Ecology* 4(2), 7. [online] URL: <http://www.consecol.org/vol4/iss2/art7/>. Accessed on: 20 February 2013.

**16. IPCC, 2006.** 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan.

**17. IPCC, 2007.** Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007. Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.) Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. URL: [http://ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/wg1/en/contents.html](http://ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/contents.html)

**18. Unpublished, 2013.** ... Report. To be published.

**19. IUCN, UNEP, WWF, 1991.** Caring for the Earth: A Strategy for Sustainable Living. IUCN - The World Conservation Union.

**20. Lewis, S. L., Brando, P. M., Phillips, O. L., van der Heijden, G. M. F., Nepstad, D. 2011.** The 2010 Amazon drought *Science* 331, 554, doi: 10.1126/science.1200807

**21. Marshall, J. D., Toffel, M. W. 2005.** Framing the Elusive Concept of Sustainability: A Sustainability Hierarchy. *Environ. Sci. Technol.*, 39(3):673-682.

**22. MCPFE, UNECE, FAO, 2007.** State of Europe's Forests 2007 - the MCPFE report on sustainable forest management in Europe. Köhl, M., Rametsteiner, E. (eds.), Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe, Liaison Unit Warsaw, Warsaw. URL:

[http://www.foresteurope.org/documents/state\\_of\\_europes\\_forests\\_2007.pdf](http://www.foresteurope.org/documents/state_of_europes_forests_2007.pdf)

**23. Meadows, D.H., Meadows, F., Randers, J., Behrens, W. W. 1977.** The Limits to Growth. New York: Universe Books.

**24. Milne, M.J., Kearins, K., Walton, S. 2006.** Creating adventures in wonderland: The journey metaphor and environmental sustainability. *Organization* 13(6), 801-839.

**25. Neuman, M., Churchill, S. W. 2011.** A General Process Model of Sustainability. *Ind. Eng. Chem. Res.* 50 (15), pp 8901–8904.

**26. NIR Hungary, 2013.** National Greenhouse Gas Inventory - Hungary. URL: [http://unfccc.int/files/national\\_reports/annex\\_i\\_ghg\\_inventories/national\\_inventories\\_submissions/application/zip/hun-2013-nir-15apr.zip](http://unfccc.int/files/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/application/zip/hun-2013-nir-15apr.zip)

**27. Porritt, J. 2005.** Capitalism as if the World Matters. Earthscan, London.

**28. Rees, W. E. 1992.** Ecological footprints and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out. *Environment and Urbanisation* 4 (2): 121–130.  
doi:10.1177/095624789200400212.

**29. Rockström, J., W. Steffen, K. Noone, A. Persson, F. S. Chapin, III, E. Lambin, T. M. Lenton, M. Scheffer, C. Folke, H. Schellnhuber, B. Nykvist, C. A. De Wit, T. Hughes, S. van der Leeuw, H. Rodhe, S. Sörlin, P. K. Snyder, R. Costanza, U. Svedin, M. Falkenmark, L. Karlberg, R. W. Corell, V. J. Fabry, J. Hansen, B. Walker, D. Liverman, K. Richardson, P. Crutzen, and J. Foley. 2009.** Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and Society* 14(2): 32. [online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/>. Accessed on: 20 February 2013.

**30. Russell, E.S. 1931.** Some theoretical considerations on the ‘overfishing’ problem. *Journal de Conseil International pour l’Exploration de la mer* 6: 1-20.

**31. Schellnhuber, H.J., Cramer, W., Nakicenovic, N., Wigley, T., Yohe, G. (eds.) 2006.** Avoiding Dangerous Climate Change. Cambridge University Press, pp. 406.

**32. Somogyi, Z. 2007.** A hazai erdőgazdálkodás tartamosságáról nemzetközi összehasonlításban. Alföldi Erdőkért Egyesület Kutatói Nap kiadványa. URL: [http://www.aee.hu/downloads/kutato\\_i\\_nap\\_2007.pdf](http://www.aee.hu/downloads/kutato_i_nap_2007.pdf)

**33. Somogyi, Z., Zamolodchikov, D. 2007.** Forest Resources and their contribution to global carbon cycles. In: MCPFE, UNECE, FAO (2007): State of Europe's Forests 2007 - the MCPFE



report on sustainable forest management in Europe. Köhl, M., Rametsteiner, E. (eds.), Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe, Liaison Unit Warsaw, Warsaw, 3-17 p. URL: [http://www.foresteurope.org/documentos/state\\_of\\_europes\\_forests\\_2007.pdf](http://www.foresteurope.org/documentos/state_of_europes_forests_2007.pdf)

**34. Somogyi, Z. 2013.** Mi a fenntarthatóság? Egy háromszáz éves könyv margójára. Leadva az Erdészeti Lapokba.

**35. The Future We Want, 2012.** URL:

[http://www.un.org/disabilities/documents/rio20\\_outcome\\_document\\_complete.pdf](http://www.un.org/disabilities/documents/rio20_outcome_document_complete.pdf). Accessed on: 20 February 2013.

**36. UN, 2012.** Resilient People, Resilient Planet: A future worth choosing. United Nations secretary-General's high-level panel on Global sustainability. New York: United Nations. URL: [http://www.un.org/gsp/sites/default/files/attachments/GSP\\_Report\\_web\\_final.pdf](http://www.un.org/gsp/sites/default/files/attachments/GSP_Report_web_final.pdf). Accessed on: 20 February 2013.

**37. UNEP, 2012.** The Emissions Gap Report 2012. United Nations Environment Programme (UNEP), Nairobi. URL: <http://www.unep.org/publications/ebooks/emissionsgap2012/>

**38. US EPA, 2013.** URL: <http://www.epa.gov/sustainability/basicinfo.htm> (2013/Jan/02)

**39. Vida, G. 2012.** Honnan hová Homo? Az Antropocén korszak gondjai. Studia Physiologica, Fasciculus 18. Semmelweis Kiadó, Budapest. [www.semmelweiskiado.hu](http://www.semmelweiskiado.hu)

**40. Wackernagel, M. 1991.** Land Use: Measuring a Community's Appropriated Carrying Capacity as an Indicator for Sustainability; and Using Appropriated Carrying Capacity as an Indicator, Measuring the Sustainability of a Community. Report I & II to the UBC Task Force on Healthy and Sustainable Communities, Vancouver.

**41. WCED (World Commission on Environment and Development), 1987.** Our Common Future. Oxford University Press, New York.