

Gyulai Iván

Fejlesztéspolitika, biomassza, fenntarthatóság

Manapság minden fejlesztéspolitika a fenntartható fejlődés megvalósítását tűzi zászlajára. Ugyan a fenntartható fejlődés integrált fogalom, s ebben a minőségében a környezet és fejlődés kérdéseinek együtt kezelését igényli, a fejlesztéspolitika messze elmarad ettől az igénytől.

Nincs időnk végiggondolni a fejlődés értelmét, még csak egy használható fejlődés fogalmunk sincs, nincs időnk meggondolni fejlesztéseink társadalomra és környezetre való közép, pláne hosszú távú hatását. A fejlesztési stratégiák, programok és tervek olyan feltevésekre épülnek, amelyek fejlődésben játszott pozitív szerepét semmi sem igazolja, sőt ellenkezőleg, negatív hatásai mutathatók ki. Még sincs időnk végiggondolni cselekvéseink értelmét, minél többet kell elkölteni abból a nyolcezer milliárdból, amit az EU adófizetői, köztünk mi magunk is, áldozunk a jövő érdekében.

Az uralkodó fejlesztési paradigma a gazdasági növekedésnek ad elsőbbséget, s a gazdaságtól várja azokat a forrásokat, amelyekkel a társadalom és környezet bajai orvosolhatók. Ebben a felfogásban a gazdasági növekedés válik céllá, az ember és a környezet, pedig a növekedést szolgáló erőforrássá silányul. A globális léptékű tőkeallokáció és verseny minden metszetében polarizálja bolygónk társadalmait, s környezeti erőforrásaink mértéken túli használatához, életfeltételeink tönkretételéhez vezet.

Mivel a gazdaság nem működik környezeti és társadalmi alapok nélkül, ezért a társadalom, gazdaság, környezet között egy objektív viszony áll fenn, amelyet nem lehet hosszú távon felülírni. Nekünk, emberek számára a társadalmi fejlődés a cél, ennek eléréséhez a gazdaság eszköz, a környezet, pedig feltétel. Ennek a felismerése képezi az alapját a fenntarthatóságnak. Mégis, annak ellenére, hogy egyre jobban érezzük környezeti erőforrásaink szűkösségét, környezeti rendszerünk számunkra kedvezőtlen visszacsatolásait, továbbra is azt próbáljuk kitalálni, hogyan lehetne még többet elvenni környezetünkől.

A fejlesztéspolitika manapság élen jár ebben. Miközben hangsúlyozza a környezeti fenntarthatósági szempontok érvényesítésének szükségességét a fejlesztési projekteknél, a gazdasági növekedés olyan igényével áll elő, amely összeegyeztethetetlen környezeti rendszerünk eltartó-képességével. Érdekes módon még egyetlen olyan fejlesztési koncepciót sem alkottak, amely környezetünk eltartó-képességéből indult volna ki, vagy egyáltalán feltárta, figyelembe vette volna a helyben rendelkezésre álló természeti erőforrásokat.

A fejlesztési elképzelések átgondolatlanságának legújabb bizonyítéka a biomassza hasznosításának célkitűzése, amelyet Európa szerte, egyszerre javasolnak orvosságként a vidéki megélhetésre és környezeti gondjainkra.

A biomassza, mint fejlesztéspolitikai állatorvosi ló

Általános érvek a biomassza felhasználás mellett

Az Unióban, s Magyarországon is túltermelés van az élelmiszer célú mezőgazdasági termelésben, részben a piaci lehetőségek szűkülése, részben a fokozódó nemzetközi verseny miatt a megtermelt árú nehezen eladható. Ha a túltermelést visszafogjuk, akkor a termelők megélhetését szűkítjük. A helyzet úgy megoldható, ha a termelést fenntartjuk, de a fölösleget betápláljuk az energiaellátásba. Így több legyen ütünk egyszerre, mert ez jól jön a környezetnek is, és az EU is képes teljesíteni kiotói vállalásait, mondván a biomassza felhasználása széndioxid semleges, mert ugyanannyi széndioxidot bocsátunk ki, mint amennyit a növény megkötött élelciklusa idején.

A másik általánosan hangoztatott érv az energiafüggőség. Mint az USA, mind az Unió országai, újabban Kína is ebben a helyzetben vannak, főleg kőolaj-függők, az USA kivételével földgáz függők is. Függőségük oldását remélik attól, ha importjuk egy részét hazai termelésű megújuló energiaforrással tudják kiváltani. A függőséggel összekapcsolható olajárrobbanással és olajháborúval magyarázható az is, hogy a politikusok körében nő a népszerűsége a biomassza hasznosításnak.

Magyarországon is az egyik fő érv a hasznosítás mellett, hogy csökkenthető az ország kőolaj függősége, növelhető az ellátás biztonsága, és az árstabilitás.

Magyarország importfüggősége – ha eltekintünk az atomerőmű fűtőanyag behozatalától – 1993-ban 52% volt. A 2005-ös adatok szerint az ország importfüggősége megközelítette a 66,4%-ot. Legjelentősebb, 82%-os a földgáz-importarány. Az orosz forrástól való függés a földgáz esetében a legnagyobb, hiszen a teljes energiaigény több mint 40%-át kitevő földgáz 90%-a jön innen. A földgáz korábban elsősorban lakossági hőigényt elégített ki, 2004-re azonban már a villamos-energia 35%-át földgázból állította elő az ország.

1. táblázat: A primer energiaimport- függőség alakulása 1990-2005

	1990	1998	2005
Szén	16,4	28,6	39,6
Olaj	75,9	80,9	86,1
Földgáz	58,0	72,7	81,8
Villamos energia (primer)	21,1	1,7	12,9
Egyéb (kocsz, brikett,tüzifa és egyéb megújuló)	43,4	-16,0	8,5

Forrás: Energia Kp. Kht.

A hazai környezetpolitikai célkitűzések teljesítése is megköveteli, hogy növekedjen a megújuló energiaforrások részaránya, ez pedig hozzájáruljon nemzetközi kötelezettségvállalásaink teljesítéséhez, mint amilyen a kiotói vállalás, vagy az Unió megújuló energiaforrás részarány előírásai.

Fontos társadalmi érv a vidéki lakosság munkahelyeinek megőrzése, esetleg bővítése az energiaszektorban, bízván, hogy új munkahelyeket teremtsen mind az erőművek, mind technológiák előállításának vonatkozásában. Mivel Magyarországon az állat és növénytermesztés részaránya jelentősen megváltozott, amelynek következménye, hogy a növénytermesztésből származó termékeket az állattenyésztés nem képes felvenni, s mivel ezek a termékek nehezen eladhatók, így az energetikai célú növénytermesztés hozzájárul a termőterületen a struktúraváltáshoz, s ezzel mérsékelheti a terményfelesleget. E mellett az energetikai alapanyagok hosszú távon exportcikként is számításba vehetők.

Érvként hangoztatják, hogy kis beruházás igényel átállítható az élelmiszer-alapanyag termelésre szakosodott mezőgazdaság, hiszen az energetikai célú növénytermesztés terméstechnológiája kialakult, az energetikai célú feldolgozás technológiai ismertek, a mezőgazdaságban használt gépek alkalmazhatók.

Ellenérvek, kételyek

Mielőtt az ellenérveket felsorakoztatjuk fontos rávilágítani, hogy ismereteink kezdetlegesek, a közölt adatok ellentmondók, sokszor inkább a vágyakat tükrözik, mint a valóságot.

Az ország területén, éves szinten termelődő biomassa mennyisége az FVM számítása szerint 105-110 millió tonna, melynek energiatartalma közel 1200 PJ/év.

Ha az egész ország területével számolunk, akkor 9.3 millió hektár esetében az FVM számítása hektáronként 11-12 tonna élőnedves biomassa produkcióval számolt évente, s ekkor

a betonozott területeket is beszámította. Energetikai célú faültvények esetében, a legnagyobb produkciót adó fűzek esetében említi a szakirodalom 20-40 t/ha produkciót. Ezzel szemben egy természetes erdőből a tartamos gazdálkodás szabályait figyelembe véve évente 4-4.5 bruttó köbméter fa vehető ki.

Dr. Grasseli Gábor – Szendrei János (Debreceni Egyetem ATC MTK) „A tüzelési célú energetikai növények termesztésének jelentősége” című cikkében (Őstermelő, 2006 június – július, 70. oldal) erdők fajlagos energiahozamát 15-20 GJ/ha/év értékben adja meg. Energiaerdők esetében 100-120, energetikai faültvények esetében 150-250 GJ/ha/év az energiahozam. Magyarország jelenlegi (2005) teljes energiafelhasználása 1 153 PJ/év. 9.3 millió hektár természetes erdőből 186 PJ energiafelhasználási lehetőség adódik, tehát hazánk teljes energiaigényének hatodrésze lenne kb. kielégíthető. Energetikai célú faültvényeket az ország majdnem felén kellene ültetni ahhoz, hogy kielégíthessük a jelenlegi energia igényeket. Hasonló számokra jutnánk az energiafű esetében is. Am azon is el kellene gondolkodni, hogy vajon egy természetes erdő, miért csak az ötödét, tizedét produkálja egy ültvénynek?

Prof. Dr. Marosvölgyi Béla, a Nyugat-Magyarországi Egyetem professzora az általa vezetett, energiaerdőket és energiaültvényeket vizsgáló kutatás tapasztalatairól szóló beszámolóban 200-350 GJ/ha/év értéket ad meg energetikai faültvények esetén. „Fás szárú energianövények” című cikkében (Új utak a mezőgazdaságban, Energia Klub, 2005.) újratelepítéses energetikai ültvényekre 8-15t/ha/év élősúly produkciót, 80-150 GJ/ha/év értéket közöl, míg a sarjzattal üzemléssel természetesen nem közöl energiahozamot, de hivatkozik 20-40 tonna produkcióra fűzfélék esetében.

Gergely Kinga, Varró László: Megújuló energiaforrások Magyarországon (ÖKO 2004. XII. évf. 1-2. szám 78-79 oldal). „A magyar erdőállomány szerkezetét figyelembe véve az erdők éves hozama átlagosan 5 millió köbméter/év... az ennek megfelelő energiahordozó produktum mintegy 45-50 GJ/ha, a hazai erdőállomány egészére vonatkoztatva körülbelül 71-79 PJ”. Magyarország területének 19.1%-ka erdő, azaz 1773.3 ezer hektár. Még a 45-50 GJ/ha/év energiatermeléssel számolva is jól látható azonban, hogy ha az ország teljes terjedelemben ilyen energiatermelésű erdő lenne, akkor is összesen 500 PJ-nál kevesebb energia lehetne megtermelhető. Ez, pedig a jelenlegi fogyasztásnak kevesebb, mint a fele.

Területi igények

Nem kétséges, hogy a biomassza felhasználás törekvések leglátványosabb pontja a terület adta lehetőségek szűkösége. A területi kérdésekhez jó néhány más probléma is kapcsolódik, mint amilyen az élelmiszerellátás biztonsága, a föld maradék természetes ökoszisztémáinak sorsa.

Ugyan jó néhány éve már, hogy felhívták a területi korlátokra a figyelmet, ám sem a környezetvédők, sem az új üzleti lehetőségekért éhezők nem akarták, sőt a mai napig nem akarják tudomásul venni a makacs tényeket. A kérdés akkor került jobban az érdeklődés középpontjában, amikor 2005 februárjában, George Monbiot, a Guardian újságírója az Európai Szociális Fórumon kirohant a biodízel ellen, majd a Guardianben is cikket jelentetett meg a témában, „Ki lakjon jól: az autó vagy az ember?” címmel.

Véleménye szerint a bioüzemanyagokra való átállás humanitárius és környezeti katasztrófához vezetne. Az EU elképzeléseit, amely szerint 2010-re az üzemanyagok 5.75%-ka helyettesíthető lenne biológiai eredetű üzemanyagokkal, az Egyesült Királyság példájával kérdőjelezi meg.

„Az Egyesült Királyságban a közúti közlekedés évente 37,6 millió tonna kőolajterméket emészt fel. A legtermékenyebb növényiolaj-forrás, mely ebben az országban természetesen, a repce. Az évi átlagos terméshozam hektáronként 3-3,5 tonna. Egy tonna repcemagból 415 kiló

biodízelt lehet előállítani, így egy hektár termőföldön átlagosan 1,45 tonna üzemanyagot lehetne termelni. Másként megfogalmazva: ahhoz, hogy a kocsikat, buszokat és teherautókat biodízellel üzemeltessük, 25,9 millió hektáryi termőföldre lenne szükség. Az Egyesült Királyságban azonban mindössze 5,7 millió hektár művelhető földterület található. A környezetbarát üzemanyagokra való átálláshoz négy és félszer ennyi termőfölddel kéne rendelkezünk. Még az EU szerényebb - mindössze 20%-os – célkitűzése (2020-ra) is felemészténé szinte az összes termőföldünket.”

További példák tucatjai hozhatók. A Föld Barátai által kialakított véleményben is találunk ilyeneket. Pl.”Spanyolországban évente 27 milliárd liter dízelt fogyasztanak évente. A 2010-ig megkívánt 5.75%-kos helyettesítés biodízellel, évi 1,350 millió liter biodízel termelését igényelné. 1200 liter hektáronkénti hozammal számolva egy millió hektár földterületre lenne szükség, amely a termékeny területek 5.5%-ka. Ehhez még hozzá kellene a benzin helyettesítéséhez szükséges etanol termelésére fordítandó területet.”

„Németországba is hasonló a helyzet, a 2010-es célok teljesítéséhez 2 millió hektárra lenne szükség a két millió tonna biodízel előállításához. Erre nincs elegendő földterület. Manapság a megtermelt 1.5 millió tonna biodízelnél szükséges nyersanyag Franciaországból származik.”

„Az USA-ban rosszabb a helyzet. Ahhoz, hogy a benzint kukoricából származó etanollal helyettesítsék a teljes földterület sem lenne elegendő.” Az USA teljes üzemanyag fogyasztása évente 518 milliárd liter, szénkibocsátása 308 milliárd kg.

A Proceeding of the National Academy of Sciences-ben megjelent cikk szerzői a szójababból készült biodízelt, valamint a gabonafélékből erjesztett etanol alapú üzemanyagot vetették össze, és arra a megállapításra jutottak, hogy a biodízel ugyan jelentősen hatékonyabbnak tekinthető, mint az etanol, ám így is mindössze az üzemanyagigény alig 9 százalékát tudnák fedezni vele az Egyesült Államokban. Az étkezési növényekből készült etanol az amerikai üzemanyagigény 12 százalékát lenne képes fedezni abban az esetben, ha minden kukoricaföldet alapanyag-ellátóvá alakítanának át.

Területi korlátok Magyarországon

Lukács József vezető főtanácsos az Őstermelő 2006 június-júliusi számának 67. oldalán azt írja, hogy 2010-re a 2%-kos (?) bioetanol célkitűzés 59 millió liter, biodízel esetében ez 56 millió liter. Ekkora etanol mennyiség előállításra 50-60 ezer hektárt, biodízelnél 40-50 ezer hektárt kalkulált. Szerinte ez gond nélkül növelhető 200-300, illetve 80-100 ezer hektár nagyságrendig.

Ez, a kiindulási adatok alapján azt jelentené, hogy 2010-re 2.95 milliárd liter benzint, s 2.8 milliárd liter dízelt fogyasztanánk. A jelenlegi fogyasztási adatoknak utána nézve (Wilde György Magyar Ásványolaj Szövetség főtitkára, Index 2006. július 12.) 2005-ben 2 MD liter benzint, s 2.8 MD liter gázolajat fogyasztottunk. Mivel nem tudjuk, hogy 2010-ben mennyi lesz a fogyasztásunk, így maradjunk annál, hogy a jelenlegi fogyasztás 5.75%-kát kellene helyettesíteni. A teljes benzin és dízel igény helyettesítése, hektáronként és évenként 1-1200 liter etanollal és 1200-1400 liter biodízellel számolva, Magyarország teljes kukorica (1,34 millió hektár) és búzatermő (1.13 millió hektár 2005-ben) területét figyelembe véve, kb. 2 millió hektáron lehetne kielégíteni a bioetanol igényt, s még kb. ugyanennyi termőterületet kellene igénybe venni a biodízel szükségletek kielégítéséhez. Ez már megközelíti az ország jelenlegi szántóföldi területét (4 509 ezer hektár), s akkor még nem termeltünk élelmiszert.

Reálsan, ha elfogadjuk a főtanácsos által javasolt lehetőségeket, akkor 400 ezer hektárral, s a legjobb hozamokkal számolva cirka 500 millió liter bioüzemanyagot állíthatunk elő, amely 10%-os helyettesítési érték körül mozog. Ezek mellett teljesen irreális az a sokat hangoztatott

elképzelés, hogy a bioüzemanyag alapanyag jelentős exporthoz juttatná hazánkat. Mert vagy itthon helyettesítünk, ami muszáj, vagy exportálunk.

A teljes energiafelhasználásunk helyettesítésének területi korlátait mutatja a repce esete is. Repce hektáronként 3tonna/ha/év (nálunk ilyen átlagtermés nem jellemző) termésnél adna 1.45 tonna repceolajt, amelynek fűtőértéke 40MJ/kg. Ez 58 GJ/ha/év. 9.3 millió hektáron ez 539.4 PJ. A teljes energiafogyasztás 2005-ben 1153.2 PJ, azaz nem egészen a felét lehetne kielégíteni repceből a teljes energiaigénynek. A szakirodalom szerint ennyi tiszta energia megtermeléséhez a repce esetében fele energiamennyiséget kell befektetni.

Ráadásul minden esetben feltételeztük, hogy semmilyen fosszilis energiát nem használtunk fel. Igaz nem tudjuk, hogy mekkora a hazai teljes energiafogyasztásból az a hányad, amit arra használunk, hogy nettó energiához jussunk, de nyilván ebben az esetben is le kellene vonni az energiatermelésre fordított energiát. Érdekes megjegyezni, hogy az importált energiahordozók esetében az energiatermelésre fordított energia nem a hazai fogyasztásban realizálódik, míg hazai megtermelés esetén igen.

Ez vezet át majd ahhoz a kérdéshez, hogy van-e vajon nettó energianyereségünk a különböző biomassza felhasználási forgatókönyvek esetében.

Terület-felhasználási vetélkedés

A terület-felhasználással kapcsolatos probléma abban csúcspod ki, hogy több, egymással vetélkedő felhasználási igény jelenik meg. Tegyük fel, hogy tényleg felszabadítható 1 millió hektár biomassza termesztés céljára. Am ugyanezen területen szeretnének villamos-energia előállítás céljából energiafűvet, energia erdőt termelni, cukorrépát, kukoricát etanolnak, repcét biodizelnek, stb.

Szintén Monbiot hívta fel arra a figyelmet, hogy a vetélkedés túlmutat a biomassza termelési opciókon, a megújuló energiaforrások termelése a valóságban az élelmiszertermeléssel és a természetvédelmi célú területhasználattal vetélkedik, más terület-felhasználási módok mellett. Az energiaétvágy fokozódása, és a szűkülő fosszilis energiakínálat, valamint a félreértelmezett környezetpolitikai célkitűzések már jelen pillanatban, az olcsó fosszilis tüzelőanyagok rendelkezésre állásánál is, rákényszerítették az embereket a biomassza termelésre.

Nem nehéz kitalálni, hogy ennek a területhasználati vetélkedésnek először a természetes ökoszisztémák esnek áldozatul, majd pedig az élelmiszer alapanyag termelés. Ezen a téren is, mint más európai környezetjavítási szándékok esetében történt, a környezeti terhek harmadik világra történő áthárítása várható. Mivel kevés, s jogilag védett természetes ökoszisztéma áll rendelkezésre a Közösség országaiban, ezért az élelmiszer és energiacélú alapanyag-termelésnek osztoznia kell a földterületen. A logikus osztozkodás, hogy a jelenlegi túltermelést helyettesítik energetikai célú termesztéssel. Ezek a készletek azonban messze nem elegendőek a még csak kezdeti környezetpolitikai célok eléréséhez, ezért nyilván a külföldi beszerzés felé kell fordulni. Ez azért is logikusabb, mert a déli országok termőhelyi adottságai miatt ott található a nagyobb kihozatali potenciával rendelkező megújuló energetikai alapanyagok.

A szójabab, cukornád ültetvények a dél-amerikai országokban, a pálmaültetvények Indonéziában, s más délnyugat-ázsiai és afrikai országokban, eddig is a fő okát képezték a trópusi erdők degradációjának. Pl. Malajziában, 1985 és 2000 között, a pálmaültetvények az erdőirtások 87%-ért voltak felelősek.

A veszély ma már nem lehetőség, hanem tény.

„Az EU növényolaj-importja az október-szeptemberi 2005/2006-os szezonban 8,75 millió tonnára emelkedik a 2004/2005-ös szezon 7,8 millió tonnájáról” - írja az Oil World szaklap. "A bioüzemanyagok belföldi termelésének rohamos növekedése miatt az EU vált a világ legnagyobb növényolaj- és zsiradék importőrévé." „A szezon legnagyobb importtétele a

pálmaolaj lesz 4,9 millió tonnával, szemben a 2004/05-ös 4,4 millióval. Az EU az idén október-decemberben nettó szójaolaj-importőrré válik, ami meglehetősen újszerű fejlemény, hiszen már egy jó ideje szójaolaj-exportőrnek számított. A növekvő repcemag-sajtolási forgalom ellenére sem biztosítható belföldi forrásból a repceolaj-igény, ami a repceolaj esetében is nettó importőrré teszi az Uniót. A 2005/2006-os szezonban a repceolaj-import 250 ezer tonnára nő az előző szezon 28 ezer tonnájáról. Ebből 100-130 ezer tonna Észak-Amerikából érkezik majd, de nagy tételeket importál az unió Ukrajnából és Oroszországból is. A lap értesülései szerint már kínai importra is sor került.”

Az európai exportra számító maláj kormány nem rég jelentette be, hogy megépíti ötödik biodízel-finomítóját, miközben az országban, akárcsak Indonéziában az őserdőt nagy iramban szorítják vissza az olajpálma-ültetvények, ráadásul az erdők felégetése és mocsarak lecsapolása metán és szén-dioxid-kibocsátással jár (területi átterhelés). Az Európában felhasznált bioüzemanyag nagy részét Brazíliában gyártanák, ahol viszont az Amazonas esőerdejét irtják ki a termőföldért.

Ha nem marad bevonható termőföld - jelenleg a szárazföldi területek egynegyede mezőgazdasági művelés alatt áll – akkor megkezdődhet a vetélkedés az élelmiszeripari és energetikai célú alapanyag-termelés között, ezáltal azok között, akik csak a létfenntartási szükségleteiket szeretnék kielégíteni, illetve akik nemcsak jóllakni képesek, de autójukat is feltankolni. Nem kétséges, hogy melyik érdekcsoport képes érdekeit érvényesíteni, illetve mindezt megfizetni. A társadalmi polarizáció, tehát még a biomassa termelés okán is nőhet, mégpedig jelentősen. Monbiot írásának címe pontosan erre utal: Ki lakjon jól? Az ember vagy az autó.

A szegényekre leselkedő veszély nemcsak az élelmiszer szűkösségében, hanem az élelmiszerárak jelentős növekedésében is megnyilvánulhat. Az energetikai célú növényi termékek iránti keresletfokozódás, már ebben a kezdeti stádiumban is érezteti árfelhajtó hatását. Az MTI 2006 elején egy londoni nemzetközi konferenciára hivatkozva arról számolt be, hogy világszerte emelkedhet a szója-és pálmaolaj ára amiatt, hogy növekszik a kereslet a bioüzemanyagok nyersanyagaként használatos növényi olajok iránt.

Az árfelhajtó szerepet látszik alátámasztani a cukor árának világpiaci emelkedése. "Tizenegy éves csúcsra ugrott a nyerscukor ára szerdán a New York-i árutőzsdén, a londoni jegyzésárak pedig kilenc és fél éves rekordszintre emelkedtek. Piaci szakértők a drágulási trend folytatására számítanak. Miért is? Thaiföldön és Ausztráliában rossz a cukornádtermés, Brazília pedig az exportra szánt nádcukor egy részéből üzemanyagként felhasználható bioetanolt gyárt. A bioetanolt egyre több országban keverik a benzinbe, ezért a cukornak felmegy az ársziója - az árával együtt. Sőt: van egy igen népes ország, Kína, ahol még csak most kezdenek el cukrot fogyasztani – ez idáig ugyanis csak mesterséges édesítőszerhez (szacharinhoz) jutott hozzá a lakosság." (Világgazdaság)

A területi versengés járulékos hatásai

Környezeti szempontból a növekvő területéhség, s ennek következtében a természetes élőhelyek pusztulása mellett a másik veszély a mező és erdőgazdálkodás intenzitásának további növekedése. Szaklapokban egymást túllicitáló terméseredményekről, energia-kihozatalokról, s egyre jobb energiamérlegekről olvashatunk. Mint ahogyan láthattuk, a természetes erdő szerény energiatermelését tízszeresére növelik az energia célú faültetvények, természetesen haszonnövényeink termelését is tovább kell növelni a jobb termésátlagok, a magasabb gazdaságosság érdekében.

Természetesen egy adott termőhely, egy adott életközösség az éppen fennálló ökológiai körülményeknek megfelelő produkciókkal szolgálhat csak, s külső energia-befektetésre van

szükség ahhoz, hogy a produkció nőjön. Nemcsak a közvetlen energia költségek, mint gépi munka energiafelhasználása, de az egész termesztési folyamat is közvetlen, vagy közvetett energia-befektetéssel jár. Az öntözővíz, a műtrágya, a növényvédő-szer, a szállítás, stb., mind energiát testesít meg, s természetesen minden kibocsátás is környezeti terhelést jelent.

További lehetőség a terméseredmények fokozására a növények genetikai képességének kihasználása, a növény-nemesítés, legújabbban a génkészlet mesterséges módosítása géntechnológiai eljárásokkal. Többen is abban bíznak, hogy a jelenlegi produkciók a tulajdonságok javításával növelhetők a biotechnológia által. A Nature Biotechnology 24, 725 (2006 július) „A bioetanolnak szüksége van a biotechnológiára” címmel jelentetett meg cikket. Az írás lelkesen ecseteli, hogy az etanol egyik alapanyagának, a kukoricának a termelése milyen magas költségekkel és környezeti károkkal jár, mint pl. a nitrogén műtrágya, a talajerózió, a rovar és gyomirtó szerek, sőt még a fejlődő országok élőhelyeire leselkedő veszélyt is felemlíti. Ezek a problémákon segíthetne a biotechnológia. „Jelenleg főleg kukoricából és cukornádból gyártott etanol esetében már kidolgozták a rekombináns DNS technológiákat, amelyek egyrészt emelnék az etanolhozamot, másrészt, pedig csökkentenék a betáplált nyersanyagok környezetre gyakorolt káros hatását, továbbá fokoznák a feldolgozás hatékonyságát a finomítóban”. Ígéri a fotoszintézis széndioxid-fixáció hatékonyságának javítását, a nitrogén-fixáció megoldását, vagy az endospermiumban lévő egyszerűbb cukorra való lebontását végző enzimrendszer beépítését a növényekbe.

Társadalmi szempontból is további hatásokat kell fontolóra venni. A szuper-intenzív monokultúrák, hiszen az energetikai célú termesztés nagy táblaméreteket igényel, tovább torzíthatják a birtokviszonyokat. A FOE szerint az intenzitás növekedése további birtokkoncentrációval fenyeget. Pl. ma Braziliában a területek 46%-ka koncentrálódik a vidéki népesség mindössze 1%-kának kezében, ami azt jelentette, hogy a földtulajdonosoknak el kellett hagyni földjeiket, s korábbi foglalkozásukat. Ők a városok szegényebb negyedeibe költözhettek, vagy erdőirtással próbálták újabb területeket szerezni.

A területi igény fokozódásnak természetesen lehet árfelhajtó szerepe a földtulajdonosok számára. A kisbirtokosok aligha tudnak élni a magas intenzitást igénylő energetikai célú növénytermesztés lehetőségeivel, így legfeljebb magasabb áron értékesíthetik földjeiket, vagy magasabb bérleti díjra számíthatnak.

Energiamérlegek

Ezen a területen nagyon kaotikus állapotokat találunk. Tudományos műhelyek egymásnak ellentmondó eredményeit ismerhetjük meg, annak megfelelően, hogy ki milyen általános ítéletet szeretne igazolni.

A megismert mérlegek közös hibája, hogy az ún. virtuális energiafelhasználással, s ennek értelmében a virtuális környezeti terheléssel sem számolnak, ami ugyancsak megkérdőjelezi az energetikai, vagy környezeti mérlegek (pl. széndioxid) eredményeit.

Mit értünk virtuális energiafelhasználáson?

Bármely felhasználásra kész energiahordozó rendelkezik egy teljes életúttal, amely egy bonyolult szerteágazó rendszer. Az életciklus elemzések egy létesítmény esetében a létesítés, megvalósulás (működés), majd felhagyás szakaszainak környezeti összefüggéseit vizsgálják, egy termék esetében a bölcsőtől a sírig életutat követik. Ugyan jelentős előrelépésnek tekinthetjük ezt a gondolkodást, s már az is eredmény lenne, ha komolyan alkalmaznák az életciklus elemzéseket, mégis azt kell mondanunk, hogy a jelenlegi életciklus-vizsgálatok csak több-kevesebb láncszemét vizsgálják a tényleges életciklusoknak. Egy-egy termék esetében ugyanis a különböző életciklus láncok összekapcsolódnak. Ahhoz, hogy egy liter benzint előállítsunk, ahhoz kell kőolaj, azt frakcionálni kell, adalékanyagokkal ellátni, szállítani a

felhasználás helyére, majd elégetni. Energia kell a melléktermékek, hulladékok szállításához, elhelyezéséhez is. Ha csak egy kőolaj-finomítóban vizsgálom a benzin életútját, az ennyinek tűnik. Ám még ott sem csupán ennyi. Minden liter frakcionált olajra esik valamennyi (nagyon kicsi) környezeti teher abból, hogy létre kellett hozni a finomítót, energiát kellett befektetni, anyagokat kellett beszerezni, s természetesen üzemeltetni kell az üzemet. Ráadásul minden újabb megnyitott ág, további nagyon-nagyon kicsiny környezeti terhet hoz magával. Pl. a felhasznált építőanyagoknak is volt környezeti terhe, erőforrás igénye, gyára, stb. Azután a kőolaj-finomító üzemeléséhez is energiára van szükség, no meg munkásokra. Hol kellene elszámolni pl. a munkások közlekedési költségeit, vagy a gépekre, szerszámokra eső költségeket, vagy az üzem által produkált környezeti terhek felszámolásának energiaköltségeit?

S a fenti még csak a finomítóra és kapcsolódási pontjaira utal. Egy másik életciklus az alapanyag révén kapcsolódik a finomítóéval. A kőolajt ki kellett bányászni, ahhoz fűtőtornyot kellett létesíteni, ahhoz pedig anyagot kellett gyártani, azokat szállítani, szerelni kellett. A kitermelt olajt tárolni kell, ahhoz tárolók kellene, majd szállítani, tankhajókban vagy éppen csővezetéseken. A szállításhoz energia kell, az eszközök gyártásához, karbantartásához szintén.

Amikor kimondjuk, hogy biodízel, legfeljebb egy szép virágzó repceföldre gondolunk, meg egy kevésbé szép olajsajtólóra. Ha csak a biodízel előállításához szükséges termelési segédanyagokat nézzük (metanol, káliumhidroxid, nátriumhidroxid, kénsav, foszforsav, hidrogénklorid, ipari víz, széndioxid, nitrogén, elektromos áram, gáz) ugyancsak elcsodálkozunk, mi minden más anyagot is meg kell termelni, ahhoz, hogy elérjük végcélunkat. Vagy logisztikai létesítmények sorát kell felépíteni (olajos magvak átmeneti tárolója betakarítás után, olajos magvak tárolója az olajütőben, nyers olaj tároló, melléktermékek tárolója, technológiai segédanyagok tárolói, végtermék tárolása), amely együtt jár az anyagmozgatással, szállítással. Természetes lenne ezek energiárfordításait, s más terheit (széndioxid, hulladék, vízhasználat) is figyelembe venni a környezeti mérlegekbe, de ezek onnan rendre kimaradnak.

A benzin kapcsán beszélhetnénk még olyan indirekt kapcsolódásokról, mint az elsüllyedt tankhajók okozta környezeti károk elhárításának költségeiről, vagy az olajhoz kötődő háborúk energiaköltségeiről, környezeti katasztrófáiról, s persze társadalmi hatásairól.

Lehetetlen lenne követni a teljes kapcsolati hálót, s kiszámolni, hogy egy liter benzinre milyen, aligha mérhető, mégis valóságos környezeti terhek jutnak. A liter ehhez túl kicsi mértékegység, de minél nagyobb léptékeket vennénk elő, annál jobban érezhetővé válnának ezek a virtuális terhek.

Persze vannak erre kísérletek. Az ökológiai lábnyom, vagy ökológiai hátizsák pontosan a háttérben maradó terheket kívánja feltérképezni. Noha a tökéletesség elérésére itt sincs esély, ám néhány napvilágot látott adat ugyancsak elgondolkodtatja az embert. A Wuppertal Intézet számításai szerint,

• Fogkefe	1.5 kg
• Mobiltelefon	75 kg
• PC	500 kg
• 1 tonna importált fém	20 000 kg hulladék keletkezésével

World Water Council (2004) szerint

• 1 kg búza	1 000 l
• 1 kg tojás	2 700 l
• 1 kg marhahús	13 500 l víz felhasználásával párosul.

A különböző biomassa féleségekhez, s különböző hasznosítási módokhoz természetesen más és más energiamérlegek tartoznak. Nyilván meghatározó, hogy a kiszemelt alapanyag milyen produkciókra képes, milyen ökológiai, termőhelyi körülmények között.

A következő táblázat néhány átlagos hozamot mutat be (Wikipedis 2006. Biodiesel. <http://en.wikipedia.org/wiki/Biodiesel>)

TerményBiodízel (l/ha)

Szója, északi vidékeken	375
Szója, déli vidékeken	900
Repce	1,000
Mustár	1,300
Pálma olaj	5,800
Algák	95,000

Etanol (l/ha)

kukorica (USA)	1,360
cukornád (Brazília)	3,960 Benzinegyenértékben kifejezve (1:0,66)

A statisztikák szerint a pálma olaj és a cukornád a trópusi zónákban adja a legtöbb hajtóanyag alapanyagot hektáronként. A legígéretesebb a biodízel vonatkozásában az alga, de a technológia még javításra szorul. A cellulóz hulladékokból előállítható etanol is jelentős potenciállal rendelkezik, bár az enzimatikus feltárás drága, s az eljárás néhány elemének környezeti hatásai sem tisztázottak még (FOE International).

Kohlheb Norbert az Energia Klub kiadványában (Új utak a mezőgazdaságban, 2005), „Energiaültetvények termesztésének gazdasági jellemzői” című írásában közöl energia input/output hányadosokat különböző fás és lágy szárú fajok esetében, különböző termőhelyi adottságok, és termesztési intenzitások között. Míg a legkedvezőbb energia-kihozatali arányok általában a jó termőhelyeken extenzív körülmények között adódnak (kivéve kender), addig a legnagyobb energia outputok a jó termőhelyeken intenzív termesztési technológiák mellett érhetők el. Ez is mutatja, hogy a faj, termőhely és termesztési technológia befolyásolja a produkciókat, s ennek értelmében az energiatermelési lehetőséget is. Ám általában elmondható, hogy a nagyobb produkciók elérését lehetővé tevő intenzív termesztés energiaráfordítása kisebb arányban térül meg, mint az extenzívé. A közölt számok persze itt sem tartalmazzák a hiányolt virtuális háttérrel, s a számolások csak az ültetvényeken, s szállításba befektetett energiamennyiségekkel számolnak. A tüzelőanyagok előkészítésének (apríték, pellet, stb.), logisztikai műveleteknek, segédanyagoknak energiaigényei nem kerülnek bemutatásra.

A teljes energiamérleg összeállítását nagyban befolyásolják a konverziós utak, amelyek tovább bonyolítják az amúgy sem tiszta képet. A legnagyobb energia igény feltehetően a konverzióánál áll fenn. Ez kb. 60% is lehet, a konverziós út fajtájától függően.

A szaksajtó, de a tudományos irodalom is ellentmondó kijelentéseket tesz. Íme néhány:

„A biomassza megtermelése is gyakran nevezhető fenntarthatatlannak. Magasak az inputok, energia, növényvédő-szer, műtrágya, gépek, stb. Jó példa az USA-ból a kukoricából előállított bioetanol. Néhány tanulmány azt állítja, hogy kukorica és belőle az etanol kinyerése hatszor több energiát igényel, mint a végeredmék által leadott energia az autó motorban”.(Pescovitz, D. Ethanol Stirs Eco-Debate. Berkeley Eng. Lab Notes, Vol. 5, March 2006.)

„A szójabab négyszer hatékonyabbnak tűnik az etanolnál: míg a szójababból készült biodízel felhasználásával az előállításához szükséges energiaigénynek majdnem a dupláját vagyunk képesek kinyerni, addig az etanol alig termel 25 százalékkal több energiát, mint amennyit az előállítása során felemészt. Ez utóbbi különbség elsősorban abból adódik, hogy az etanol előállítása során erjedési folyamatokat kell beindítani, ami viszonylag nagy energiaigényű folyamat”. (National Geographic)

A biomasszával kapcsolatos elsőszámú kérdés tehát a kinyerhető energia, vajon pozitív, vagy negatív-e az energia mérleg, kevesebb, vagy több fosszilis energiát kell igénybe venni, mint amennyit a megújulókból remélhetünk?

A tudomány, úgy tűnik két táborra szakadt, annak megfelelően, hogy milyen érdekeltségek mozgatják.

Az ellenzők két amerikai professzor meglehetősen korai munkáira (David Pimentel, Cornell Egyetem, Tad W. Patzek, Berkley) hivatkoznak. Íme a szerzők néhány számításának eredménye, amely szerint az energia mérleg negatív.

- Kukoricából alkohol +29% fosszilis energia
- Fűből alkohol +45% fosszilis energia
- Fából alkohol +57% fosszilis energia
- Szójából dízel +27% fosszilis energia
- Napraforgóból dízel +118% fosszilis energia

Schmitz, N., Henke, J., (Innovation in the Production of Bioethanol and their Implications for Energy and Greenhouse Gas Balances) német szerzők, szemben az amerikai iskolával, azt állítják, hogy az energia mérleg pozitív. Szerintük a fenti szerzők elfogultak, elavult statisztikai adatokat használtak, nem veszik figyelembe a mezőgazdaság javuló hatékonyságát, az energiafeltárás technológiájának javulását, valamint a terménymaradványok energia tartalmát. Ők, 12 új tanulmányt választottak ki, amelyek nettó energia nyereséget és széndioxid megtakarítást mutattak ki.

Energia nyereség módja	Nettó energia nyereség etanol literenként	ÜVHG megtakarítás 11 etanol egyenlő 0,647 l üzemanyag széndioxid egyenérték
Széna/biogáz	15,7 – 20,1 MJ	1,8 kg
Növényi magvak/természetes hajtóanyagok	6,6 MJ	0,7 kg
Melasz/olaj	6,4 MJ	0,8 kg

Forrás: Schmitz, N.; Henke, J.: Innovation in the Production of Bioethanol and their Implications for Energy and Greenhouse Gas Balances

Ilyen és hasonló elemzésekben szinte reménytelen igazságot tenni, mert az eredmények valóban attól függenek, hogy ki, milyen tényezőket vesz figyelembe. Ugyan vannak ajánlott számítási szabványok, ám ezek tökéletessége is megkérdőjelezhető.

A legfőbb kritika, amely megfogalmazható, hogy általában csak első generációs, közvetlen energia igényeket vizsgálnak, s nem foglalkoznak az ökológiai hátizsák teljes tartalmával.

Pl. a növénytermesztésnél figyelembe veszik a mechanikai talajmunkák, vetés, betakarítás és szállítás energia igényét, de nem foglalkoznak a talajerő-utánpótlás, növényvédő szerek, vízpótlás másodlagos, harmadlagos energia igénnyel. Nyilvánvaló, hogy egy műtrágya megtermeléséhez, alapanyagainak kitermeléséhez, szállításához is energiára van szükség. Vagy mindezek virtuális víztartalma, s az ahhoz szükséges energia, mint ahogyan már arra fentebb utaltunk.

Mint látjuk a vita tárgya az is, hogy vajon minden hasznosítható növényi rész energiatartalmát is be kell-e számítanunk az energiamérlegbe. Pl., miután learattuk a repce magját, hasznosítsuk-e a repce kóróját is? Ez a kérdés másként is jelen van a biomassza hasznosításról szóló vitákban. Sokan úgy vélik, hogy vétek, sőt pocsékolás az egyszer megtermelt növények biomasszáját nem hasznosítani, hiszen ez csökkenti a befektetett természeti erőforrások hasznosulását. Ők azt javasolják, hogy először a maradványok hasznosítását kell megoldani, s utána jöhet a szerkezetváltás, a tisztán energianyeres céljából történő termesztés. Mások a maradvány biomassza kicsiny energiasűrűségére hivatkoznak, s az összegyűjtés magas költségeire, s ők elsődlegesnek tartják a lehető legnagyobb energiasűrűség elérését, azaz a tisztán energetikai hasznosítást.

Nyilvánvaló, hogy mindkét érvelés csak elsődleges gazdaságossági szempontokat vesz figyelembe, s nélkülözi a rendszerszemléletű megfontolásokat. Ha a megtermelt biomasszából semmi sem jut vissza a talajra, s ennek következtében a talajszerkezet romlik, s hosszú távon a műtrágyák érvényesülése is csökken, akkor abszurd módon az is előfordulhat, hogy azért termelünk energiát a maradványokból, hogy annak segítségével biztosítsuk a talajerő fenntartását. Egyesek szerint a szerves anyagoknak a legjobb és leggazdaságosabb felhasználása, ha talajba forgatásuk révén a talaj humuszvagyonát gyarapítják, hozzájárulnak a talajélet és szerkezet fenntartásához, és a növények táplálásához.

Ennél a kép egy kicsit árnyaltabb. Természetes körülmények között senki sem szántja be a talajfelszínre jutó növényi, vagy állati maradványokat. Azokból élőlények közreműködésével stabil talajmorzsák keletkeznek, amely biztosítja a talajképződést, s a szerves-anyagok hosszú távú hasznosíthatóságát. Ezzel szemben a talajba forgatott tarlómaradék, de akár istállótrágya is nagyon hamar degradálódik a talajban főleg az ott folyó felgyorsított oxidáció miatt, ezért nem javítja a talaj szerkezetességét, legfeljebb tápelemek forrásaként szolgál rövid ideig. Bizonyos körülmények között az is előfordulhat, hogy mikrobiális bontásuk fitotoxikus anyagokat szabadít fel. A műtrágyák megfelelnek ugyan rövidtávon tápelem forrásnak, jó hozamfokozók, de a talaj szerkezetességét nem képesek javítani. Hosszú távon tehát nem lehet nélkülözni a talaj fenntartásához vezető természetes folyamatokat.

Természetvédelmi és ökológiai szempontok

A biomassza termesztése és felhasználása esetén a következő szempontokat kell figyelembe venni:

- Ne vezessen a természetes élőhelyek kiterjedésének és minőségének további romlásához, sem közvetlenül, sem közvetve.
- Az energetikai célból hasznosításba vont területen az előző felhasználással összevetve csökkenjen a környezeti terhelés.
- A hasznosított területen az előző felhasználáshoz képest javuljanak a biodiverzitás mutatók, mind mennyiségi, mind minőségi vonatkozásban.
- A hasznosításból ki kell zárni az invazív és genetikailag módosított fajokat.
- Az eredeti ökológiai feltételeknek (talaj, vízháztartás, klíma) megfelelő, az azokat megtartó természetstechnológia kerüljön kiválasztásra, amely nem csökkenti az adott ökológiai rendszer megújuló-képességét.

Az igazság az, hogy, ha szeretnénk kizárni a környezeti feltételek romlását, akkor ugyancsak konfliktusba kerülünk az energetikai célú ültetvények legfontosabb elvárásával, a magas produkcióval. Márpedig ezeknek az ültetvényeknek ez a célja, különben megfelelének a természetes körülmények között elérhető hozamok is a természetes rendszerekből.

Úgy tűnik azonban, hogy a természet elügyetlenkedte az evolúció során létrehozni az ember igényeinek megfelelő, feltehetően végtelen nagyságú produkciót adó rendszereket. Az ember most ezt próbálja pótolni, s lelkesült világmentőink azt kívánják bizonyítani, hogy egyre nagyobb produkciójú rendszereket lehet kicsikarni a természettől, anélkül, hogy cserébe bármit is feláldoznánk. Ez az egész olyan, mintha egy boroshordót szeretnénk megcsapolni, de nem akarunk kintről bele semmit sem önteni, csak egyre többet szeretnénk belőle inni. Nagyobb torkú embert lehet találni, de ettől a hordó csak gyorsabban fog kiürülni, ha nem töltjük utána.

Vajon a 60 tonna (valószínű nedves anyagról van szó) hektáronként terméshozammal kecsegtető, amerikai kutatók által nemesített elefántfü mitől képes erre a bámulatos produkcióra?

Először is, monokultúrát alkot, hiszen négy méteresre növe, aligha él meg más növény az árnyékában. Tehát már le is mondhatunk a biodiverzitás növelésének a szempontjáról, hiszen ennél még a szántóföld is magasabb diverzitást nyújt a gyomkultúrájával.

Másodszer a növények által termelt szerves-anyag a napenergia segítségével épül fel, a levegő széndioxidjából, vízből, és a talajban lévő ásványi, és szerves anyagok bomlásából, bontásából származó kémiai elemekből. Ebből a nap és a széndioxid nem korlát, legalábbis, amíg éppen nincs túl sok ez utóbbiból, a víz, illetve a talajban lévő tápanyagok azonban véges mennyiségűek, sőt egymás jelenléte, hiánya által limitáltak is. Tehát külső források bevitelével a magas produkció nem fenntartható, a „hordó” előbb-utóbb kiürül.

Marad tehát a külső források bevitelének kényszere. Azonban az ökológiai rendszerek működésének túlzott leegyszerűsítése hozhatja csak létre azt a gondolkodást, hogy a talajban lévő elemek pótolhatók az elégetésből származó hamuból, s néha egy kis műtrágya adagolással a nitrogén, foszfor igények is kielégíthetők. Jól látható, hogy a hasonló alapokból kiinduló intenzív mezőgazdaság a produktciók megnövelése mellett milyen környezeti terheket hagyott maga után, miután figyelmen kívül hagyta a rendszerek eltartó és tűrő-képességét.

A biogeokémiai ciklusok, amelyek az élet megújítását jelentik, 30-40 elem részvételét igénylik, amelyek végessége, rendelkezésre állása egy adott rendszerben limitáló tényező. A tápanyag utánpótlását a talaj, víz, levegő között folyó interakciók biztosítják, amelynek legfőbb mozgatórugója az élő szervezetek tömege. A körforgásba hatalmas geológiai tartalékelem raktárak iktatódnak közbe, amelyek egyrészt gázfázisúak (C,N,O), s amelyek gyors ciklusokat tesznek lehetővé, míg az üledékes kőzetek tartalékai (P,S) csak lassan mobilizálhatók, és éppen ezért korlátozó tényezők. A rendszerek működés teli van hasonló önszabályozó, egymást kiegészítő funkciókkal. A minaralizációnak az immobilizáció a fordítottja. Míg a mineralizációban az elemek szerves kötésből ásványi kötésbe kerülnek baktériumok közreműködésével, s csökken a talajban a szervesanyag, s nő a növények számára felvehető tápanyagok mennyisége, addig az immobilizációban a szervetlen elem épül be valamelyik talajmikróbába, amely elvonja a növény elől a hasznosítható elemet. Pl. gazdag szénforrások esetében a mikróbák immobilizálják a műtrágyával bevitt nitrogént és foszfort a növény elől. Ezek az antagonizmusok tudják biztosítani azt, hogy a növekedés ne lehessen végtelen, s hirtelen, ne haladhassa meg az alkalmazkodáshoz szükséges idő sebességét. Ezek a mechanizmusok képesek bizonyos mértékig kiegyenlíteni az ember ismerethiányából fakadó téves beavatkozások hatásait is.

Az igazság az, hogy a biomassa célú termelés az egész növényi kultúrát szőröstől-bőröstől akarja hasznosítani. Egy természetes erdőben is sokkal több szerves-anyag van, mint amennyit rönk formájában ki lehet hozni belőle, de az nem hozzáférhető, vagy csak nehezen az. Egy energiaültetvényből, minden, ami a föld felett nő levágható, elvihető. Egy erdőben a fák ágai, gallyai egy bizonyos vastagság után nem hasznosulnak az ember által, a cserjék, s lágyszárú növények sem. Hasznosulnak viszont az egész erdei ökoszisztémában, ahol a lebontó szervezetek hatalmas „biomasszája” ezekből a „hulladékokból” fenntartja az ökoszisztémán belüli, és azon kívüli anyag- és energia-áramlásokat.

Ha a talaj felől elviszünk mindent, akkor megsértjük a talaj és felszín között megvalósuló interakciókat, s „kiéheztetjük” azt az életet, amely az anyag- és energia-áramlásokat biztosítja. Ugyanis a mineralizáció folyamatát, amely heterotróf szervezetek közreműködésével zajlik, az elhalt élőlények anyaga táplálja. Ennek során a szerves vegyületek szervetlenné bomlanak, s miután a bomlástermékek egy része a légkörbe távozik, másik része, a talajban ásványi anyaggá alakul, amely táplálékul szolgál a növényzetnek. A fent említett, 30-40 elem körforgását a talajban egy négyzetméteren, s tetszőleges mélységben 400 gramm tömegű élő anyag biztosítja átlagosan, amely egy hektáron átlagosan 4 tonna, optimális esetben 30 tonna élő anyag tömeget jelent. E mögött hihetetlen fajszámok és egyedszámok sorakoznak fel, pl. négyzetméterenként, s

tetszőleges mélységben 10^{14} baktérium egyed, 10^{11} gomba, 10^8 algaegyed, stb. Minden egyes beavatkozás az ökológiai rendszerbe, talajművelés, taposás, talajvízszint emelkedés, süllyedés, stb., a mikróbaközösségek katasztrófájához vezet.

Anélkül eszközünk bolygó léptékű beavatkozást az ökológiai rendszerekbe, hogy tisztába lennénk az egyes alrendszerekben, s azok között megvalósuló történésekkel. Ilyen bátorságra csak a tudatlanság jogosíthat fel bennünket! Általánosságban azt az ítéletet is kimondhatjuk, hogy a biomassza elégetésével az ökológiai rendszerek megújulását lehetővé tévő tápanyagot füstöljük el, hogy kielégítsük féktelen energiaéhségünket. Nézetem szerint a biomassza elégetésénél nagyobb csapást még nem mért az ember saját magára, hiszen most rúgja ki maga alól a táplálékpiramis alapköveit.

A széndioxid semlegesség mítosza

A biomassza hasznosítással kapcsolatban már láttam sokféle támogató érvet, s ellenérvet is szép számmal. Azonban még egyik sem vizsgálta a biomassza elégetésének a kérdését a globális anyag és energiaáramlás egészén belül. Tudósok ismételtetik, hogy a biomassza elégetése széndioxid semleges, mert, hogy annyi széndioxidot bocsátunk ki elégetése során, mint amennyit az életében megkötött. Mások azt fejtegetik, hogy megtermelése, szállítása és elégetése során bocsátunk ki annyit, mint amennyit megköt életében. Megint mások az állítják, hogy maga a folyamat ugyan nem széndioxid semleges, de a fosszilis energiahordozók elégetéséhez képest széndioxidot takarít meg.

Hogy is van ez?

Egy növény nem lóg a levegőben, azaz nem vizsgálható önmagában, hiszen interakcióban van a talajjal, vízzel, levegővel, s más élőlényekkel. Tehát, ha például egy erdőt nézünk, vagy egy mezőgazdasági ültetvényt, akkor annak az egész anyag és energiaforgalmát kell néznünk. Ebben a megvilágításban, már nemcsak a széndioxid, hanem más üvegházhatású gázok, mint metán, N_2O is szerepet játszanak.

Az autotróf szervezetek a fotoszintézis során évente 180 MD tonna biomasszát termelnek, s megközelítőleg ugyanennyi használdik el a légzés és mineralizáció útján. Az élő biomassza széntartalma szárazföldi élőlények esetében 800 MD tonna (20 év tartózkodási idő), az óceánokban élők 5 MD tonna (0.2 év tartózkodási idő) szenet reprezentálnak. Az elhalt szárazföldi biomassza széntartalma 1 200 MD tonna, az óceánokban 1 000 MD tonna (tehát viszonylag kis mennyiségű biomassza nagy produktívot állít elő!), mindkettő tartózkodási ideje 30 év. Az atmoszféra 700 MD tonna szenet raktároz széndioxid formájában (Papp,S.-Kümmel,R.: Környezeti kémia), amelyből a földi vegetáció és tengerek élővilágának fotoszintézise egyaránt 35 MD tonna szenet köt le. A fosszilis tüzelőanyagok elégetéséből származó, légkörbe kerülő szén mennyisége 5,3 MD tonna, amely az összes légkörbe jutó széndioxid kevesebb, mint 5%-ka. Pl. ezzel is egyensúlyt kellene tartania az üledékképződésnek, s a talajban folyó irreverzibilis szénlerakódásnak, ami a tengeri üledékek esetében 0.5 MD tonna, az irreverzibilis lerakódásnál kevesebb, mint 0.1 MD tonna szén. A tengerek széndioxid elnyelő képessége az emberi eredetű kibocsátások felére korlátozódik, így a légkör karbónium tartalmának növekedése 2 MD tonna, illetve 0,3%.

Ha csupán egy szárazföldi autotróf szervezetet nézünk, akkor az a fotoszintézis során megtermelt szerves anyag egy részét elégeti, tehát a megkötött széndioxid egy részét maga is visszajuttatja a környezetben, más részét szervezetének felépítésére fordítja, tehát a szenet időlegesen raktározza. Addig pozitív ez a mérleg, amíg növekszik.

Ha az ökoszisztéma egészét nézzük, akkor az autotróf, szerves-anyag termelő növényekre heterotróf, szerves-anyag fogyasztó szervezetek települnek, akik elégetik a szerves anyagot, s a megkötött szenet széndioxiddá oxidálják, kilélegzik, illetve a szén egy részét maguk is beépítik

szervezetükbe. Az elhalt szárazföldi biomassa a korhadás, rothadás során lassan kerül lebontásra, amely időlegesen (30 év körüli tartózkodási idő) szenet von ki a körforgalomból. Ha a szerves-anyag közvetlenül levegőtől elzárt körülmények közé kerül, vagy az öt korábban elfogyasztó szervezettel történik ez elhalása után, akkor a szén fosszilizálódik, s ideiglenesen (10^8 év tartózkodási idő) kivonásra kerül a körforgásból. Természetesen a talajban lévő víz is tartalmaz szenet, vagy széndioxidot oldott formában, vagy karbonátokban megkötve. A szén egy része tehát kivonásra kerül a gyors körforgásból, ha az ökoszisztéma egészét nézzük.

A talaj ember általi közvetlen, vagy közvetett bolygatása azonban részben képes mobilizálni a tárolt szenet. A gyakori talajművelés, szántás, lazítás, stb., átrendezi a talajban működő természetes folyamatok dinamikáját.

Az egyik lényeges hatás a talaj bolygatása közben a talaj szellőztetése, amely két úton is hozzájárul a szén mobilizációjához. A talaj idealizált térfogati összetételében a levegő a talaj térfogatának egynegyedét teszi ki, másik negyede víz, 45%-ka ásványi anyag, 5%-ka szerves anyag. A különböző méretű pórusokat kitöltő levegőben a széndioxid tartalom 6% körüli (levegőben: 0,037tf%). A szellőztetés egyrészt ÜVHG gázok felszabadulásához vezet (széndioxid, metán, dinitrogén oxid) másrészt mivel megváltoztatja a széndioxid koncentrációját, s megnöveli az oxigén koncentrációt, ezért a talajban az oxidatív folyamatok kerülnek túlsúlyba.

Csak Magyarországon évente 4,8 millió hektáron 30-32 milliárd m^3 talajt mozgat meg a földművelő. A talaj kiszántásakor annak rétegezettsége vagy megfordul, vagy részben átfordul, ami azzal jár, hogy a mélyebben lévő, anaerob körülmények uralta rétegek aerob körülmények közé kerülnek, a felsők pedig rossz oxigénellátás közé. Az alulra került rétegekben tömeges baktériumpusztulás indul meg, az ásványosodás lelassul. Felül a mikroorganizmusok aktiválódnak, a lebontási folyamatok, humusz-bontó folyamatok felgyorsulnak. A humusz degradációjával romlik a talaj szerkezetesség. A szerkezetességet tovább rontja az esőcseppek, valamint a taposás mechanikai hatása, amelyek a pórustérfogatot csökkentik. Az eketalp tömörödötté válik, benne a fermentáló baktériumok kapnak nagyobb szerepet, amelyek toxikussá teszik a talaj ezen rétegét a növényi gyökerek számára, így azok képtelenek ezeket a talajmélységeket használni.

A szántással kapcsolatos problémák enyhítésére alkalmazott mélylazítás (50-70 cm) ugyancsak növeli az aerob dinamikát a talajban. Ez ugyan detoxikálja a mélyebb rétegeket, de ott is megnöveli az oxigén jelenlétet, s ezzel mobilizálja a szenet. Látható, hogy a talajművelés nagyban megzavarja a talaj biodinamikáját, ugyanakkor a növénytermesztésre gyakorolt hatásai egymásnak ellentmondók. A talaj szénháztartását illetően elmondható, hogy összességében csökkenti a szerves szén mennyiségét, s növeli a talaj széndioxid leadását.

Szabó István Mihály „Az általános talajtan biológiai alapjai” (Mezőgazdasági kiadó, 1986) című könyvének 331. oldalán Schneider (1975), Keulen (1980) munkásságára hivatkozva a következőket írja: „A légkör széndioxid készleteinek növekedése, amelynek hatására az elkövetkező ötven évben a mezőgazdasági termelésre is kiható klímaváltozásokkal kell számolnunk a fosszilis energiahordozók elégetésén kívül elsősorban is a szárazulatok talajainak szerves-anyag veszteségeire vezethető vissza, ... Stuvier (1978) szerint a földfelszín szerves szénkészletei 1850 és 1950 között több, mint 100 gigatonnával csökkentek (100 milliárd tonna)”. Ez a mennyiség megközelíti az ebben az időszakban elégetett szén mennyiségét.

A periódust követően valószínű, hogy a fosszilis energiahordozók elégetéséből származó széndioxid sokkal nagyobb mértékben nőtt, mint a mezőgazdasági talajművelésből származó kibocsátás. A kibocsátást csökkenthették volna az agrotechnikai eljárások változásai, a kevesebb talajműveléssel járó gazdálkodás, de nyilván az újabb és újabb gazdálkodásba vont földterületek kompenzálták a kedvező hatásokat. Ha csak továbbra is évente 1 MD tonna szén

mobilizációjával számolunk, az akkor is egy olyan jelentős diffúz kibocsátás, amely döntően járul hozzá a légkör terheléséhez.

A légkör ÜVHG terhelésében a talajművelés a műtrágyázáson keresztül is szerepet játszik. A talaj természetes biodinamikájához tartozik, hogy a fölösleges mennyiségben jelenlévő nitrogént a denitrifikáció eltávolítja a talajból. Oxigén hiányában a fakultatív anaerob baktériumok nitrátlégzésre térnek át, ennek segítségével égetik el a szerves anyagokat. A denitrifikációban ezért a nitrit és nitrát nitrogén monoxidá, dinitrogén oxidá és nitrogénné redukálódik. A talajból távozó nitrogén gázok kb. 10%-ka dinitrogén oxid.

Régen úgy gondolták, hogy denitrifikáció káros folyamat, mert csökkenti a talaj nitrogéntartalmát. Ezért is erőltették a talaj fokozott szellőztetését, hiszen a talajlazítás során felvett oxigén csökkenti a denitrifikálók aktivitását. Valaki úgy gondolhatná, hogy ez nagyon jó, így legalább kevesebb dinitrogén oxid kerül ki a levegőbe. Ám ha a denitrifikáció nem távolítja el a fölösleges nitrogént, akkor a nitritek, nitrátok a talaj és talajvíz, majd élővizek nitrátosodásához járulnak hozzá.

A denitrifikáció szerepe azonban pont azáltal nélkülözhetetlen, hogy az ember mesterségesen fixál nitrogént a levegőből, s nitrogén műtrágyák formájában azt bejuttatja a talajba. A túlzott műtrágya használat vezet a nitrogén fölösleghez, s fokozódó denitrifikációs aktivitáshoz. Végül tehát így lesz a műtrágyázásból fokozódó üvegházhatás. Ha pedig ezt a rossz tulajdonságot szeretnénk az oxigén jelenlétével kiküszöbölni, akkor, pedig éppen több szenet mobilizálunk.

Természetesen az ember okoskodása mindenképpen megtöri az ökológiai rendszerek (kibernetikus nyílt rendszerek) önszabályozási mechanizmusain. Sokan gondolják úgy, hogy a légkörben halmozódó széndioxid, vagy a talajban fölöslegben lévő nitrogén, mint alapvető alkotói a szerves anyagoknak, fokozni fogják a szervesanyag termelést. Ez azonban a különböző tápanyagok felvételének egymás általi limitáltsága miatt nem így van. Pl. hiába igyekeznek géntechnológusok rávenni növényeinket a nitrogén fixációra, ha a fixálható mennyiséget limitálja a magas energiaigény, a molibdén, vas, kén elegendő jelenléte, vagy éppen a folyamat oxigén érzékenysége. A növekvő széndioxid koncentráció maga is limitáló tényező a talajban, mert gátolja a növények víz, kálium, nitrogén, foszfor, kalcium és magnézium felvételét.

Az agrotechnikai műveletek nemcsak a talaj biodinamikájának megzavarása miatt járnak széndioxid kibocsátással, hanem közvetett módon is a szén mobilizációjához vezetnek. A közvetve előidéztet folyamatok közül a talajpusztulást (defláció, erózió), s a vizes területek lecsapolását kell megemlíteni, mint az időlegesen raktározott szén mobilizációjának a forrását.

Az agrotechnikai műveletek legkézenfekvőbb összefüggése a széndioxid kibocsátással a műveletek végrehajtásához használt fosszilis energiahordozó elégetése. Nem ennyire nyilvánvaló azonban, hogy a gépek üzemeltetéséhez használt hajtóanyagok, kenőanyagok virtuális széndioxid kibocsátást is itt kellene számba venni, hasonlóan a virtuális energiafelhasználáshoz az energiamérlegben.

A széndioxid mérleghez tartozik a természetéshez szükséges műtrágya, szerves-trágya, és növényvédőszer előállítás, szállítás, kijuttatás látható és virtuális energia-felhasználására eső széndioxid kibocsátás is. Illő számba venni az összes szállítási út és eszköz energiaigényét reprezentáló, továbbá a logisztikai műveletek és létesítmények látható és virtuális energiafelhasználásának széndioxid kibocsátását.

Ezután kell számolni a primer mezőgazdasági termékek konverziójának energiaigényére adódó széndioxid kibocsátással. Ez az átalakítási utak milyenségével, szakaszainak számával és hatékonyságával változik. Jól látható az etanol estében, hogy mennyire fontos a virtuális kibocsátások számbavétele is a teljes életcikluson keresztül. Az etanol elégetésénél kiemelik annak alacsony széndioxid kibocsátást, ám nem számolják, hogy az alkoholos erjedésnél már elszállt a maradék. Az anyagmegmaradás törvényét azért nem kellene megcáfolni!

Ezt követi a létrehozott, közvetlenül hasznosításra szolgáló hajtóanyag elégetése közben keletkező széndioxid mennyiségének figyelembe vétele a mérlegben.

Az energiámérleghez hasonlóan nehéz, de egyáltalán nem jelentéktelen kérdés, hogy hol számoljuk el azoknak az energia-befektetéseknek a széndioxid terhelését, amelyeket azért kell megtennünk, hogy a létrejött közvetlen és közvetett környezeti károkat orvosoljuk?

Ezek után térhetünk vissza a bevezetőben feltett három kérdés megválaszolására. Az nyilvánvaló, hogy magának a hajtóanyagoknak az elégetésekor annyi szénét égetünk el, mint amennyit a biomasszát reprezentáló hajtóanyag megkötött. A teljes biomassa nem kerül teljes mértékben elégetésre, pl. lehullott levelek, gyökerek, stb., a talajban bomlanak le, s nagyjából egyensúlyba kerülnek a megkötést, kibocsátást illetően. Hangsúlyozni kell azonban, hogy a talajban időleges tárolásra kerülő szénkészlet lényegesen kevesebb, mintha a biomasszát teljes egészében a talaj hasznosítaná, s ezzel a mérleg, a kiindulási állapothoz képest pozitív a kibocsátási oldalán. Természetesen az elsősorú érvelés teljesen félrevezető, hiszen megfeledeznek arról, hogy az égetésre kerülő hajtóanyag elégetéséig vezető folyamat széndioxid kibocsátása, még a legrovidebb hasznosítási út esetén is a mérleget szuficitessé teszi a kibocsátás szempontjából. Ezért a második állítás, hogy a biomassa megtermelése, szállítása és elégetése során bocsátunk ki annyi széndioxidot, mint amennyit megkötött növekedése során, teljes képtelenség.

A harmadik állításon, hogy maga a folyamat ugyan nem széndioxid semleges, de a helyettesítésre kerülő fosszilis energiahordozók elégetéséhez képest széndioxidot takarít meg, ezen lehetne gondolkodni.

Mint az ökológiai lábnyom koncepció alapján ismert, energia fogyasztásunk is kifejezhető területben. Ennek alapja két számolási út. Az egyik szerint, mekkora területre van szükségünk ahhoz, hogy a fosszilis tüzelőanyagok elégetéséből származó széndioxidot elnyelje. Míg az un. etanol helyettesítési módszer azt mutatja meg, hogy mekkora területen lehet helyettesíteni ekvivalens mennyiségű fosszilis energiahordozóból származó energiát. Íme Rees és Wackernagel számításainak eredménye.

Energia hordozó	Produktivitás (gigajoule/ha/év)	100 gigajoule/év lábnyoma hektárban
Fosszilis		
-Etanol módszer	80	1,25
-Széndioxid elnyelés	100	1,0
Vízierő (átlag)	1,000	0,1
-alsószakasz	150-500	0,2-0,67
-felsőszakasz	15,000	0,0067
Napkollektor	40,000	0,0025
Napelem	1000	0,1

Forrás: Wackernagel, M.; Rees, W. (1996): Our Ecological Footprint. New Society Publishers

Mint jól látható, az etanol helyettesítési módszernek nagyobb a lábnyoma. Miért? Mert ahhoz, hogy megtermeljük a biomasszát, feldolgozhatóvá tegyük, s feldolgozzuk, ahhoz fosszilis energiahordozókból származó energiára van szükség.

Végül, annak a kérdésnek a feltevése, hogy széndioxid semleges-e a biomassa felhasználása, teljesen értelmetlen, hiszen az egész ökoszisztéma történéseit, s annak ÜVHG következményeit, csak együttesen vizsgálhatjuk. Ebben a megközelítésben számolnunk kell más, a folyamathoz tartozó ÜVHG kibocsátásokkal is, mint amilyen a metánról, dinitrogén oxid, vízgőz, stb.)

A fenti kérdésekkel szemben, viszont jogosan feltehető az a kérdés, hogy a mezőgazdasági szerkezetváltás járhat-e energiafelhasználás megtakarítással, és környezeti teher megtakarítással. Erre a kérdésre a válasz egy feltételes igen, tehát az a kérdés, hogy mi az új szerkezet. Az üzemanyag célú termelés a jelenlegi termelésbe vont fajták területi átrendeződését vonná magával, de nem jelentene művelési-ág változást. Ezzel szemben a művelési ág váltás a szántóföldi növénytermesztésről az energetikai célú fászfűveléssel szembe fordított irányba az előző kultúrákhoz képest javíthatja a környezeti teljesítményt. Itt sem lehet azonban magát a termelés folyamatát a konverzió folyamatától elválasztani.

Néhány következtetés, ajánlás

A megújuló energiaforrások felhasználása környezeti szempontból csak akkor lehet eredményes, ha a megújuló energiaforrásokból származó energiamennyiség helyettesíti a fosszilis energiahordozókból származó energiatermelést, s nem maga is hozzájárul az emberiség rohamosan növekvő energiaigényéhez. Az OECD országok energiafogyasztása harminc év alatt, a hatékonyság növekedése mellett is, 57%-kal nőtt, a nem OECD országok esetében, pedig 124%-kal.

A fentiek értelmében az energiafelhasználás azonnali befagyasztására, majd pedig tervszerű csökkentésére van szükség. A csökkentés az energiahatékonysági intézkedésekből származhat. Az első tíz évben átlag évi 1%-os hatékonyság növekedést, s fogyasztás csökkentést kell elérni, majd a következő tíz évben átlag 0.5%-os hatékonyságnövekedés célkitűzése indokolt. A célkitűzés teljesíthetőségét mutatja, hogy az OECD országok évente átlag 1,1%-os hatékonyságnövekedést könyveltek el az utóbbi harminc évben. A mindenkori energiaforrás felhasználáson belül kell gondoskodni arról, hogy a megújuló energiaforrások egyre növekvő mértékben helyettesítsék a nem megújuló energiaforrásokat. Ezen a téren évente a fennmaradó fosszilis energiahordozók 1%-kának helyettesítést tarjunk követhetőnek.

A megújuló energiaforrások közül a nem kimeríthetők (nap, szél) felhasználást kell előtérbe helyezni a kimeríthetőkkel (biomassza) szemben.

Magyarországot érő napsugárzás energiatartalma több ezerszerese az ország energiaigényének. Tiszta időben a sugárzás intenzitása maximum 900—1000 W/m², amely kedvező a nemzetközileg elfogadott 800 W/m² átlagértékhez mérten. Napenergia hasznosításra az ország egész területe alkalmas, a legkevésbé napos területek az Alpok alja és a kisalföld ÉNy-i része, valamint Szabolcs - Szatmár - Bereg megye, ahol 850 W/m² a sugárzási intenzitás. Az ország többi részén 850-990 W/m².

Az évi 2000-2200 napsütéses óra szám, 280-300 napon tenné lehetővé a napkollektorok használatát. A melegvíz használat 70-75%-át, a fűtési energiaszükséglet 30-35%-át lehetne napenergiával fedezni. Ha pusztán a napsugárzás energiatartalmát nézzük, a jelenlegi PV technológiákkal 320 km²-nyi napelemmel elő lehetne állítani Magyarország villamos-energia szükségletét, elméletben. Ekkora felületméret akár az épületeken is rendelkezésre áll.

Jelen pillanatban a nagy beruházási költségek, s a hosszú megtérülési idő nem teszi versenyképessé a piacon a napenergia felhasználást. A napenergia (aktív és passzív) hőtermelési alkalmazásának legfőbb akadálya eddig, a rendkívüli mértékben támogatott földgázfelhasználás, a 80-as évektől indult erőteljes gázhálózat fejlesztési program volt. A földgáz kedvezményes áfa körbe tartozott, s eredetileg még 2006-ra is 220 milliárd lakossági gázár kompenzációt terveztek.

Annak módja, hogy mind az államot, mind a fogyasztókat megszabadítsuk az egyre növekvő terhektől, s a külső függőségtől is megszabaduljunk, az energiafogyasztás befagyasztása és a fosszilis energiahordozók helyettesítése a nem kimeríthető, megújuló energiaforrásokkal.

A kimeríthető, megújuló energiaforrások felhasználási lehetőségét az azokat megújító természetes rendszerek teljes eltartó-, s tűrő-képességének figyelembe vételével kell megtervezni.

Energetikai célokat szolgáló mező- és erdőgazdálkodási alapanyag-termelés akkor elfogadható:

- Ha a felhasznált területen az előző felhasználással összevetve csökken a környezeti terhelés.
- Ha a teljes életciklusra kivetítve, a virtuális energiafelhasználásokat is figyelembe véve, az alapanyag és az abból történő energiatermelés, valamint a megtermelt energia hasznosítása pozitív környezeti mérleget mutat.
- Javul az energia bevitel, kihozatal aránya.
- Ha, javulnak a biodiverzitási mutatók, mind mennyiségi, mind minőségi vonatkozásban.
- Ha, tájhonos fajok kerülnek haszonvételbe, kizárva az invazív és genetikailag módosított fajokat.
- Ha az eredeti ökológiai feltételeknek (talaj, vízháztartás, klíma) megfelelő, az azokat megtartó természetstechnológia kerül kiválasztásra, amely nem csökkenti az adott ökológiai rendszer megújuló-képességét.
- Ha a használat célja, és eredménye bizonyítottan előnyösebb társadalmilag a megelőző használatnál.
- Ha a hasznosítás nem hoz hátrányba társadalmi csoportokat, azaz az energetikai hasznosítással összefüggésben nem sérülnek az alapvető szükségletek kielégítésének lehetőségei, s nem nő a társadalmi polarizáció.

A megadott szempontok alapján ki kell dolgozni a különböző biomassa hasznosítási módok fenntarthatósági elemzésének modelljét, s elemzések útján kell meggyőződni a feltételek teljesüléséről. Csak a teljes életciklusban pozitív társadalmi és környezeti eredményt hozó hasznosítási módokat szabad engedélyezni.

Zárszó

Képzeljük el, hogy a biomassa termelés és átalakítás energiaigényét ugyancsak biomasszából nyert energiából elégítjük ki, tehát a biomassa minden fosszilis tüzelőanyagot helyettesíteni tud. Ebben az esetben következne be az a forgatókönyv, amely a természetben zajlik, s amelynek során szigorúan szabályozott módon történik a természeti erőforrások termelése, megújulása, ahol is a nettó produkció a napenergia megkötéséből származik. Ez a fenntartható szint az erőforrás használatban, s amelynek nettó produkciója sokkal szerényebb, mint a jelenlegi ember általi igény. A fenntartható társadalomban ezzel kellene megelégedni!

A produkció fokozása az emberiség által csak újabb, a bio-geokémiai ciklus által nem hasznosított energiák bevitelével lehetséges, amennyiben ezt a „túlpörgetést” képes sérülésmentesen tolerálni az élő rendszer. Eddig a rendszert a biogeokémiai ciklus által félretett geológiai raktárakból szerzett fosszilis energiahordozók segítségével vettük rá a gyorsabb produkcióra, most ezekhez adunk még megújuló energiaforrásokat. Ez a kettő így teljes mértékben lehetetlen, a rendszer sérelméhez, szerkezetének és funkciójának változásához vezet.

Mi a helyzet, ha képesek vagyunk arra, hogy a fosszilis energiahordozókat teljes mértékben helyettesítsük. Ebben az esetben a túlpörgetéshez szükséges energiát megújuló energiaforrásokból fedezzük, s már csak az a fontos kérdés marad, hogy túlpörgethető-e a rendszer?

A rendszer túlpörgetése annak sérelme nélkül nem lehetséges, mert, mint látható a különböző folyamatok egymást bonyolult szabályozó mechanizmusokon keresztül limitálják. Ha a rendszer

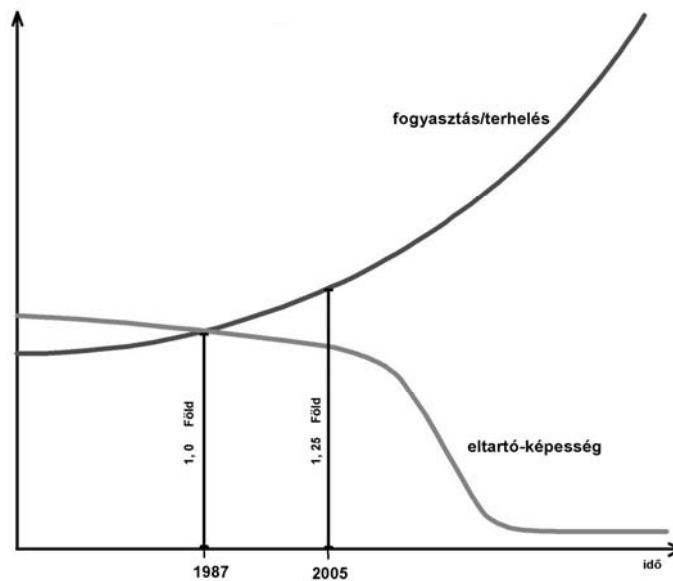
sérelme nélkül lehetséges lenne a felpörgetés, akkor ezt már maga a rendszer is megtette volna, hiszen a napsugárzás fölösleges mennyiségét nem hagyta volna kihasználatlanul.

A jövőre nézve az emberiség előtt három forgatókönyv áll az erőforrás-használatot illetően.

Az ökológiai lábnyom számítások (Rees: Global Ecological Footprint Network; WWF Élő Bolygó Index) szerint a Föld ökológiai eltartó-képességét 1987 környékén meghaladtuk. Ez után már a jövő generációk előtt fogyasztjuk az erőforrásokat, ráadásul csökkentjük a környezeti eltartó-képességet, s ezzel már nemcsak a kimeríthető erőforrásokat éljük fel sebesen, de a megújuló megújulási lehetőségét is tönkretesszük.

1. forgatókönyv: Az összes anyag és energiafelhasználás a jelenlegi ütemben nő, s ezzel párhuzamosan nőnek a környezeti terhek is.

Eredmény: Nő a gazdaság, nő a hatékonyság, a hatékonyság ellenére nő az összes környezeti terhelés. Az eltartó-képesség rohamosan csökken, a növekedés nem fenntartható, a társadalmi összeomlás bekövetkezik.

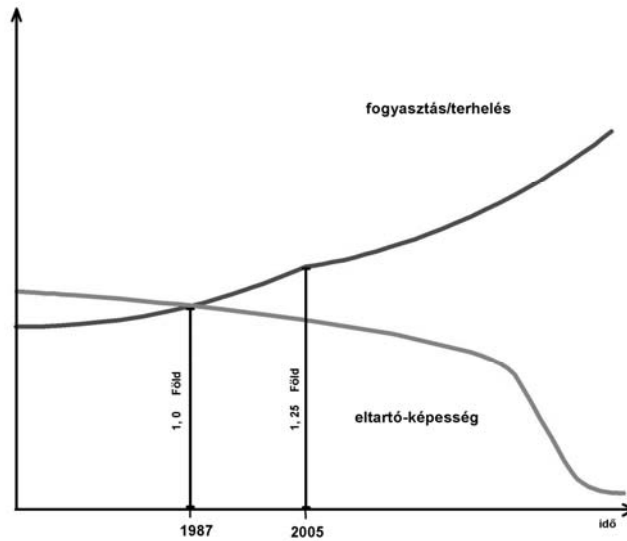


1. ábra: Jelenlegi út – várható jövő

Forrás: Ökológiai Intézet, 2005.

2. forgatókönyv: Növeljük az ökohatékonyságot, többet termelünk kevesebből.

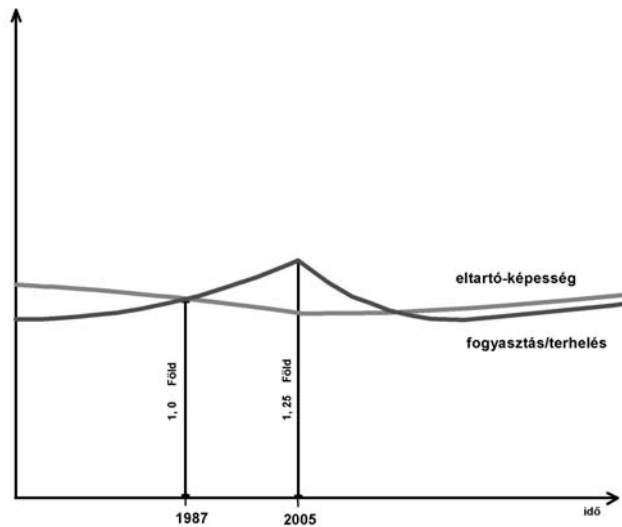
Eredmény: A hatékonyság javulásának ellenére nőni fognak a környezeti terhek és az összes anyag és energiafelhasználás, mert a hatékonyság növekedését túlszárnyalják a növekvő igények, az emberiség növekvő létszáma. Az eltartó-képesség folyamatosan, de nem oly meredeken csökkenni fog, s a növekedés fenntartása nem lehetséges, az összeomlás ideje későbbre halasztódik.



2. ábra: Ökohatékonyági út – várható jövő
 Forrás: Ökológiai Intézet, 2005.

3. forgatókönyv: A jelenleginél alacsonyabb szinten limitáljuk a környezet terhelését (legalább 25%).

Eredmény: A gazdasági növekedés átmenetileg visszaesik, a hatékonyság növelésére megnő az igény. A növekvő hatékonyság újraindítja a gazdasági növekedést. A gazdaság a hatékonyság bővülésének mértékében növekedhet. A környezet eltartó-képessége regenerálódik, s nő. A növekvő eltartó-képesség és a hatékonyság egymást támogatják, s meghatározzák a gazdasági bővülés mértékét.



3. ábra: Fenntarthatóság – várható jövő
 Forrás: Ökológiai Intézet, 2005.

A fenntarthatóság érdekében tehát csökkenteni kellene a jelenlegi fogyasztás/terhelés mértékét, mégpedig az eltartó-képesség feltételezett szintje alá. Ezt minél hamarabb, lehetőleg még ma

meg kellene tenni, de a világban végbemenő folyamatokat tekintve ez teljesen irreális. A józan megfontolás azt mondaná, hogy fokozatosan csökkentjük az erőforrás-fogyasztás/ terhelés mértékét, pl. húsz éves távlaton. A kérdés persze, hogy van-e erre elegendő időnk, van-e még húsz, akárhány év haladékunk. Ti., ha átléptük az eltartó-képességet, akkor annak csökkenése miatt, a kitűzött időben nagyobb mérvű csökkentést kellene végrehajtani, mint az azonnali csökkentési szükség.

Jó lenne belátni, hogy az energiafelhasználás csökkentésének nincs alternatívája!

Irodalom

- Adatok hazánk környezeti állapotáról (KvVM, 2004)
- A bioetanolnak szüksége van biotechnológiára. Zöld Biotechnológia, 2006/9.
- A Bizottság Közleménye: A biomasszával kapcsolatos cselekvési terv. COM(2005)628
- European Commission: Green Paper for a Community Strategy: Energy for the Future: Renewable Sources of Energy COM(96)576
- European Commission: Energy for the Future: Renewable Sources of Energy, White Paper for a Community Strategy and Action Plan Com(97)599 final (26/11/1997)
- Gergely K. - Varró L. (2004): Megújuló energiaforrások Magyarországon – gazdaságossági vizsgálat. ÖKO XII. 1-2.
- Gonczi A. - Kazai Zs. - Körös G. (2005): Új utak a mezőgazdaságban. Energia Klub
- Grasselli G. - Szendrei J. (2006): Fás szárú energetikai ültetvények és hasznosításuk. Östermelő. 3.
- Háttér tanulmány a Nemzeti Fejlesztési Terv II. Környezeti Operatív Programjának környezetbarát energetikai beruházások prioritásaihoz (Megújuló Energia Ipari Társaság, 2006)
- INFORSE Europe response to Review of EU biofuels directive (Public consultation exercise, 2006)
- Janowszky, J.; Janovszky Zs. (2006): A szarvasi-1 energiafű fajta – egy új növénye a mezőgazdaságnak és iparnak. Östermelő. 3.
- Környezet és Energia Operatív Program. KvVM, társadalmi vitaanyag 2006.
- Lukács J. (2006): A mezőgazdaságban termelhető alternatív energiaforrások. Östermelő. 3.
- Papp S - Kümmel R.(2005): Környezeti Kémia. Veszprémi Egyetemi Kiadó.
- Schmitz, N.; Henke, J. (2005): Innovation in the Production of Bioethanol and their Implications for Energy and Greenhouse Gas Balances.
- Szabó I. M. (1986): Az általános talajtan biológiai alapjai. Mezőgazdasági Kiadó.
- www.forestpress.hu
- www.greeninfo.hu
- www.genet-info.org
- www.biogas.hu
- www.biogaz-forum.hu
- www.zoldtech.hu
- www.omgk.hu
- www.kekenergia.hu
- www.foek.hu
- www.mgmt.hu
- www.cast-science.org
- www.technologyreview.com
- www.indymedia.hu