

DR. KISS SÁNDOR

## **ATOMERŐMŰ VAGY ALTERNATÍV ENERGIA, A BIOMASSZA**

### **NUCLEAR POWER STATION OR ALTERNATIVE ENERGY, THE BIOMASS**

---

A japánban pusztító cunami — 2011 márciusa is rávilágított az atomreaktorok környezetszennyező veszélyeire, elképzelések szerint Japánban akár 48-50 atomreaktor kiváltható lenne biológiai eredetű alternatív energiaforrásokkal. A biomassza — mint az alternatív energiaforrások egy legjelentősebb eleme — szén, hidrogén és oxigén alapon nyugszik. Öt alapvető forrásból nyerhetünk bioenergiát, szerves szemét, fa, papírhulladék, biogáz, és alkohol. Ezek felhasználásával jól alkalmazható energiahordozók állíthatók elő, mint például metángáz, etanol és biodízel.

---

„Since the tsunami crippled the Fukushima Daiichi complex and triggered a release of nuclear material in March 2011, Japan has been forced to idle 48 of its 50 working reactors and import record levels of fossil fuels to compensate.”<sup>1</sup> „Biomass is carbon, hydrogen and oxygen based. Biomass energy is derived from five distinct energy sources: garbage, wood, waste, landfill gases, and alcohol fuels. Biomass can be converted to other usable forms of energy like methane gas or transportation fuels like ethanol and biodiesel.”<sup>2</sup>

---

Napjaink történései között fellelhetünk számos olyan katasztrófát, balesetet, amelyek ismételten felhívják a figyelmet az energiahordozók alkalmazásával, előállításával kapcsolatos veszélyekre. Kapcsolhatjuk ezt a témát a környezetvédelemhez, az energiaszükséglethez, az iparosodáshoz, a gépjárművek és egyéb közlekedési, szállítóeszközök mérhetetlen elszaporodásához, a háztartások fokozódó energiaigényéhez is. Sajnos ismét megrendült a bizalom az atomerőművek nyújtotta energia iránt is. Pontosabban, nem az energia iránt, inkább az ily módon működő energiaforrás-

---

<sup>1</sup> By Chico Harla, In Japan, need of fossil fuels pushes climate-change targets to back seat, Washington Post, October 20, 2012

<sup>2</sup> Forrás: <http://en.wikipedia.org/wiki/Biomass>

---

---

ok iránt. Most, ismét, és egyre többször esik szó a megújuló energiaforrások kérdéséről, az ezekben rejlő lehetőségekről. Ezeket az energiaforrásokat szokták alternatív megoldásként, lehetőségként is nevezni, mivel jelenleg még nem terjedtek el oly mértékben, hogy jelentős hányadát képezzék az energia ellátásnak.

Írásomban az alternatív energiaforrások közül a biomasszával foglalkozom, mint az egyik legkönnyebben előállítható energiaforrással. Bár viszonylag nagy az anyagigénye. Az alternatív energiaforrások kihasználása több akadályba ütközik, ezek között vannak gazdasági, technológiai, gazdaságpolitikai és szimpla politikai érdekek is. Így aztán kijelenthetjük, hogy az alternatív energiaforrások kihasználásának „elég gyenge lábakon áll az alternatívája”. Az alternatív energiaforrások jelentősége, hogy használatuk összhangban van a fenntartható fejlődés alapelveivel, és nem okoznak környezet szennyezést.

## **1. Az alternatív energiaforrásokról általánosságokban**

Alternatív energiaforrások azok az energiahordozók, amelyekből a jelenleg használatos szénhidrogének alternatívájaként valamilyen energiát (hő-, mozgási-, villamos energia) tudunk kinyerni. A kőolaj, a földgáz, a szén és az urán a nem megújuló energiafajták közé tartoznak. Ezek az energiafajták adják jelenlegi energiafelhasználásunk csaknem teljes részét, azonban, ahogy ezek neve is mutatja, készletük korlátozott, újratermelésükre nincs lehetőség, vagy az olyan lassú, hogy belátható időn belül a készletek megújulására nem számíthatunk.

Vannak viszont olyan energiafajták, melyek folyamatosan újratermelődnek. Ezek az alternatív energiák (megújuló energiák): a napenergia, szélenergia, vízenergia, biomassza és a geotermikus energia. A fosszilis energiahordozó készletek végesek, ugyanakkor, ha növekvő energiaigényünket kizárólag ezek felhasználásával akarjuk kielégíteni, az a környezetszennyezés további fokozásával jár. Az sem mindegy, hogy a jelentős részben importnyersanyagra épülő magyar energiaipar mennyiért szerzi be az energiát. Sajnos Magyarország lemaradása óriási, a gazdaságos módon kinyerhető energia felhasználások terén. Nálunk is előbb-utóbb komolyabb lépéseket kell tenni a megújuló energiaforrások fel- és kihasználásának fokozása terén.

Megújuló energiaforrásnak nevezzük azon természeti jelenségeket, melyekből az energia úgy nyerhető ki, hogy jelentősebb emberi beavatkozás nélkül legfeljebb néhány éven belül az újratermelődik.

A gyors növekedés idején mind a nyersanyagokkal, mind az energiahordozókkal rendkívül pazarló módon gazdálkodtak, akkoriban úgy tűnt, hogy a tudományos felfedezések és a műszaki találmányok minden létező és felmerülő problémára kínálnak megoldást. Napjainkban a befektetések jó része egyre jobban a megújuló energiákat alkalmazó vállalkozások felé orientálódik. Egyetlen módon menthetjük meg környezetünket és válhatunk függetlenné a fosszilis energia hordozóktól, ha rendületlenül kutatjuk, keressük az alternatív energiaforrásokat.

Az alternatív energiaforrások tulajdonsága, hogy környezetkárosító hatásuk elenyésző a fosszilis energiahordozókhoz képest és folyamatosan, akár generációkon át kinyerhetők a természetből. A jövőbeni felhasználhatóságuk lényege, hogy otthoni körülmények között is használhatók legyenek.

A jogszabályalkotóknak és a hatóságoknak minden eszközzel támogatniuk kellene az idevonatkozó technológiák bevezetését és elterjedését.

Az alternatív energiák népszerűsítésének kerékkötője maga az energia lobb, a többnyire külföldi kézben lévő energia szektor, akiknek elsődleges célja saját profitjuk folyamatos növelése nem pedig hazánk környezetének védelme és energiaszektorunk korszerűsítése.

Az egyik kapcsolódó kérdés: miért nem váltják ki megújuló energiaforrásokkal például a paksi atomerőművet?

A zöld szervezetek leggyakrabban elhangzó állítása, hogy a paksi atomerőmű kiváltható „olcsóbb, tisztább és rugalmasabb” megújuló energiaforrásokon alapuló kisebb erőművekkel, így például az üzemidő-hosszabbításra sincs szükség, szerintük.

Ellenpélda: 2005-ben Magyarországon mintegy 1700 GWh villamos energiát termeltek megújuló energiaforrásokból (a környezetvédeők által nem támogatott vízerőműveket is beleértve), ez a hazai villamosenergia-felhasználás kb. 4,5%-át adja. Ez a részarány a jövőben bizonyosan jelentősen nőni fog, de így sem lesz elég az atomerőmű kiváltásához.

Arra kellene tehát törekedni, hogy az elavult, környezetszennyező fosszilis erőművek kiváltásában vegyenek részt a megújuló források.

Az atomerőmű kiváltása már csak azért kétséges jelenleg, mert Paks alaperőműként üzemel, a megújulók azonban — a vizet és a bio-

---

---

masszát kivéve — nem használhatók alaperőműként a meteorológiai viszonyok és a napszakok által okozott nagy termelésingadozások miatt. Németországban például 2003-ban a szélkerekek átlagos kihasználtsága mindössze 16% volt, amely igen egyenlőtlenül oszlott el: néhány óra alatt akár több ezer MW-nyi termelésváltozás is adódhatott az időjárás változékonysága miatt.

A szél- és naperőművek nem a fogyasztói igények, hanem az időjárás szerint állnak rendelkezésre. Ezek kapacitásának növelése nem teszi lehetővé, hogy a hagyományos – főként fosszilis tüzelésű – energetikai kapacitásokat csökkentjük. A szélturbinák és napelemek mellett 80-90%-nyi tartalékkapacitást kell készenlétben tartani, hogy kedvezőtlen időjárási körülmények között is kielégíthessük a villamos energia igényeket. Emiatt természetesen az amúgy sem alacsony kW-onkénti létesítési költségek és az áramtermelési költségek is megnőnének a megújuló energiaforrások használata esetén.

A geotermikus energiaforrások tekintetében Magyarország igen szerencsés: az ország alatt a Föld hőmérsékletének növekedése kétszerese a világban mérhető átlagnak, ennek azonban elsősorban a lakások fűtése szempontjából lehet jelentősége, a villamosenergia-termelés csak igen kis hatásfokkal, néhány száz MW teljesítményig lenne megvalósítható.

Magyarországon jelentősebb energetikai szerepe ezek alapján a biomassza-tüzelésnek lehet, amely ugyan drágább megoldás az atomerőmű áramánál, de kiépítésével közép és hosszú távon érdemes foglalkozni. A számítások szerint azonban ebből nem érhető el akkora kapacitás, ami ésszerűen és gazdaságosan képes lenne a paksi blokkok kiváltására. Különösebb bizonygatás nélkül is kimondhatjuk, pillanatnyilag (és ez a pillanat akár néhány évtizedig is tarthat még) a megújuló energiaforrásokra a jövőben nagy feladat hárul, de nem az atomenergia helyett, hanem mellette!

## **2. A meglévő atomerőművek — így a paksi atomerőmű — lehetőségei, további szerepük az energiaellátásban**

Az egyik — s talán legfontosabb — lehetőség a működő atomerőművek vonatkozásában az üzemidő meghosszabbítása. A téma a felgyülemlett és újabban jelentkező nemzetközi problémák ellenére napirenden van,

illetve egyelőre nem létezik másik alternatíva pl. Magyarország elektromos energiával — legalább jelenlegi szinten — történő ellátásában sem.

Az üzemidő-hosszabbításhoz elengedhetetlen a lakosság bizalma, támogatása. A Paksi Atomerőmű Zrt. megbízásából készített reprezentatív felmérés szerint az atomenergia támogatottsága Magyarországon kiemelkedően magas, évek óta 70% körüli, és a 2003. áprilisi üzemzavart követően sem csökkent (2004-ben és 2005-ben 75% volt). A lakosság támogatása és bizalma jó alap a nukleáris energiatermelés további folytatására.

Ezt a magas támogatottságot támasztja alá a 2005 elején az Európai Unió által elvégzett Eurobarometer közvélemény-kutatás is, amely eredménye szerint az EU-n belül Magyarországon a legnagyobb a nukleáris energetika támogatottsága. (A megkérdezettek 65%-a „teljes mértékben támogatja”, vagy „inkább támogatja” az atomerőművekben előállított energiát. Hasonlóan nagy a társadalmi támogatás Svédországban, Csehországban, Litvániában, míg az osztrákok, görögök és ciprusiak mintegy 80-90%-a ellenzi a nukleáris energiát.) A széles körű felmérés szignifikánsan kimutatta, hogy az atomenergetikával kapcsolatban jobban informált csoportok esetében a támogatottság is magasabb.

Tudjuk, hogy a legutóbbi japán atomerőmű rongálódás (amely földrengések és szökőár következtében alakultak ki) egy kissé aláásták az atomerőművek iránti bizalmat sok helyen. Voltak tüntetések is ezekkel kapcsolatban, illetve néhány erőművet be is zártak hosszabb-rövidebb időre, de a lényeg nem sokat változott. Szükség van rájuk, ilyen rövid idő alatt nem lehet kiváltani őket. Talán kár is lenne elfecsérelni azt a sok pénzt, amit beléjük öltek.

Néhány adat a nemzetközi viszonylatokról. Jelenleg közel 440 blokk üzemel a világon, összteljesítményük 380 ezer megawatt körül van. Az összes villamosenergia-termelés 17%-át atomerőművek adják. A szakmai prognózisok szerint 2030-ra 630 ezer MW lehet a beépített kapacitás. Nukleáris részarányt és blokkszámot most még nehéz adni. Az építendő blokkok zömmel 1000 MW feletti lesznek, de nem szűnik meg a kisebb blokkok létjogosultsága sem.

Az Egyesült Államokban száznál több blokk üzemel, a nukleáris részarány 20% körül van. Igen előrehaladott az üzemidő-hosszabbítási tevékenység, egyébként innen is indult ez az eljárás. Hatvannál több blokkot érint már az engedélyeztetési eljárás, nagy részük meg is kapta a további húsz évre szóló üzemeltetési engedélyt. Jól halad a kombinált építési és üzemeltetési engedélyek beszerzése is.

---

---

Ennek lényege, hogy akkor adja ki a nukleáris hatóság, ha előzetesen a beruházó bizonyítja a blokk megfelelőségét a műszaki, biztonsági és környezetvédelmi előírások terén. Ha ez sikerül, akkor a kiadott kombinált építési és üzemeltetési engedélyben rögzítik az építkezés megkezdésének legkorábbi és legkésőbbi időpontját és egyéb feltételeit. Mindez azt jelenti, hogy a beruházók előre lefoglalhatnak bizonyos telephelyeket, és időben rugalmasan építhetik meg a blokkokat.

Kína és Oroszország is mintegy 30-40 ezer MW új kapacitást kíván üzembe helyezni a következő 30 évben. Az egyik ország elismert tervező és gyártó, a másik a világ legnagyobb piaca. Kínában jelen van az orosz, a francia és a kanadai technológia, de saját maga is fejleszt nukleáris blokkokat. Japán és India, illetve Dél-Korea épít és tervez építeni több tízezer megawattnyi kapacitást a következő évtizedekben. Látható, hogy a hangsúly a keleti beruházásokon van, de hamarosan bekövetkezik az amerikai boom is. Ennek hatására várhatóan Európában is új blokkok épülhetnek. A klímavédelmi törekvések is rávilágítanak az atomenergia előnyeire.

A beruházások megvalósítása differenciált lesz, hiszen minden országban mások a törvények és az előírások (kormányzati döntés vagy népszavazás, saját finanszírozás vagy nemzetközi hitel, ismert vagy új típusú blokk legyen), így jelentős eltérések lehetnek az engedélyeztetés és a megvalósítás során. Nagyon gyorsan kell dönteniük az építeni szándékozó országoknak, mivel a tervezői és gyártói kapacitás véges. Sorba kell állni az üzemanyaggyártó cégeknél is, időben be kell jelenteni az igényeket. El kell kezdeni a majdani üzemeltető személyzet képzését, fenn kell tartani és modernizálni kell a hatósági rendszereket, folyamatosan konzultálni kell a társadalom különböző rétegeivel. Az eddig nukleáris technikával nem rendelkező országoknak előzetesen tájékozódniuk kell szomszédjaik várható reakcióiról. A kérdés tehát összetett, de kezelhető. Az atomenergia nem mellőzhető a világ energiaéhségének kezelésében, de meg kell találni hozzá azokat az energiatermelési módokat, amelyekkel együtt megóvhatják környezetünket. Ebben segíthetnek — idővel jelentősebb mértékben — a megújuló energiák.

### **3. A megújuló energiákról**

Megújuló energiaforrások alatt azokat az energiaforrásokat értjük, amelyek hasznosítása közben a forrás nem csökken, hanem azonos ütemben

újratermelődik, vagy megújul. Az iparosítást megelőző időkben — és a fejlődő országok nagy részében ma is — az emberiség energiaellátása főként megújuló energián alapult (vízimalmok, szélimalmok, fatüzelés, mezőgazdasági melléktermékek tüzelése stb.)

A megújuló energiaforrások felhasználása igen sokoldalú lehet. Hagyományosan legfontosabb alkalmazási területük az alapvetően fűtési célú hőenergia termelés, az utóbbi időben azonban a villamos energia termelés vált hangsúlyossá, és a jövőben várhatóan jelentős szerepet kapnak a járművek üzemanyagaként való felhasználásban is.

Nemzetközi osztályozás szerint négy megújuló energiaforrás létezik: a Nap, a Föld forgási energiája, a gravitáció és a geotermális energia<sup>3</sup>.

A hétköznapi értelemben vett megújuló energiaforrások közvetlenül vagy közvetett módon a Napból származnak. A napenergiát közvetlen módon három területen hasznosíthatjuk: napkollektorokkal a fűtés és használati meleg víz készítés területén, napelemekkel elektromos áram előállításához — mindkét esetben technológiai berendezésekről beszélünk — valamint az építészetben az ún. passzív napenergia-hasznosítással. Közvetett módon a napenergiából származik a szél, a víz, a biomassza, és a tenger hullámok energiája. Léteznek időjárástól függő (pl. nap, szél) és időjárás független (pl. geotermikus) megújuló energiaforrások.

Az 1. sz. ábra bemutatja, hogy egy szakértői csoport számításai szerint a legfontosabb megújuló energia fajták éves elméleti potenciálja hogyan aránylik az emberi társadalom éves összes energiafelhasználásához. Látható, hogy a Napnak a Földre beeső sugárzása olyan állandó energiaforrást jelent a Föld számára, amelynek energiamennyisége 17.000-szer nagyobb, mint az emberiség teljes energia felhasználása. (Egyes számítások szerint a Föld sivatagaira jutó napsugárzás kb. 1%-ával ki lehetne váltani a teljes fosszilis energiahordozó-felhasználást.) Emellett a rendelkezésre álló szélenergia, óceán energia és biomassza energia potenciál is egyenként meghaladja az emberiség jelenlegi energiaszükségletét.

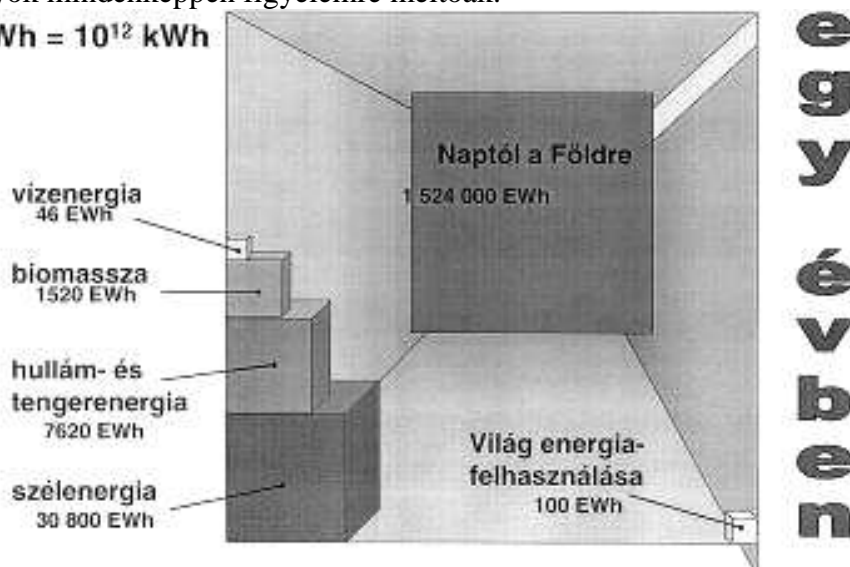
Nyilvánvaló, hogy a technológiailag és gazdaságilag hasznosítható potenciál lényegesen alacsonyabb az ábrán bemutatott elméleti aránynál

---

<sup>3</sup> „Geotermikus energia, geotermális anomália: tágabb értelemben a Föld belsejében keletkező, a földi hőáramban meghatározott szintig feljutó és ott a kőzetekben, ill. a pórusvízben tárolódó termikus energia mennyiség.” Környezetvédelmi lexikon I. A-K, Akadémia Kiadó, Budapest, 1993, 342. oldal.

(erre vonatkozóan is készülnek különböző szakértői becslések), de az arányok mindenképpen figyelemre méltóak.

1 EWh =  $10^{12}$  kWh



1. sz. ábra

A legfontosabb megújuló energiák potenciálja és az emberi társadalom energiafelhasználásának aránya<sup>4</sup>

A megújuló energiák alapvetően két fő forrásból származnak: a napenergiából és a geotermikus energiából. A napenergia hasznosítás egyrészt történhet közvetlenül, különféle technikai eszközök segítségével, másrészt közvetve a fotoszintézis folyamatán keresztül. A különböző országok eltérő természeti adottságai más-más megújuló energiahasznosítási lehetőségét biztosítják. A továbbiakban tekintsük át a Magyarország számára fontos megújuló energia fajtákat és legjellemzőbb alkalmazási területeiket, kiemelve a magyarországi hasznosítási lehetőségeket.

#### 4. A biomassza

„Biomassza: biológiai eredetű szerves-anyag tömeg... A biomassza hasznosítás fő iránya az élelmiszer-termelés..., az energetikai hasznosí-

<sup>4</sup> Forrás: Megújuló energiaforrások az EU-ban és Magyarországon, kamarai kiadvány, 6. oldal. 2010. április 15.



tás...”<sup>5</sup> A biomassza a Föld felületén egyenetlenül oszlik el. A sarkok felől az egyenlítő felé az élőlények tömege, fajtáinak száma növekszik. Az éghajlattól függően eltérő az élővilág sűrűsége, vagyis a biomassza mennyisége a Föld egyes területein. Energetikai célokra szinte kizárólag a növényi anyagokat (fitomassza) hasznosítjuk, míg az állati eredetű biomasszát (zoomassza) csak kevés esetben. Ez utóbbira lehet példa, amikor pl. vágóhídi hulladékot kevernek növényi anyagokkal biogáz-termelés céljából. Az energetikai célra hasznosított biomasszát legalább kétféleképpen csoportosíthatjuk. Egyrészt az anyag halmazállapota szerint, másrészt pedig a keletkezési hely, vagy eredet szerint. Halmazállapot szerint beszélhetünk szilárd, folyékony és gáznemű biomasszáról (1. sz. táblázat).

szilárd	fásszárú növények (természetes és ültetvényerdők), lágyszárú növények (szalma, nád, energiafű stb.)
folyékony	hígtrágya
gáznemű	szerves eredetű metán (depóniagáz, biogáz)

1. sz. táblázat. A biomassza csoportosítása halmazállapot szerint

A biomassza származási helye szerint pedig az alábbi csoportokat különböztetjük meg:

- elsődleges biomassza: a teljes földi növényzet, a napenergia felhasználásával, fotoszintézis révén keletkezik;
- másodlagos biomassza: az állati eredetű biomassza, mely alapvetően az elsődleges biomasszából keletkezik, annak lebontásával, majd újraépítésével. (különböző állati szerves trágyák);
- harmadlagos biomassza: a biomasszák feldolgozásával, illetve felhasználásával összefüggően keletkező biomasszaként kezelhető anyag, mely különböző idegen anyagokat is tartalmazhat (pl. élelmiszer és különböző szerves, humán eredetű hulladékok).

A fentiekből látható, hogy a biomassza, mint fogalom, még az energetikai értelmezésben is rendkívül összetett, többféle alapanyagot és technológiát takar.

A biomassza energetikai célú hasznosítása előtt meg kell fontolni, hogy — a felhasználandó növényi alapanyag típusától függően — mekkora részt hasznosítunk energetikai célra, és mekkorát élelmiszertermelésre. A növényi alapanyagokat ugyanis valahol meg kell termelnünk.

<sup>5</sup> Környezetvédelmi lexikon I. A-K, Akadémia Kiadó, Budapest, 1993, 130. oldal.

---

---

Ez a legtöbb esetben korábban élelmezési célra hasznosított területen történik. Tévhit ugyanis az, hogy nagy tömegű, energetikai célú termelést a művelés alól kivont, rosszabb minőségű területeken is folytathatunk. Az energetikai célú növénytermesztésnek, az élelmiszercélúhoz hasonlóan alapvető eleme a gazdaságosság, vagyis egységnyi területen a lehető legnagyobb tömeghozam elérése a cél, minél rövidebb idő alatt, minél hatékonyabban. Ehhez ugyanúgy jó talajadottságú termőterületekre van szükség, a rosszabb minőségű területeken alacsonyabb hozam mellett csak kiemelt földalapú támogatással éri meg termelni.

Más kategóriát képvisel a növénytermesztésből és állattenyésztésből származó melléktermékek, hulladékok hasznosítása. Itt természetesen nincs konfliktus az élelmiszer- és az energetikai célú termelés között, hisz a hulladékok ártalmatlanításával egy nagyon fontos környezetvédelmi célt is sikerül elérni. A mezőgazdasági eredetű hulladékok viszont az ország energiaigényéhez képest csak csekély energetikai potenciált képviselnek.

A biomassa alkalmazása körüli ellentmondásosság másik forrása a környezetvédelmi okokra vezethető vissza. Itt szintén egy tévhit érdemes eloszlatni, mivel a korábban gyakran hangoztatott érv, miszerint a biomassa alkalmazása a CO<sub>2</sub>-kibocsátás szempontjából semleges, sajnos nem állja meg a helyét. Bármilyen növény elégetésekor ugyan valóban annyi CO<sub>2</sub> szabadul fel, mint amit a növény a növekedése során, fotoszintézis útján magába kötött, de egy technológia alkalmazása során a teljes életciklust kell figyelembe venni. Ez azt jelenti, hogy a növény termeléséhez, betakarításához, szállításához, feldolgozásához, a létesítmények építéséhez, a végtermék szállításához, a hulladékok elhelyezéséhez/ártalmatlanításához stb. felhasznált energiát és az abból származó kibocsátásokat is számításba kell vennünk, amikor összehasonlítjuk az egyes technológiákat.

A biomassa-felhasználás tehát soha nem lesz CO<sub>2</sub>-semleges, noha általában nagyságrendekkel kedvezőbb értékeket produkál a fosszilis energiahordozókkal szemben.

Probléma igazából akkor merül fel, amikor a rendelkezésre álló alapanyag-mennyiséget nem hatékonyan, vagyis pazarló módon hasznosítják, és több energiát fektetnek a biomassa előállításába, mint amennyit az egésszel nyerni lehet.

A biomassa-hasznosítás szakmai területe folyamatos mozgásban van. Összetettsége és a fent említett konfliktusok kiküszöbölése okán folyamatos kutatás-fejlesztés zajlik, újabb- és hatékonyabb eljárásokat

dolgoznak ki, melyek rövid időn belül felülírhatják és kiszoríthatják a jelenlegieket. A biomassza hasznosításon belül is vannak azonban olyan területek, melyek meglehetősen nagy hagyományokkal rendelkeznek, és amelyek már ma is magas műszaki színvonalat és hatásfokot képviselnek. Ilyen a szilárd biomassza közvetlen eltüzelése, melyről bővebben szólunk a továbbiakban.

Mielőtt bármelyik technológiát kiemelnénk, érdemes áttekinteni a ma energiatermelési célra leggyakrabban hasznosított alapanyag-típusokat és technológiákat. A 2. táblázat összefoglalja ezeket.

Alapanyag típusa	Feldolgozás technológiája	Nyert energia-hordozó	Halmazállapot	Energia-termelés technológiája	Nyert energia típusa
<b>Lágyszárúak</b>					
szalma, energiafű	aprítás, pelletálás/fermentáció	apríték, pellet/biogáz	szilárd/ gáz	apríték/pelletkazán, gázmotor	hő/hő+vill. energia
nád	aprítás	apríték	szilárd	kazán	hő
<b>Fásszárúak</b>					
hasábfá	aprítás, brikettálás/pelletálás	apríték/brikett/	szilárd	közvetlen tüzelés/faelgázosítás	hő/hő+vill. energia
<b>Olajsnövények</b>					
repce, napraforgó	észterezés	dízelolaj	folyékony	dízelmotor	mechanikus/hő/hő+vill. energia
<b>Gabonanövények</b>					
búza, kukorica	erjesztés+desztilláció	etanol	folyékony	folyékony belső	mechanikus/hő/hő+vill. energia
<b>Magas keményítő tartalmú növények</b>					
burgonya, csicsóka	erjesztés+desztilláció	etanol	folyékony	belső égésű motor	mechanikus/hő/hő+vill. energia

Magas cukortartalmú növények					
Cukor cirok, cukor- répa	erjesztés+ desztilláció	etanol	folyékony	folyékony belső égésű motor	mecha- nikus/ hő/ hő+vill. energia

2. sz. táblázat. Az egyes biomassza-alapanyagok felhasználási módjai<sup>6</sup>

A táblázatból látható, hogy az alapanyagok szinte mindegyike felhasználható hő-, villamosenergia-termelésre, vagy mechanikus/mozgási energia előállítására. A táblázat a lehetőségeket mutatja be, ezért tüntettük fel pl. a bioüzemanyagoknál, az etanolnál és a dízelnél, hogy ezek is felhasználhatók hő- és villamosenergia-termelésre is, akár kisebb-nagyobb erőművekben, annak ellenére, hogy ma döntően gépjárművek meghajtása céljából termelik őket.

#### 4.1 Szilárd

A biomassza a szén, a kőolaj és a földgáz után a világon jelenleg a negyedik helyen áll az energiafelhasználáson belül. Világátlagban a felhasznált energia kb. 10%-át, fejlődő országokban 35%-át biomassza felhasználásával nyerik. A biomassza valamely élettérben egy adott pillanatban jelen levő szerves anyagok és élőlények összessége. Ezek a szárazföldön és vízben található mikroorganizmusok, növények, állatok tömegei vagy már közvetett, transzformáción átesett (ember, állat, feldolgozó iparok) keletkező biológiai eredetű termékek és hulladékok. A biomassza tüzelése, tárolása történhet közvetlen formában (tűzifa, faapríték) vagy mechanikai átalakítást követően. A mechanikai átalakítás leggyakoribb formája a pellett, brikett készítése, amely során a könnyebb kezelhetőség és szállítás céljából a biomasszát háromirányú présekkel összepréselik.

#### 4.2 Folyékony (bioüzemanyag)

A bioüzemanyagok gyártására fordított energia egy igen vitatott téma. A biohajtóanyagok előállítása nem a potenciális lehetőségek, hanem az igények szerint alakul. Az adott bio-üzemanyag előállításának gyártás-

<sup>6</sup> Forrás: Megújuló energiaforrások az EU-ban és Magyarországon, kamarai kiadvány, 10. oldal. 2010. április 15.

technológiai feltételei sem minden esetben tisztázottak. (Marosvölgyi, 2006)

Magyarországon hazai termelésű alapanyagokból 540-660 ezer tonna használható fel biodízel/biogázolaj gyártására, ebből azonban legfeljebb a hazai bekeveréshez szükséges 180-220 ezer tonna motorhajtóanyag állítható elő.

A jelenlegi 83 ezer tonna/év bioetanol gyártási kapacitás több mint tízszeresére növekedhet, a gabonafeleslegből megfelelő gyártókapacitások kiépülése esetén akár 900-1250 ezer tonna bioetanol is megtermelhető lenne belföldön. Azaz közel 1,0 millió tonna etanol előállítására várható mintegy 3,0 millió tonna gabona (főleg kukorica) felhasználásával. Az uniós prognózisok 2010-re 5,6 millió tonna, 2015-re pedig 9,3 millió tonna bioetanol igényről szólnak. Ezzel szemben az EU-ban 2006-ban 1,7 millió tonna bioetanol állították elő.

A biodízel- és bioetanolgyárak területi elhelyezésénél, illetve beruházásainál figyelemmel kell lenni az alapanyagbázis rendelkezésre állására, a keletkezett melléktermékeknek lehetőleg helyben történő felhasználására, csökkentve a logisztikai költségeket, amelyek nagy szállítási távolságok esetén jelentősek lehetnek.

### **4.3 Gáznemű (biogáz, depóniagáz)**

A biogáz, mint alternatív megújuló energiaforrás jelentősége növekvő, amely részben az új energiaforrások keresésének, részben a környezetvédelmi gondok enyhítésének is köszönhető. A biogáz részben hulladékból és melléktermékekből, részben speciálisan erre a célra termelt növényekből állítható elő.

A melléktermékek közül fontos szerepet játszanak az állati trágyák és vágóhídi hulladékok, amelyeket a fermentációs folyamat során a biogáz üzemek ártalmatlanítanak is (környezetvédelmi előnyök). Ugyanígy a kommunális hulladékok és szennyvíziszapok biogáztermelés céljára történő felhasználása esetén, ahol azok ártalmatlanítása legalább annyira fontos, mint a belőlük származó energia.

A megfelelő gázkihozatal és hatékonyság eléréséhez azonban a biogáz üzemekbe nagyobb energiatartalmú — elsősorban mezőgazdasági eredetű alapanyagok (silókukorica, cukorcirok, teljes gabonanövény, szár- és rostmaradék stb.) — bevitele is szükséges. A biogáz üzem létesítésénél komplexen szükséges áttekinteni a helyben rendelkezésre álló és kiegészíthető alapanyagbázist, a gázfelhasználás és a hulladék hőhasznosításának lehető-

---

---

ségeit. A biogáz termelés hatékonysága és költségei függnnek a választott technológiáktól (nedves vagy száraz, tartályos vagy csőfermentor<sup>7</sup>), az üzem méretétől, a gáz és a hulladék hő hasznosításától. A méret szerint a 0,5-2,0 MW közötti üzemek hatékonysága elfogadható, amelyek alapanyagigénye 40-45 ezer tonna MW-onként.

A beruházási költségek a méret növekedésének függvényében exponenciálisan csökkennek, de ugyanígy a hulladékhő hasznosításának növelésével is jelentősen rövidíthető a beruházás megtérülése.

Kisebb méretben, szilárd istállótrágyák és biohulladék esetén a száraz fermentoros biogáz termelés kínál jobb megoldást, nagytömegű hígtrágyák és szennyvíziszapok esetében a nedves fermentációs technológia az előnyösebb.

#### **4.4 Biomassza alapú hő-előállítás**

Most csak a szilárd biomassza tüzelési célú gyakorlati alkalmazásait tekintjük át, mint a kis- és középvallalkozások hő-ellátása szempontjából legfontosabb biomassza fajtát.

A szilárd biomassza-tüzelés jellemzői: a szilárd növényi anyagok (fa, fű, szalma stb.) közvetlen eltüzelésének technológiája a biomassza energetikai célú hasznosításának az egyik legelterjedtebb és a legnagyobb hagyományokkal bíró módja.

Ennek megállapításához nincs szükség különösebb szaktudásra, hiszen ide sorolhatjuk az egyszerű szabadtéri fatüzelést is, melyet már az ősember is alkalmaztak.

Azóta szerencsére meglehetősen nagymértékben nőtt a tüzelés határfoka és a komfortfokozata és általánosságban elmondható, hogy a biomassza-technológiák csoportján belül az egyik, ha nem a legkiforrottabb technológia. Ráadásul igen széles körben alkalmazható a családi házak fűtésétől kezdve a nagyerművi hő- és villamosenergia-termelésre egyaránt.

A felhasználható alapanyagok köre is széles, egyaránt alkalmasak a lág-, illetve fás szárú növények, ami lehetővé teszi a helyi alapanyag-ellátási lehetőségekhez való alkalmazkodást.

---

<sup>7</sup> „Fermentáció, aerob fermentáció, a szervezetek sejtjeiben vagy a mikroorganizmusokban végbemenő anyagcsere-folyamat, amelynek eredménye a szerves anyagok lebomlása, illetve átalakulása”. Kerényi Ervin: Környezetvédelem, környezetgazdálkodás, környezettudomány kislexikon és szótár, Elpídia Kiadó, Budapest, 1997. 86. oldal, 61. pont.

## Főbb alapanyag-források

### Hagyományos erdőgazdálkodás

Az erdei tűzifa az egyik legalapvetőbb alapanyaga az energetikai célra hasznosított szilárd biomasszának. Energetikai szempontból olyan erdőszeti melléktermékek is a főtermék kategóriájába kerülnek, mint az ún. apadék, mely az ipari célú fakitermelés során a szálfák letisztítása során marad vissza, vagy a lehulló ágak, gallyak. Az előbbi összegyűjtése viszonylag egyszerű, míg az utóbbi esetben ez problémás lehet, ráadásul a tápanyag utánpótlás szempontjából a gallyak esetében nem mindegy mennyit veszünk ki az erdőből. Az erdőgazdálkodásból származó faanyag mennyisége az állami erdőszetekenél az éves kitermelési ütemezés függvénye. A magánerdők esetében ez szinte teljesen egyedi, a hatóságok csak kis rálátással rendelkeznek az itt keletkező mennyiségek, illetve a környezetvédelmi szabályok betartása tekintetében.

### Energiaerdők és fás energetikai ültetvények

Az energiaerdő fogalmát gyakran keverik az energetikai ültetvénnyel. A kettő között az az alapvető különbség, hogy míg az előbbi a hagyományos erdőgazdálkodás alá tartozik, addig az utóbbi gyakorlatilag a fás szárú mezőgazdasági ültetvénygazdálkodás kategóriájába sorolható. Az köti össze őket, hogy mindkét esetben az energetikai szempontoknak kedvező fafajokat ültetik, ami általában gyorsabban növe és nagyobb tömeghozamú a hagyományos erdőkkel szemben. A kettő természetesen más-más szabályozás alá esik, hisz míg az energiaerdő a hatályos Erdőtörvény alá tartozik, addig az energetikai célú faültetvényre speciális szabályok vonatkoznak, hisz itt többféle, ún. mini (1-4 év), midi (5-10 év), rövid (10-15 év), közepes (15-20 év) és hosszú (20-25 év) vágásfordulóval dolgozhatnak. A leggyakrabban e célból termesztett fafajták hazánkban a gyertyán, juhar, hárs, fűz, éger, nyír és az akác, illetve ültetvények esetében ezek hibridjei.

### Lágyszárú energetikai ültetvények

A szilárd biomassza-tüzelés egyik speciális, viszonylag új alapanyagait képezik a különböző gabonaszalma, fű, vagy a nád. A szalma kivételével ezeket szintén célirányosan az energiatermeléshez szükséges igé-

---

---

nyek kiszolgálása érdekében nemesítik, így itt is fő szempontok a tömeghozam, a fűtőérték és a gyakori betakaríthatóság. A fás szárú ültetvényekkel szemben az egyik fő különbség és egyben előny, hogy a lágyszárúak termesztéséhez és betakarításához nincs szükség újabb gépek kifejlesztéséhez, hiszen az egyébként a szántóföldi gabonatermesztésben használtak átalakítás nélkül itt 84 Megújuló energiaforrások az EU-ban és Magyarországon is használhatóak. Ráadásul energetikai célra az év eleji, téli időszakban érdemes a növényeket betakarítani, mivel ilyenkor a legkisebb a szárazban a nedvességtartalom. Ebben az időszakban pedig a mezőgazdasági betakarítógépeket nem használják, így nagy előny, hogy azok éves kihasználtsága növelhető.

Hátrány viszont, hogy míg a termesztés- és betakarítás nem igényel új infrastruktúrát, addig a felhasználás igen. A fás növények tüzelésével szemben ugyanis itt nem beszélhetünk akkora hagyományokról, ezért, illetve a kémiai összetevők miatt a tüzeléstechnikában a hagyományos kazánokkal szemben újakra van szükség.

A 3. sz. táblázatban összefoglaltuk az eddig ismertetett forrásokból származó alapanyagok, illetve a brikett és a pellet<sup>8</sup> esetében már késztermékek fűtőértékére és a jelenlegi piaci árakra vonatkozó jellemzőit. A táblázatból kiolvasható, hogy minél nagyobb a feldolgozottság foka, annál magasabb energiátartalmat kapunk. Ez az egyik legfontosabb érv, ami a brikettálás és a pelletálás mellett szól. Mindkettő egyfajta tömörítési eljárás, ami természetesen pótlólagos energiabevitelt igényel, ebből fakad az alacsonyabb feldolgozottsági fokú alapanyagokkal szembeni magasabb egységára is.

Fontos szempont még, ahogy azt fel is tüntettük, ezen anyagok nedvességtartalma. A növekvő nedvességtartalom csökkenti a fűtőértéket, ezért amikor fűtőértékről és összehasonlításokról beszélünk, elengedhetetlen, hogy tudjuk, adott érték milyen nedvességtartalom mellett lett meghatározva. Az erdei tűzifa, illetve az ültetvényekről származó faanyag betakarításkori nedvességtartalma 40% körül alakul, amely igény szerint csökkenthető az anyag szárításával.

---

<sup>8</sup> A tüzeléstechnikában egyre inkább elterjed a fapelletek, fabrikettek használata, ahol fűrészport préselnek pellet formába, ami így a fűrészpornál könnyebben ég el, ugyanakkor a fánál jóval homogénebb szemcseméretű és emiatt automatizált házi tüzelőrendszerekben a tűzifánál jobban hasznosítható. A fapellet legelterjedtebb mérete a 6 mm-es átmérőjű és 2–5 cm-es hosszúságú. Forrás: <http://hu.wikipedia.org/wiki/Pellet>



Alapanyag típusa	Fűtőérték (MJ/kg, víztart.=15%)	Fűtőanyag egységára (e Ft/t)
Erdészeti apadék	5,6	n.a.
Faültetvények anyaga	15,4	25-35
Erdei tűzifa	18,5	20-35
Energiafű	15	25-35
Gabonaszalma	14,3	n.a.
Fabrikett	18	35-40
Fapellet	40	40

3. sz. táblázat. Szilárd biomassza alapanyagok jellemzői

### Felhasználás – közvetlen tüzelés

A Nyugat-Európában, főleg Ausztriában és Németországban már háztartási szinten is igen népszerű biomassza-tüzelés legelterjedtebb alapanyagai a faapríték mellett a szintén, döntően fából nyert különböző tömörítvények, mint a brikett, vagy a pellet. Ezek sokféle alapanyagból előállíthatók. A leghatékonyabb és a legolcsóbb is akkor lehet pl. a pellet-tüzelés, ha az alapanyagot valamilyen hulladékból, például faipari melléktermékekből, forgácsból készítik. Értelemszerűen ekkor jóval kisebb az energia- és az anyagi befektetés, mint ha direkt erre a célra kellene növényeket termesztetni. Ráadásul kettős célt valósítunk meg, hiszen úgy nyerünk hasznos energiát, hogy közben a hulladékhasznosítást is megoldjuk.

### Pellet

A pellet a növényi alapanyagokból, fás- és lágyszárúakból egyaránt sajtolással, préssel nyert 6-12 mm átmérőjű henger alakú granulátum, melynek igen jók a fizikai tulajdonságai (alacsony 10-15%-os nedveségtartalom, 17-19 MJ/kg fűtőérték, 1% körüli hamutartalom stb.). A briketthez képest csupán annyi a különbség, hogy ennek az átmérője nagyobb, 100-155 mm, egyébként a többi tulajdonsága és az előállítás módja is hasonló. A pellet a többi biomasszához hasonlóan igen széleskörűen alkalmazható hő és villamosenergia-termelésre, vagy akár kapcsoltan a kettő együttes előállítására is. A leginkább elterjedt alkalmazási mód a hőtermelés különböző méretű kazánokban, ahogy azt a 4. sz. táblázatban is olvashatjuk.

<b>Fogyasztói csoport</b>	<b>Tüzelőanyag</b>	<b>Berendezések</b>
Lakások, családi házak hőellátása	pellet, brikett, esetleg apríték	Kiskazánok (20-60 KW), kandallók
Intézmények, épületcsoportok, hőellátása	apríték, kisebb egységeknél: pellet	Kiskazánok (20-120 KW) Kazánok (melegvíz; 120-1000 KW)
Mezőgazdasági, ipari üzemek	apríték, esetleg bálázott anyag	Kazánok (melegvíz-, gőz, forróvíz-, termoolaj) (0,2-10 MW)
Távhőszolgáltatás	apríték	Kazánok

4. sz. táblázat. Felhasználói csoportok és biomassza tüzelőanyagok

### **A pellet tüzelés előnyei**

Környezetvédelem a fosszilis tüzelőanyagok közül a leginkább környezetbarátnak tekintett földgáz-tüzelésnél is mintegy 90%-kal kevesebb üvegházhatású-gázkibocsátással számolhatunk egységnyi megtermelt energiára és a teljes életciklusra vetítve.

Kényelem a piacon jelenleg forgalmazott pellet-tüzelő kazánok kialakításánál az egyik fő szempont, hogy legalább olyan komfortot tudjanak biztosítani, mint amit a fogyasztók a földgáztüzelésnél megszoktak. Ezért ma már a kazánok mellé a tüzelőanyagot automatikusan adagoló, kiegészítő berendezések széles skáláját kínálják. Egy családi ház éves hőenergia igényének kiszolgálásához szükséges pellet mennyiség tárolásához nincs szükség nagyobb tárolóra, mint a korábbi szénttüzelésnél (3-5m<sup>2</sup>), ráadásul a pellet forgalmazó cégek vállalják a kiszállítást, feltöltést is. A tároló méretétől és a fogyasztástól függően ez évi 1-2 fuvart jelent családi házként. Ellátásbiztonság – egy már megfelelően kialakított pellet-termelő és forgalmazó piaccal rendelkező országban nagy előny, hogy ez által csökkenthető az import energiahordozók felhasználása, mely egyben távoli piacoktól való gazdasági függést is jelent, illetve a helyben megtermelt energiahordozók segítenek új munkahelyeket teremteni, a helyben keletkezett hulladékokat hatékonyan ártalmatlantítani stb. Magyarországon jelenleg még nem beszélhetünk kialakult pi-

acról e tekintetben, egyelőre inkább még csak a kiépülése van folyamatban. Ez azt jelenti, hogy a jövőben további árcsökkenésekre is lehet számítani, hisz jelenleg még sok esetben külföldről érkezik a kész pellet. Költséghatékonyság – az előzőekkel összefüggésben, ahogy nő a tömegtermelés aránya hazánkban is, úgy válik egyre inkább kifizetődővé hosszú távon a pellet-tüzelés is. Ráadásul a versenytárs energiahordozó, a földgáz árának folyamatos emelkedése, az ellátás körüli bizonytalanságok egyre jobb helyzetbe hozhatják a pelletet és egyéb biomassza tüzelőanyagokat is. Természetesen az árakat ettől függetlenül a keresletkínálat szabja majd meg, ahogy egyre népszerűbb lesz a pellet-tüzelés, a kínálatnak is lépést kell tartania, ha versenyképes árakat akarunk biztosítani. Mivel megújuló energiaforrásról van szó, esetenként a piaci viszonyoktól függően az árak időnként emelkedhetnek is, ezzel szemben a földgáz, vagy a tüzelőolaj esetében a jövőben árcsökkenésre semmiképpen, legfeljebb stagnálásra számíthatunk. Jó példa erre az osztrák piac, ahol az árak meredeken emelkedtek 2005 és 2007 között, ami természetesen aggodalmat keltett a felhasználók között, de az is látható, hogy a tüzelőolajhoz képest még mindig kedvezőbb helyzetben voltak. Az árak emelkedése egyértelműen a keresletnövekedésnek volt köszönhető, melyet a kínálat bővülése csak 2007-ben tudott kompenzálni.

Összességében megállapíthatjuk, hogy a biomassza — a név alatt felsorolható sokféle energiahordozóra gondolva — számos lehetőséget hordoz az energianyerés terén. Önmaga is jelentős terhet átvehetne akár az atomerőművektől is, de ez jelentősebb fejlesztéseket és igen nagy anyagi — azon belül is pénzügyi — ráfordításokat igényelne. Véleményem szerint, a biomassza inkább a fűtés, a gépjárművek üzemanyag igényeinek kielégítése terén nyújthat hosszútávon megoldásokat. Egyéb energiaigények — különösen az elektromos energia igény — terén még hosszú ideig kell számolnunk az atomerőművekkel, illetve a technológia fejlődésével ezeket leginkább a szél és napenergiák valamint, más még gyerekcipőben járó lehetőségek (tengermélyi metánlelőhelyek stb.) kiaknázásával lehet majd a távoli jövőben kiváltani. Bár sok helyen alkalmaznak már alternatív energiaforrásokat energiaszerzésre, ezek világméretű elterjedése, igazán nagy kapacitású energiahordozó előállító technológiák — bár az alapok megvannak hozzá — kialakítása várat még magára. Tudjuk — legalább is sejtjük — ebben nem csak a technikai felkészültség, és a hajlandóság esetleges hiánya a ludas, hanem a különböző szintű, erejű és agresszivitású — fosszilis energiák használatát támogató — energialobbizók, energiagyártók, energiahordozó bányászok is.

---

---

## Felhasznált irodalom

1. Környezetvédelmi Lexikon I., Akadémiai Kiadó, 1993.
2. Kerényi Ervin: Környezetvédelem, környezetgazdálkodás, környezettudomány. Elpídia Kiadó, Dunakeszi, 1997.
3. 1995. évi LIII. Törvény a környezetvédelmének általános szabályairól.
4. VAHAVA projekt. [www.vahavahalozat.hu](http://www.vahavahalozat.hu)
5. Megújuló energiaforrások Magyarországon. [www.dafka.hu/meguj.do](http://www.dafka.hu/meguj.do)
6. Megújuló energiaforrások Magyarországon és az EU-ban. [www.vmkik.hu/index.php?id=2695](http://www.vmkik.hu/index.php?id=2695)
7. Simon Ákos: Környezetvédelem. Jegyzet, ZMNE BMF, 2008
8. IEA's Report on 1st- to 2nd-Generation Biofuel Technologies, 2009. március 9., <http://www.renewableenergyworld.com/rea/news/article/2009/03/ieas-report-on-1st-to-2nd-generation-biofuel-technologies>
9. <http://en.wikipedia.org/wiki/Biomass>
10. By Chico Harla, In Japan, need of fossil fuels pushes climate-change targets to back seat, Washington Post, October 20, 2012