TANULMÁNY

A bioenergia szerepe az energiaellátásban

Popp József

Kulcsszavak: energiaellátás, megújuló energia, bioenergia, bioüzemanyag, környezet.

ÖSSZEFOGLALÓ MEGÁLLAPÍTÁSOK, KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

Az energiapolitika célja az energiakínálat kockázatának minimalizálása mellett az energiaárak alacsony szinten tartása és az energiafelhasználás környezeti hatásának csökkentése. Az EU energiaimport-függősége aggasztó, az energiaellátás zavartalan biztosítása érdekében egyre fontosabb lesz a behozatal és az elérhető energiaforrások diverzifikálása. Növekvő olajáraknál előtérbe került az energiabiztonság kérdése, ami a bioenergia-termelés további növeléséhez vezet. A globális primer energiaellátásban a fosszilis energia aránya 87%, a megújuló energiáé csupán 13%, amiből a biomassza 80%-ot tesz ki. A felhasznált biomassza 87%-át adja a fa és csupán 10%-át a mezőgazdaság. A globális primer energiaellátásban 2035-re a fosszilis energia aránya 81%-ra csökken, a megújuló energiáé pedig mindössze 19%-ra nő. A modern bioenergia-termelésben a bioüzemanyag-gyártás azért játszik fontos szerepet, mert a közlekedés használja fel a kőolaj 60%-át és a gépjárművek 96%-a fosszilis üzemanyaggal üzemel. Továbbá a személygépkocsik száma 2050-re megduplázódik. Ma technológiai realitás, hogy a bioüzemanyagoknak nincs azonnal, illetve a közeli jövőben alkalmazható alternatívája. A bioenergia előállításában elsősorban a bioüzemanyag-gyártás befolyásolja a földhasználat alakulását. Jelenleg a globális szántó- és ültetvényterület 2,5%-át használja a bioüzemanyag-gyártás, a felhasznált nyersanyag egy része viszont takarmányként visszakerül az állattenyésztéshez, ezért az energianövények nettó globális földhasználata 1,5%-ra csökken. Az USA korlátozza a kukorica felhasználását az etanoltermelésben, hogy ne veszélyeztesse az élelmiszer- és takarmányipar nyersanyagellátását. Hasonló törvényjavaslat készült az EU-ban is, de még nem került szavazásra az Európai Parlament elé. A második és harmadik generációs technológia piaci bevezetése még várat magára. A megújuló energiaforrások beruházásainak finanszírozásáért folytatott versenyben a nap- és szélenergia kerül előtérbe. Az energiából származó globális CO_2-kibocsátás évi 30 milliárd tonna, és további cselekvés nélkül 2017-re eléri az engedélyezett maximumot. A bioüzemanyag-felhasználással megtakarított üvegházhatású gázok mennyiségéről szóló tanulmányok nagy különbségeket mutatnak, de összességében pozitív hatásról számolnak be. Magyarországon a megújuló energiaforrások aránya a teljes energiafelhasználásban a jelenlegi 7,4%-ról 14,65%-ra növekszik 2020-ra. Kérdéses azonban a célérték teljesítése, ugyanis Magyarországon ma a megújuló energiaforrás 77%-át még a fa és fahulladék teszi ki. A nukleáris energia hányada a villamosenergia-termelésben 44%, a Paksi Atomerőmű bővítésével Magyarország energetikai bázisa egydimenziójúvá válik, sőt a beruházás nagy költsége elszívhatja a megújuló energia támogatási forrásait.

BEVEZETÉS

Energia nélkül nincs élet, ugyanis az élelmiszer-előállítástól kezdve (pl.: műtrágya, betakarítás, szállítás, hűtés és tárolás) a gépjárművek gyártásán és üzemeltetésén (üzemanyag) át a közlekedési utak építéséig (pl. az aszfalt olajszármazék) és a fogyasztó javak termeléséig (a globális áramtermelés feléből fogyasztói javakat gyártanak) bezárólag energiára van szükség. A népességnövekedés gyorsulása ráirányítja a figyelmet a fosszilis energiahordozó-kapacitások kimerülésére. A kimerülő erőforrások okozta geopolitikai konfliktusok és a környezeti károk radikális technológiaváltás nélkül azonban hamarabb is globális válságot okozhatnak. Az elmúlt évtizedek óriási gazdasági növekedése egyszerűen annak köszönhető, hogy rendkívül olcsón lehetett a természeti erőforrásokat felhasználni a termeléshez, szállításhoz vagy a kényelmesebb életmódhoz.

Az 1980-as évektől kezdve mind több kutató foglalkozott a fosszilis készletek, ezen belül a kőolaj kimerülésének gondolatával, nevezetesen az olajhozamcsúcs-elmélettel. A Földön a lélekszám emelkedésével párhuzamosan nő az energiatermelés is. A kőolaj-függőség és magas kőolajár a mezőgazdasági termelés inputköltségeinek és a termékek szállítási költségeinek emelkedése mellett az alternatív, megújuló energiaforrások kínálta lehetőségekre irányította a politikai döntéshozók figyelmét, már csak azért is, mert ezek használatával az üvegházhatású gázok kibocsátása is csökkenthető. Nagyon kevés régió állít elő fosszilis energiát a világon, ráadásul többségében politikailag megbízhatatlan országokról és régiókról van szó, amelyek gyakran a politikai zsarolás eszközeként, stratégiai fegyverként használják az energiaexportot.

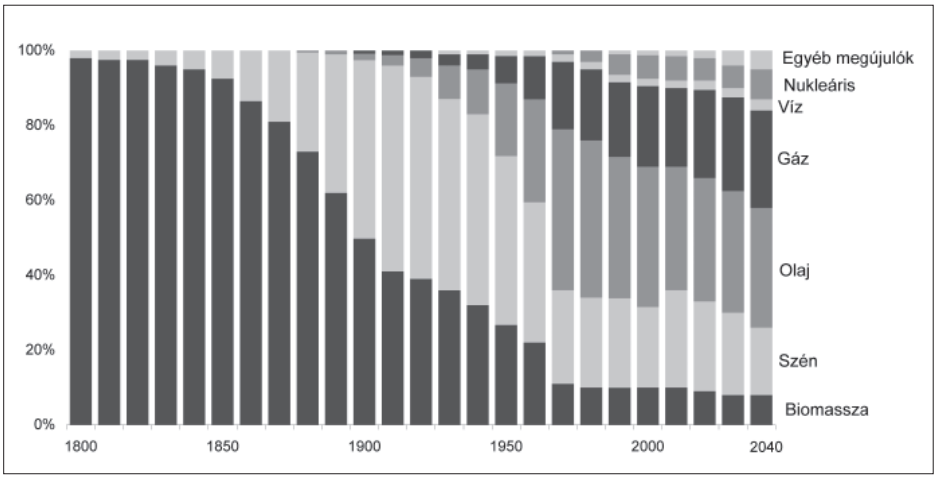
1. AZ ENERGIAFOGYASZTÁS ALAKULÁSA

Míg a 19. század elején a globális energiafelhasználás közel 100%-át a biomassza adta, addig a gőzgép térhódításával a 20. század elején az összes energiaigény felét már a szén szolgáltatta. Ugyanakkor a belső égésű robbanómotor feltalálásával (személygépkocsi, repülőgép) fokozatosan emelkedett a kőolaj iránti kereslet, ezzel párhuzamosan nőtt a gázfelhasználás is (1. ábra).

A globális népességnövekedés mellett

1. ábra

Az energiafelhasználás alakulása a tüzelőanyagok %-ában



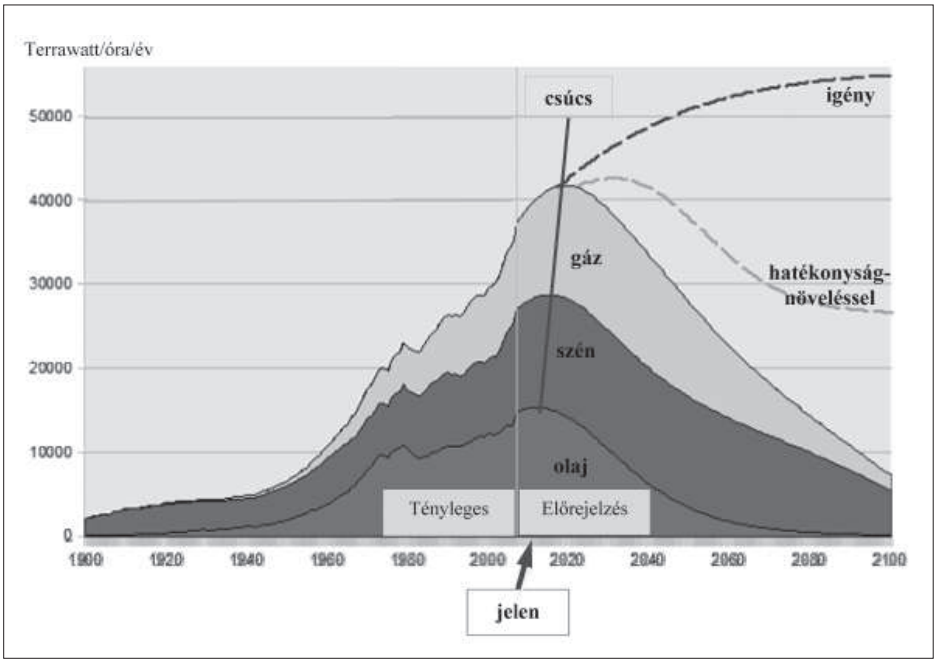
Forrás: Smil, 2000

az emberek átlagos energiafogyasztása is emelkedik (lásd urbanizáció és motorizáció), habár az energiahatékonyság javítása mérsékelheti ezt a folyamatot. A növekvő világnépesség tehát hatványozódó (exponenciális) erőforrás-felhasználást eredményez, a készletek viszont végesek, így elérkezik egy csúcs (olajcsúcs), amin túl a kőolaj kitermelése a véges készletek miatt már nem növelhető. Az olajcsúcs (*Peak Oil*) akkor következik be, amikor a Föld teljes kitermelhető olajkészletének a felét kitermelik. A kitermelés globálisan és az egyes olajmezők szintjén egy haranggörbét követ (Hubbert-görbe), a csúcs eléréséig fokozatosan nő a kitermelt mennyiség, a csúcs után csökken (2. ábra). Nem a teljes kimerülésről van szó, hanem a kitermelt mennyiség csúcsának eléréséről, azaz az olajcsúcs elérésével már nem fokozható tovább az évente kitermelhető mennyiség, hanem egy ideig állandó szinten marad, majd csökkenni kezd, miközben a világgazdaság nyersolajigénye folyamatosan nő, de a csökkenő készletek nem tudják kielégíteni a keresletet. Egy növekedésorientált, de fenntarthatatlan világgazdasági rendszerben már a stagnálás is válságot jelent, a csökkenés pedig akár katasztrófát is okozhat.

Kérdés azonban, hogy csupán néhány évtizedig vagy néhány évszázadig elegendő az olajkészlet. A tényleges készlet véges, ugyanakkor a megismert készlet az olajkutatás fejlődésével folyamatosan nő, de erről nem közölnek pontos adatokat. Az OPEC (*Organization of the Petroleum Exporting Countries: Kőolaj-exportáló Országok Nemzetközi Szervezete*) tagállamok a profit maximalizálása érdekében egymás között felosztott kvóták alapján végzik az olajkitermelést. A kitermelhetőség és termelési kapacitások alakulása a technológiai fejlesztés, a tőkeberuházás alakulásának

2. ábra

A világ fosszilis energiafogyasztása



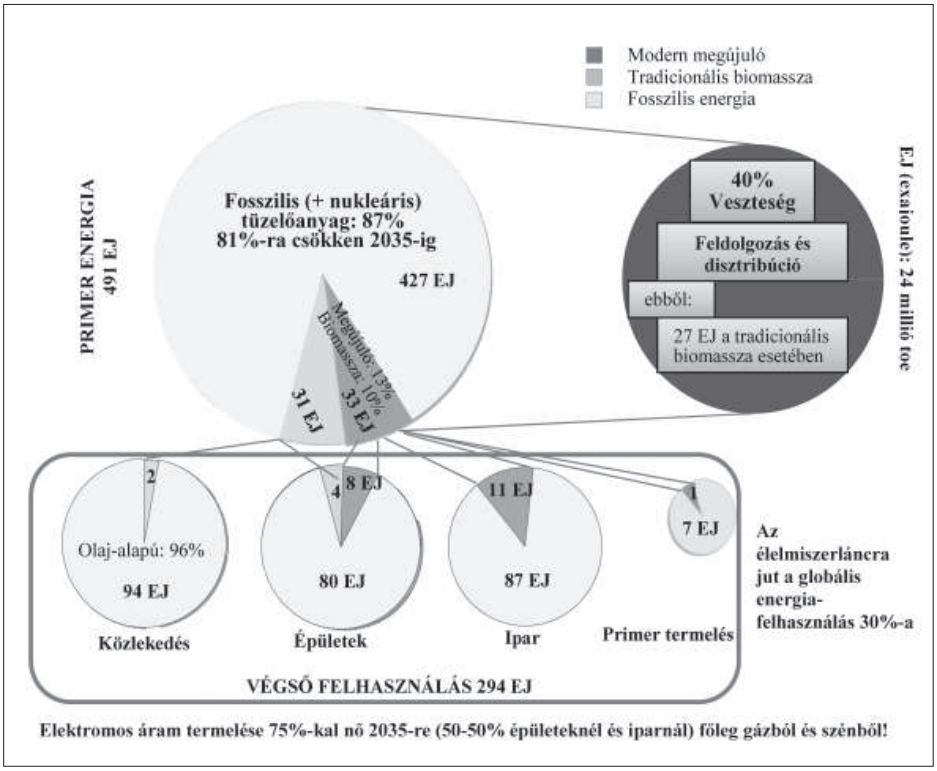
Forrás: Anderson, 2009

függvénye is. A piaci hozzáférhetőséget viszont nagyban befolyásolja a terrorizmus és háború kitörésének veszélye. A kőolaj iránti keresletet továbbá meghatározza a megújuló energia-előállítás fejlesztésének üteme, a környezetvédelemmel (CO_2-kibocsátás) összefüggő társadalmi tudat és az életszínvonal alakulása, valamint Kína és India CO_2-kibocsátás-csökkentésével kapcsolatos magatartása. A kőolaj világpiaci árának emelkedése az elmúlt időszakban mindenekelőtt Kína és India ipari termelésének gyors bővülésével magyarázható. A kőolaj kereslete többek között a földgáz és nitrogénműtrágya árának alakulását is befolyásolja. Igaz, hogy a földgáz és a kőolaj piaca közötti kapcsolat manapság lényegesen gyengébb, ami a földgáz keresletének számottevő növekedésével és a földgáz-kereskedelem liberalizációjával magyarázható. A földgáz nehezebben szállítható, ezért kínálata kevésbé rugalmas. Hosszabb távon azonban a földgáz ára igazodik a kőolajéhoz, ugyanis a nagy fölgázimportőrök jelentős kapacitásokat építenek ki a cseppfolyósított földgáz (*Liquid Natural Gas: LNG*) fogadására és tárolására (*Popp – Potori, 2008*).

A globális primer energiafelhasználás évi mintegy 500 exajoule (EJ)[1]. A primer energia feldolgozása és disztribúciója során 40%-os veszteség keletkezik, így a végső energiafogyasztás hozzávetőleg évi 300 EJ

3. ábra

A végső energiafogyasztás a primer tüzelőanyagok alapján (2008)

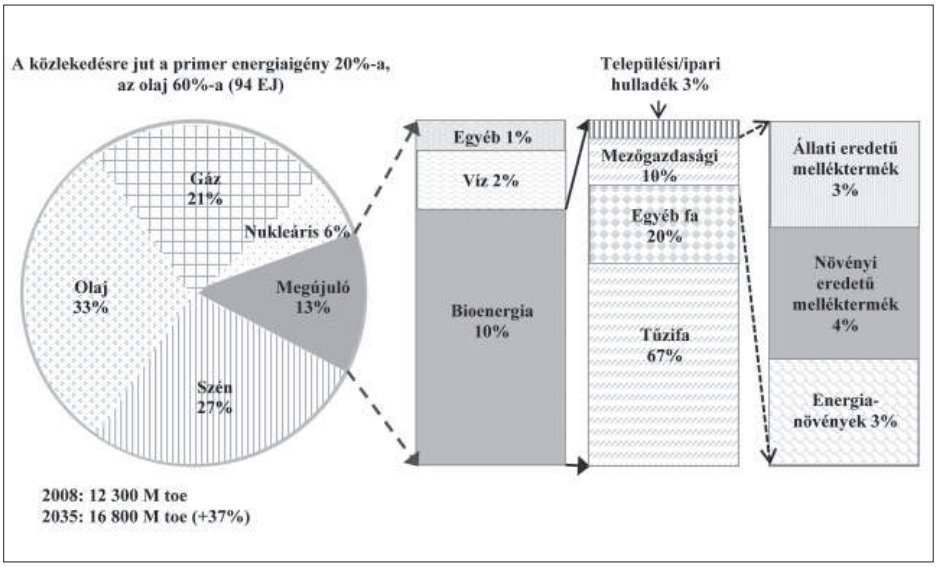


Forrás: FAO, 2011

[1] EJ = 24 millió tonna olajegyenérték.

4. ábra

Globális primer energiaellátás alakulása energiaforrások szerint (2008)



Forrás: IEA Bioenergy, 2009

körül alakul (*FAO, 2011*). A végső fogyasztás nagyjából egyenlő mértékben oszlik meg a közlekedés, épületek és az ipar között. Az élelmiszerláncra (agribizniszre) jut a globális energiafelhasználás 30%-a (3. ábra).

A globális kereslet az energia iránt 2035-re közel 35%-kal nő (*IEA, 2011*). A globális primer energiaellátásban a fosszilis és nukleáris energia aránya 87%, a megújuló energiáé csupán 13%, ebből 10%-pontot a bioenergia (biomassza) és 3%-pontot az egyéb megújuló energia (víz-, szél- és napenergia stb.) tesz ki (4. ábra). Összességében a biomassza aránya az elmúlt két évtizedben stabil maradt globális szinten, ugyanakkor az utóbbi években gyorsan csökkent Kínában és folyamatosan emelkedett az EU-ban. A felhasznált biomassza 87%-át adja a fa (ebből tűzifa 67%) és csupán 10%-át a mezőgazdaság. A biomassza kétharmadát, a tűzifát még mindig főzésre és fűtésre használják (évezredek óta bevett gyakorlat), ezzel szemben a biomassza modern felhasználása csak nagyon lassan emelkedik. A globális primer energiaellátásban 2035-re a fosszilis energia aránya 81%-ra csökken, a megújuló energiáé pedig mindössze 19%-ra nő, ezen belül a bioenergia részesedése 12%-ra, az egyéb megújuló energia hányada pedig 7%-ra emelkedik. Ez azt jelenti, hogy az egyéb megújuló energia termelése gyorsabb ütemben bővül, mint a biomasszára alapozott bioenergia előállítása (*IEA, 2011*).

Mivel a fosszilis energiahordozók adják a világ áramtermelésének közel 70%-át, ezek kiesése az áramellátásban okozhatja a legnagyobb gondot. Az áramkimaradások hatására akadozhat a vízellátás és a távközlés, sötétségbe borulhatnak az utcák. Mivel a közlekedési üzemanyag 96%-a kőolajalapú, a kőolajkészlet kimerülése gondot okozhat a közlekedésben, kereskedelemben is. Mindezzel csak akkor szükséges számolni, ha belátható időn belül nem következik be technológiai újítás, az energiafelhasználás hatékonyságának javulása, vagy nem állunk át időben és térben megújuló erőforrásokra. A víz-, szél- és napenergia, a biomasszából előállított bioenergia jelenleg még drágább,

mint a fosszilis alapú energiatermelés. A kimerülő készletek hatására növekvő energiaárak mellett megérheti megújuló energiaforrásokra váltani.

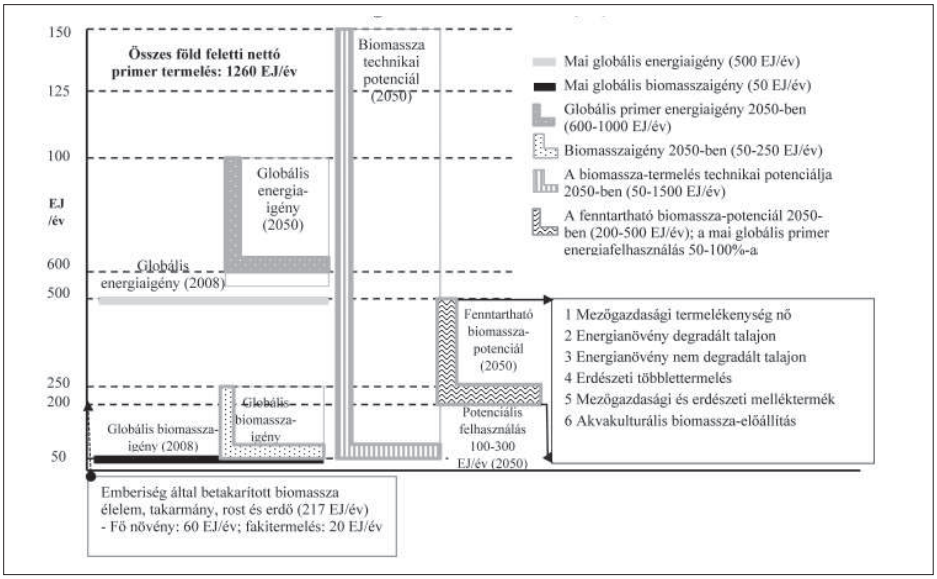
2. MEGÚJULÓ ENERGIAFORRÁSOK

A megújuló erőforrások állandóan újratermelődő anyag- és energiaforrások, amelyek hozzájárulnak az energiaellátás biztonságának javításához, a környezetterhelés, különösen a CO_2-kibocsátás csökkentéséhez, a vidékfejlesztéshez és a nemzetközi kereskedelem bővítéséhez. A megújuló energiaforrások növekvő felhasználása mellett az energiahatékonyság és -takarékosság is fontos tényezők a fosszilis energia felhasználásának mérséklésében, ezzel párhuzamosan az energiaimport-függőségből származó politikai és gazdasági kockázatok csökkentésében. A fosszilis energiahordozók növekvő használata az üvegházhatású gázok kibocsátását is növeli. Ma az évi energiaigény világszerte 500 EJ körül alakul, ennek mindössze 10%-át teszi ki a biomassza (bioenergia). Az előrejelzések szerint 2050-re a globális primer energiaigény évi 600-1000 EJ között változhat, attól függően, hogy időközben milyen mértékben javul az energiahatékonyság. Ebből a biomassza évi felhasználása széles sávban, évi 50-250 EJ között mozoghat. A biomassza potenciális felhasználása 25-33%-kal járulhat hozzá a globális energiaellátáshoz 2050-ben (*IEA Bioenergy, 2009*). Ugyanakkor a biomassza-termelés technikai potenciálja elérheti az évi 1500 EJ értéket is. Ehhez azonban a mezőgazdaság termelékenységének ötszörös növekedése szükséges, amire kevés az esély (5. ábra). Az összes föld feletti nettó primer termelés évi 1260 EJ értéket képvisel, amiből az emberiség által betakarított biomassza – élelem, takarmány, rostnövények és erdő – energiaértéke mindössze évi 217 EJ (*Krausmann et al., 2008*).

Minden termőföld multifunkcionális, ahol élelmiszert, takarmánynövényeket, rostnövényeket, papír- és építőipari nyersanyagot, kemikáliákat és bioenergiát (ezen

5. ábra

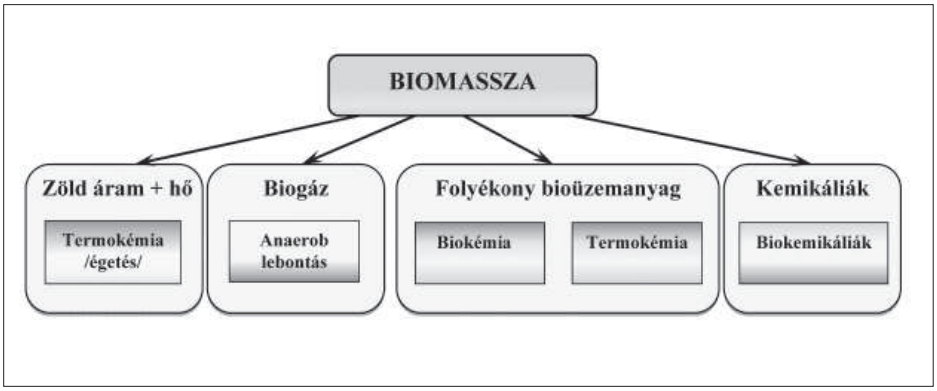
Globális bioenergia-források 2050-ben (EJ)



Forrás: IEA Bioenergy, 2009

6. ábra

Verseny az olcsó biomasszáért a bioenergia-termelésben



Forrás: saját szerkesztés

belül hőt, zöld áramot, biogázt, folyékony bioüzemanyagot, lebomló csomagolóanyagot) állítanak elő. Ezen felül a termőföld szerepet játszik a vízhasznosításban, a szénmegkötésben, a biodiverzitásban, a tájkép és kulturális örökség megőrzésében, valamint a rekreációban és inspirációban. Ha a termőföld szűkössé válik az élelmiszer-termeléshez, akkor hogyan lehet majd még több bioenergiát előállítani? A korlátozottan rendelkezésre álló biomasszát végül is azok az iparágak fogják hasznosítani, amelyek ezt megengedhetik maguknak, vagyis a legtöbbet tudnak fizetni érte. A CO_2-kibocsátásra kivetett általános adó hozzájárulna a bioenergia-felhasználás növekedéséhez, azonban a globális pénzügyi és gazdasági válság elhúzódása egyelőre nem sarkallja a kormányokat ilyen lépés megtételére. A bioenergia-előállításban a biomassza-felhasználásért tehát egymással versenyez a hőenergia-, zöld áram-, biogáz- és bioüzemanyag-termelés (6. ábra). Az élelmiszernövények felhasználását, így a földhasználat változását döntően a bioüzemanyag-gyártás érinti (elenyésző mértékben a biogáztermelést is), ezért a következőkben a bioenergia-termelésen belül részletesebben a bioüzemanyag-gyártás kerül bemutatásra.

3. BIOÜZEMANYAG

A bioüzemanyag ma a globális energiatermelés 0,5%-át, a bioenergia-előállítás 5%-át és a globális üzemanyag-fogyasztás 3%-át teszi ki (*IEA, 2011*). A modern bioenergiatermelésben a bioüzemanyag-gyártás azért játszik fontos szerepet, mert a kőolaj 60%-át a közlekedés használja fel, ahol a kőolajon alapuló üzemanyag-felhasználás 96%-ot tesz ki. A bioüzemanyag nem tekinthető környezetvédelmi csodaszernek, de a létező technikák körültekintő alkalmazásával elért és elérhető eredményeket nem szabad lebecsülni. A felhasznált biomassza a múltban főleg a fára korlátozódott, de ma már egyre inkább hasznosítják az energianövényeket, a mezőgazdasági és élelmiszeripari melléktermékeket, az emberi működés szerves hulladékát és az akvakultúrás biomasszát is. A bioüzemanyag-előállítás szempontjából a biomassza-alapanyagok három generációja különböztethető meg. Az első generációs technológia alapanyaga a bioetanol előállításánál a nagy keményítő- és cukortartalmú növények (elsősorban kukorica és cukornád), a biodízelgyártásban pedig az olajnövények (elsősorban repce és szója). A második generációs technológiák magas cellulóztartalmú mezőgazdasági és erdészeti melléktermékeket, valamint hulladékokat hasznosítanak. A harmadik

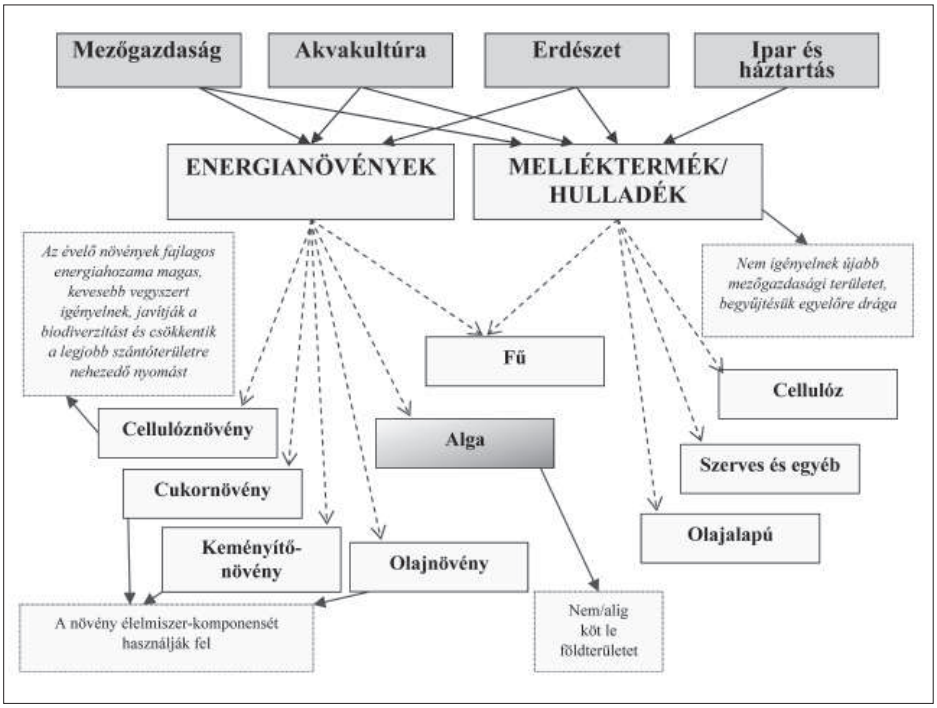
generációs technológiák speciális energianövények (lágy és fás szárú energianövények, algák) felhasználásával javítják a bioüzemanyag-ipar versenyképességét és gazdaságosságát (7. ábra).

A biomassza-alapú hajtóanyagok felhasználása és kutatása egyidős a belsőégésű motorokkal. Jóllehet a bioüzemanyagok csak egy évtizede kerültek az érdeklődés középpontjába, már a múlt században, a világháborúk és a gazdasági világválság idején voltak kezdeményezések a biomasszából előállított üzemanyagok szélesebb körű elterjesztésére. Ezek azonban a második világháborút követően, az olcsó kőolaj korában feledésbe merültek. Az 1973-as olajválság adott ismételten lendületet a technológiának. Brazíliában az 1970-es évek óta töretlen a fejlődés, a napjainkban eladott járművek 90%-a mind a benzint, mind az etanolt bármilyen keverési összetételben használhatja üzemanyagként. Az Egyesült Államokban már 1978-ban bevezették az alkoholtartalom jövedékiadó-mentességét, erre 2 térfogatszázalék erejéig az EU-ban is lehetőség nyílt 1992-től. Az EU-ban a kötelező felhasználást előíró első, 2005-re vonatkozó irányelvet 2001-ben fogadták el (*Popp – Potori, 2011*).

A világon a ma közlekedő 820 millió személygépkocsi száma 2050-re várhatóan 1,7 milliárd darabra emelkedik. Jelenleg a személygépkocsik 96%-a fosszilis üzemanyaggal közlekedik. A közlekedés várható energiaigényének meghatározása igen sok bizonytalansági tényezőt rejt magában, ami befolyásolja a bioüzemanyagok felhasználását is. Ilyen az olajár alakulása, az autógyártási technológiák fejlődése, az energiahatékonyság javulása, illetve az elöregedett autópark és a közlekedés modernizációja. A bioüzemanyagok használata mellett ter-

7. ábra

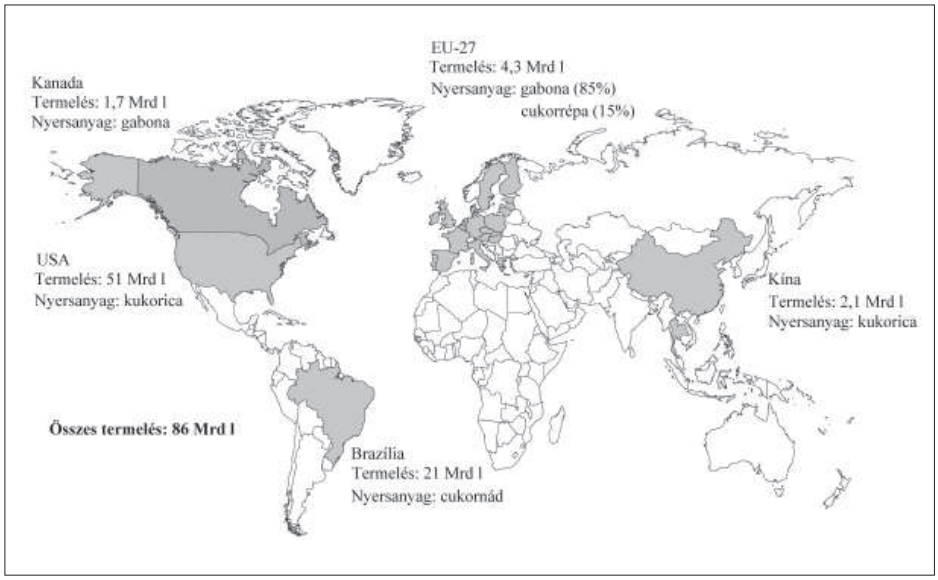
A bioenergia-termelés nyersanyagai



Forrás: saját szerkesztés

8. ábra

Globális üzemanyagcélú bioetanol-előállítás (2012)



Forrás: F.O. Licht, 2013

mészetesen szükséges az energiahatékonyság javítása is. Ma technológiai realitás, hogy a bioüzemanyagoknak nincs azonnal, illetve a közeli jövőben alkalmazható alternatívája. Nem meglepő, hogy használatuk, bekeverésük a fosszilis üzemanyagba sok országban ajánlott, illetve előirányzott vagy kötelező. A bekeverés ajánlása vagy előírása mellett a bioüzemanyagok előállítását ösztönző eszközök tárháza nagy (*Popp – Potori, 2011*).

Az EU közlekedési ágazata az összes energiafelhasználásból 30%-kal, az összes olajfelhasználásból 70%-kal részesedik. A közlekedési ágazatban felhasznált energia 98%-a (globális szinten 96%-a) kőolajból származik. A megújuló forrásból származó energia részaránya az EU teljes energiafelhasználásában 2010-ben 13% körül alakult, amit 2020-ra 20%-ra kell növelni, ezen belül a bioüzemanyagok arányát 10%-ra (energia-egyenértékben kifejezve) tagállami szinten.

A 2012-ben előállított 86 milliárd liter üzemanyagcélú etanol és 18 millió tonna biodízel a világ üzemanyag-fogyasztásának 3%-át tette ki energia-egyenértékben kifejezve. A globális etanoltermelés mintegy 85%-a bioüzemanyagként kerül felhasználásra, a fennmaradó részből szeszesital és ipari alkohol készül. Az üzemanyagcélú etanolgyártás fő alapanyagát a kukorica (140 millió tonna) és búza (10 millió tonna), a cukornád (300 millió tonna), továbbá a melasz és egyéb nyersanyag (pl. manióka) teszi ki. Az üzemanyagcélú bioetanol legnagyobb előállítói, az USA és Brazília a globális termelés több mint 80%-át képviselik, 2012-ben a bioetanol-üzemanyag legnagyobb előállítója 51 milliárd literrel az Egyesült Államok volt, 2005-től megelőzve a korábbi piacvezető Brazíliát, ahol ugyanezen évben 21 milliárd liter üzemanyagcélú etanolt termeltek (2009-ben még 24 milliárd litert állítottak elő). Jelentős lemaradással, 4,3 milliárd literrel a harmadik legnagyobb termelő az Európai Unió volt, míg Kína 2,1 milliárd liter termelé-

sével a negyedik helyre szorult (8. ábra). Említést érdemel még Kanada, Ausztrália és néhány ázsiai ország (India, Thaiföld) etanolgyártása, de Közép-Amerikában és Afrikában is nő a termelés (*F.O. Licht, 2013*).

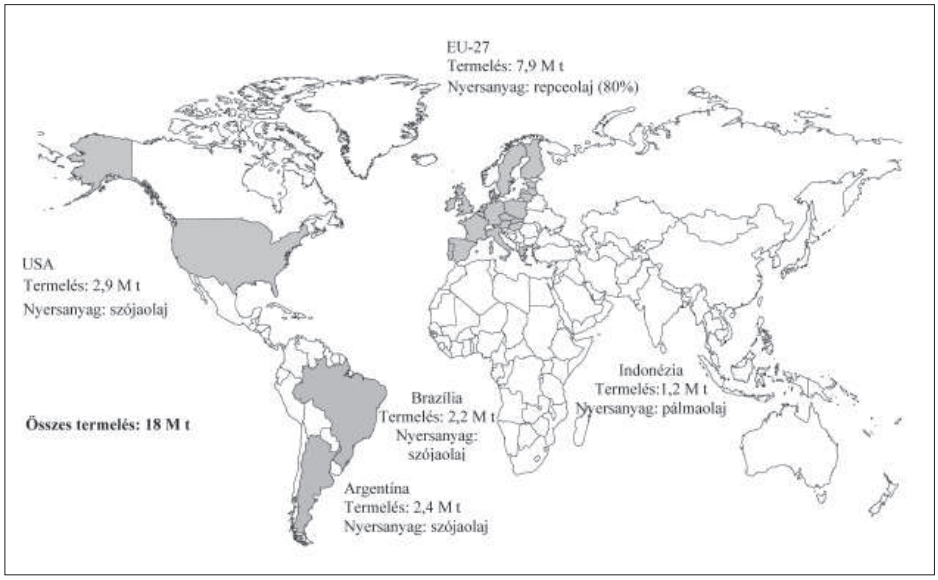
2012-ben a globális gabonatermelés mintegy 8%-át használták fel bioüzemanyag-célú etanolgyártásra. A melléktermékek takarmánycélú hasznosítását (DDGS, CGF stb.) is figyelembe véve *az etanolipar nettó gabonafelhasználása a globális termelés 5%-ára rúgott* (*F.O. Licht, 2013*). Habár kukoricából a felhasználás már eléri a világtermelés 15%-át és az Egyesült Államok termelésének 40%-át, az etanolgyártás másik nyersanyaga, a cukor világpiaca jellemzően keresleti piac, Brazília etanolgyártása befolyásolja e termék nemzetközi kereskedelmét.

A biodízel-előállítás és -felhasználás ma főleg Európára és kisebb mértékben az USA-ra koncentrálódik, bár az utóbbi években több ország is bekapcsolódott a biodízelgyártásba. 2012-ben a 18 millió tonna globális biodízel-termelésből az EU 7,9; az USA 2,9; Argentína 2,4; Brazília 2,2 és Indonézia 1,2 millió tonnát állított elő (9. ábra).

A biodízelgyártás hatása a növényolajok globális piacára már jelentősebb: *2012-ben a globális növényolaj-termelés 11-12%-át használták fel e célra.* A legfontosabb nyersanyag a szójaolaj (7,4 millió tonna), repceolaj (6 millió tonna) és pálmaolaj (4,8 millió tonna). Ugyanakkor az EU-ban 5,4 millió tonna repceolaj (EU-27 teljes repceolaj-felhasználásának 60%-át meghaladja) és 1,4 millió tonna pálmaolaj szolgálta a biodízelgyártást. A biodízel iránti növekvő kereslet nem elégíthető ki az EU-ban előállított olajnövényekből. Jelenleg az olajnövény-termelés évi 12-13 millió tonna között mozog növényolaj-egyenértékben kifejezve, ugyanakkor a növényolajipar étkezési célú étolaj-felhasználás és a biodízelgyártás alapanyagigénye meghaladja a 17 millió tonnát. Ennek értelmében mintegy 4-5 millió tonna növényolaj vagy ezzel egyenértékű olajos mag behozatala szükséges az EU-n

9. ábra

A globális biodízel-termelés alakulása (2012)



Forrás: F.O. Licht, 2013

belül. Az állati zsírokból 1,5; a használt sütőolajból 1,4 millió tonnát használtak fel 2012-ben, ezek aránya a biodízelgyártásra felhasznált nyersanyagokban nem éri el a 10%-ot. A szórás azonban a világ egyes térségei között meglehetősen nagy (*Popp, 2011*).

Az EU-ban az összes üzemanyag-fogyasztáson belül a gázolaj aránya már meghaladja a 60%-ot, ráadásul az EU gázolajból nettó importőr, benzinből viszont nettó exportőr. A dízelolaj importja folyamatosan növekszik, jelenleg az import 80%-a Oroszországból, 20%-a a Közel-Keletről származik. A jelentős gázolaj-behozatal (évi 20-25 millió tonna) csökkentési szándéka, valamint a gázolaj bioüzemanyaggal történő részbeni helyettesítése a biodízel egyre nagyobb térnyerését eredményezheti, habár 2012-ben az előző évhez viszonyítva 5%-kal visszaesett a termelés. Az EU középtávon továbbra is a világ legnagyobb biodízel-előállítója marad. Ehhez a gázolajimport visszaszorítására való törekvés és a dízelüzemű gépkocsik magas aránya mellett a gázolajra kivetett alacsonyabb jövedéki adó (benzinéhez viszonyítva) is hozzájárul(t).

Brazília kivételével ma még a protekcionista politika – magas vámvédelem és belső támogatás – határozza meg a globális bioüzemanyag-gyártást. Támogatás nélkül a bioüzemanyag csak technológiai innovációval lehet gazdaságilag versenyképes a fosszilis tüzelőanyagokkal szemben. Amíg a támogatások fennmaradnak, azok torzítani fogják az energiatermelés ösztönzési rendszerét, és kutatási pénzforrásokat vesznek el egyéb potenciális megújuló energiaforrások (pl. nap- és geotermikus energia) fejlesztése elől. A bioüzemanyag-felhasználás ösztönzésének két legelterjedtebb eszköze a jövedéki adókedvezmény és a bioüzemanyag kötelező felhasználásának szabályozása. Mivel egyre több állam kényszerül a költségvetés kiadásainak visszafogására, terjed a kötelező felhasználás, illetve a piaci részarány meghatározása. Brazíliában, az USA-ban, az EU-ban, India és Kína egyes tartományaiban előírják a bioüzemanyag kötelező részarányát, illetve mennyiségét az üzemanyag-fogyasztásban. Az EU-ban már jelenleg is megfigyelhető, hogy a tagországok a bioüzemanyag-fogyasztás kötelezővé tételével azonnal vagy fokozatosan mérsékelték, illetve megszüntették az adókedvezményeket (pl.: Németország, Magyarország). A kötelező felhasználás előírásának előnye, hogy a fogyasztókra hárítja a bioüzemanyag-gyártás többletköltségeit, így üzemanyag-takarékosságra ösztönöz (*Popp, 2011*).

Az iparág jövője nagymértékben függ a technikai fejlődés sebességétől és a bioüzemanyagok környezeti és társadalmi hatását vizsgáló kutatások eredményétől. Egyes előrejelzések szerint a jövőben a közúti közlekedés energiaigényének jelentős részét nem az ásványolaj- vagy biomassza-alapú hajtóanyagok fogják kielégíteni, hanem a leginkább környezetbarátnak tekintett hidrogéncellák, illetve elektromos akkumulátorok, amelyek töltéséhez az áramot részben víz-, nap-, szél- és árapályerőművekkel állítják elő. E fejlett rendszerek azonban technológiailag még nem kiforrottak, így egyelőre a bioüzemanyagoknak van létjogosultsága (*Popp – Potori, 2011*).

A bioüzemanyag-gyártás, illetve a bioüzemanyagok jelenleg csak támogatások mellett versenyképesek. Ezeket a támogatásokat a társadalom számára csak akkor lehet elfogadhatóvá tenni, ha a bioüzemanyagok gyártása hatékonysági, környezeti és etikai szempontból is megfelelőnek bizonyul. A jövő szempontjából tehát meghatározó, hogy a folyó kutatások e társadalmi elvárásokat igazolják-e. Az energetikai hatékonyság területén ez valószínűsíthető, a bioüzemanyagok energiamérlegét a számítások túlnyomó többsége pozitívnak ítéli meg. A környezeti hatások megítélése sokat kutatott terület világszerte. Komoly kételyek merültek fel annak kapcsán,

hogy a bioüzemanyagok alapanyagainak gyártásához szükséges területek lekötése miatt élelmezési és egyéb ipari célokra új területek bevonása válik szükségessé, így jelentős környezeti károk keletkeznek (*Popp – Potori, 2011*).

Ugyanakkor nem szabad elfelejteni, hogy a fosszilis energiánál a vállalati költség alapján határozzák meg a fogyasztói árakat, a társadalmi költségek viszont ennél jóval magasabbak. Az USA-nak például a külföldi kőolaj importja évi 315-330 milliárd dollárba, vagyis naponta közel egymilliárd dollárba kerül (egy lakosra vetítve napi 1000 dollárba). A társadalmi költség azonban ennél magasabb, mert a közép-keleti olajmezők védelmére felhasznált nemzetbiztonsági kiadás évi 90 milliárd dollárt tesz ki, további 37 milliárd dollárt költenek évente környezetvédelemre, az olajszennyeződések tisztítására és nemzetgazdasági szinten legalább 750 ezer munkahelyet veszítenek el a folyékony motorhajtóanyagok előállításában (*Tyner, 2007*).

Számos új bioüzemanyag-gyártási technológia létezik, a magas kőolajár újabb technológiák kifejlesztésére ösztönöz, de ezek egyelőre még drágák. Az USA-ban és az EU-ban a jövőben elsősorban a mezőgazdasági melléktermékek – szalma, kukoricaszár, erdészeti, faipari hulladék – felhasználása jöhet szóba a lágy és fás szárú növények mellett. A cellulóztartalmú nyersanyag jelenleg még sokkal olcsóbb, de etanollá történő átalakítása drágább a kukoricánál a cellulóz lebontásához szükséges enzimek magas ára miatt. Továbbá gondot okoz a cellulózalapú nyersanyag betakarítása, tárolása és szállítása, a nagy volumen (2-4-szer nagyobb, mint a gabonafélék és olajnövények szemtermése) és a rövid tárolási lehetőség (kártevők és kórokozók jelenléte). Ennek költséghatékony logisztikája hiányzik még. Az USA sokkal több pénzt költ a második generációs üzemanyagok kutatására és fejlesztésére, mint az EU. Cellulózalapú folyékony hajtóanyagokból a kísérleti üzemek világszerte elenyésző mennyiséget állítanak elő. Technológiai és jövedelmezőségi problémák miatt az USA kormányzatának a bioüzemanyag-program hosszú távú célértékeit vissza kellett vágnia. Az előirányzat szerint 2022-ben a teljes bioüzemanyag-termelés (108 millió tonna) 44%-a cellulózból, 14%-a egyéb nyersanyagból (szennyvíziszap, hulladék stb.) készül, illetve a bioüzemanyag egy részét importálni fogják. Az USA tehát korlátozza a kukorica felhasználását az etanoltermelésben, hogy ne veszélyeztesse az élelmiszer- és takarmányipar nyersanyagellátását (*Popp – Potori, 2011*). Az Európai Bizottság 2012 októberében COM(2012)595 kódszámmal publikált törvényjavaslata nem változtatna a közlekedésben a megújulók 2020-ig elérendő 10%-os részarányán, a teljesítésben az elsőgenerációs bioüzemanyagok elismerését 5%-pontban korlátozná. Ha az Európai Parlament 2013 második felében elfogadja a javaslatot, akkor 2014-ben életbe léphet az új szabályozás. Így korlátoznák az EU-ban az élelmiszernövényekből (főleg gabonából, cukorrépából és olajnövényekből) előállított bioüzemanyag mennyiségét.

A globális szántó- és ültetvényterület 2,5%-át használja a bioüzemanyag-ipar (1. táblázat), ugyanakkor egyes országok néhány mezőgazdasági ágazatában komoly arányt képvisel a bioüzemanyag-gyártás számára termelt nyersanyag. Brazíliában a cukornádtermelés mintegy 50%-át használja fel az etanolipar, az USA-ban a kukorica- és szójaterület 20 és 40%-a szolgálja a bioüzemanyag-gyártást, az EU-ban a repceterület 60%-a biztosít nyersanyagot a biodízeliparnak A bioüzemanyag-gyártás nyersanyagának egy része melléktermékként, takarmányként (szója- és repcedara, DDGS, CGF stb.) visszakerül az állattenyésztésbe, ezért az energianövények globális földhasználata (szántó és ültetvény) a korábban kalkulált bruttó 2,5% helyett nettó 1,5%-ra csökken.

A bioüzemanyagok fix kötelező bekeverése

1. táblázat

Energianövények területigénye

	Bioetanol	Millió ha	Biodízel	Millió ha
Észak-Amerika	Kukorica	13,0	Szója, pálma, repce	5,0
Közép- és Dél-Amerika	Cukornád	4,5	Szója, ricinus, pálma és jatropha	9,0
Európa és Eurázsia	Búza és cukorrépa	1,5	Repce, szója, napraforgó	6,0
Egyéb országok	Manióka, cirok, cellulóz	1,0	Pálma, kókusz, jatropha	0,5
Összesen		20,0		20,5

Forrás: Thrän et al., 2012

növeli az árvolatilitást, ha a bioüzemanyag-gyártás nyersanyagainak készletállománya csökken. Nagyobb rugalmasságra lenne szükség a kötelező bekeverés meghatározásánál alacsony készletállomány és a növekvő élelmiszerárak időszakában. A kereskedelemtorzító intézkedések felszámolása, a technológiai haladás, a K+F támogatása és az elsőgenerációs technológiával előállított bioüzemanyag mennyiségének korlátozása (az USA-ban szabályozzák, az EU-ban 2012 végén bizottsági törvényjavaslat született, de még nem került az Európai Parlament elé) hozzájárulna a globális élelmezésbiztonság javításához.

A jövőben éleződő verseny várható a megújuló energiaforrások beruházásainak finanszírozásáért. Az előrejelzések szerint 2030-ig a nap- és szélenergia beruházásai az összes beruházás 37, illetve 32%-át teszik ki. Ezzel szemben hőenergia-előállításra, a bioüzemanyag-gyártásra és a hulladék biomassza felhasználására az összes finanszírozás csupán 6,7; illetve 8%-a jut. Ennek oka, hogy a nap- és szélenergia inputköltsége alacsony, a megtermelt energia árát pedig számos országban évekig (7-20 év) garantálják (*BNEF, 2011*).

A közlekedés energiahatékonyságának és szerkezetének alakulása kihatással lesz az energiaigényre és a biomassza-alapú üzemanyagigényre. *A bioüzemanyagok még hosszú ideig a hagyományos folyékony motorhajtóanyagokba bekeverve azok kiegészítői, nem pedig versenytársai lesznek, ami ösztönzi a vegyes üzemelésű gépjárművek gyártását.* Ebben Brazília és az USA vezet, de az EU-ban a gépkocsigyártók zöme még kivár a vegyes üzemelésű gépkocsik (*flex fuel vehicle: FFV*) előállításával a drágán kiépíthető üzemanyag-elosztó hálózat hiánya miatt. Az USA-ban a rugalmas üzemelésű gépjárművek általában benzinnel üzemelnek, mert az etanol drágább a benzinnél, az üzemanyagkutak jelentős hányada pedig nem értékesít benzin-etanol keveréket, ráadásul a fogyasztók zöme nem is tudja, hogy járműve E85-ös bioüzemanyaggal is üzemel. Svédországban a vegyes üzemelésű gépjárművek elterjedését egyéb kedvezménnyel – például ingyenes parkolási lehetőség, a belvárosba történő behajtás adómentessége – is elősegítik. Hogy milyen mértékben környezetbarát a vegyes üzemelésű gépjármű, attól függ, hogy E85-öt, tiszta benzint vagy benzin-etanol keveréket fogyaszt-e. Ennek ellenőrzése gyakorlatilag szinte megoldhatatlan, így a kedvezmény alapja a vegyes üzemelésű gépjármű E85-ös üzemanyag-fogyasztásának képessége és nem a ténylegesen elfogyasztott üzemanyag etanoltartalma (*Popp, 2011*).

Az EU hosszú távú célja egy közel szén-dioxid-semleges és kőolajtól független közlekedési rendszer kialakítása. Az előbbit indokolja a globális felmelegedés mérséklésének igénye, az utóbbit kikényszeríti az a tény, hogy a kőolaj lesz az első energiahordozó, amelynek termelése, készletei csökkenhetnek, piaci ára pedig gyorsan emelkedhet. Az elképzelések szerint a megújuló energiaforrásokból termelt elektro-

mos energia közvetlenül, illetve közvetve az árammal előállított hidrogéncella jelenti majd a távolabbi jövő közlekedésének energiaforrását, üzemanyagát. A jövőbeni rendszer kialakítása azonban hosszú folyamat eredménye lesz, a technológiai, pénzügyi és infrastrukturális hiányosságok miatt *még több évtizedig többnyire a hagyományosnak tekinthető módokon, belsőégésű motorokkal és folyékony üzemanyagokkal közlekednek majd, ezért elengedhetetlen ezek hatékonyságának fejlesztése* (*ERTRAC, 2010*). A későbbiekben a városi közlekedés, a helyi áruszállítás és a vasúti közlekedés energiaigényét elektromos motorok, a helyközi szállítás energiaigényét a dízelt felváltó biogáz- és földgázüzemű motorok biztosíthatják, míg a távolsági személy- és áruszállítás, illetve a légi közlekedés üzemanyagául megmaradnak a folyékony (fosszilis, szintetikus és biomassza-alapú) hajtóanyagok. Ebből következően a biomassza-alapú üzemanyagok felhasználására közép- és hosszú távon a helyközi és távolsági szállításban, továbbá a repüléstechnikában lehet számítani (*Popp – Potori, 2011*).

4. KÖRNYEZETBIZTONSÁG

A környezetbiztonság azt jelenti, hogy élelmiszert és energiát elkerülhető környezeti károk nélkül állítanak elő. Sokan nincsenek tisztában azzal, hogy milyen gyorsan fogynak az egyelőre még olcsó természeti erőforrások (exponenciális erőforrás-felhasználás), és sokkal gyorsabban termelődik a hulladék, mint amennyi idő alatt hasznos erőforrást tudnának nyerni belőle. Az emberek beszűkült tér- és időbelisége is a természeti erőforrások pusztításához vezet. Az ember térben és időben kiterjedten él és gondolkodik. A tér távlatai azt jelentik, hogy nemcsak arra a helyre korlátozódik az emberek felelőssége, ahol élnek, hanem tágabb értelemben kell figyelembe venni a tér fogalmát. Az időbeliség pedig az utódok felé mutatott magatartáson, jövőjük megőrzésén keresztül érthető meg. Ha az emberek úgy élnek, hogy életük nyoma (ökolábnyom) elég teret hagy leszármazottainak (időbeli távlat), valamint másoknak (térbeli távlat), akkor tágabban szemlélik a világot. Szemléletváltás nélkül a 2030-as években két Földre lesz szükség a jelenlegi életmód fenntartásához: 1986-ban használtak fel annyi megújuló erőforrást, mint amennyi abban az évben képződött, azóta nem létező környezeti hitelből folyik az élet fenntartása (*Wackernagel, 2009*).

Az energiából származó globális CO_2-kibocsátás évi 30 milliárd tonna. További cselekvés nélkül 2017-re a CO_2-kibocsátás eléri az engedélyezett maximumot a ma már létező erőművek, üzemek és épületek ÜHG-kibocsátásával. Az üvegházhatást okozó gázok kibocsátása mélyen a gazdaság szerkezetében gyökerezik. A bioüzemanyag-felhasználással megtakarított üvegházhatású gázok mennyiségéről szóló tanulmányok nagy különbségeket mutatnak, de összességében pozitív hatásról számolnak be. Korlátlan mennyiségben rendelkezésre álló fosszilis energia esetében is mérsékelni kellene annak felhasználását az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentése érdekében. Ugyanakkor az energianövények termelésének növelése újabb agrár-környezetvédelmi problémához vezethet. Újabban napvilágot látott egy a N_2O (dinitrogénoxid) globális felmelegedésre gyakorolt rendkívül káros hatásáról szóló elemzés, amely szerint az energianövények nitrogénműtrágyázásával a földből a légkörbe kerülő extra N_2O sokkal nagyobb mértékben járul hozzá a globális felmelegedéshez, mint a bioüzemanyag felhasználásával megtakarított CO_2-kibocsátás a „lehűléshez" (*Crutzen et al., 2007*).

Annak érdekében, hogy a bioüzemanyagok felhasználása ténylegesen hozzájáruljon az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkenéséhez, a bioüzemanyagok csak abban az esetben számítanak bele a kötelezettségek teljesítésébe és csak akkor támogatha-

tók 2011-től (a 2008 előtt beüzemelt gyárak esetében 2013-tól), ha előállításuk és felhasználásuk a fosszilis energiahordozókhoz képest legalább 35%-kal csökkenti az üvegházhatású gázkibocsátást. Az üvegházhatású gázkibocsátást 2017-től már 50%-kal (a 2017 után beüzemelt bioüzemanyag-gyárak esetében 2018-tól 60%-kal) kell redukálni (*Popp – Potori, 2011*). Az üvegházhatású gázkibocsátás-megtakarítás alapértelmezett értékei akkor alkalmazhatók, ha a szóban forgó bioüzemanyagok nyersanyagát

• a földhasználat közvetlen megváltozásából eredő nettó szénkibocsátás nélkül állították elő;

• a Közösségen kívül termelték;

• a Közösség azon területein termelték, ahol a mezőgazdasági nyersanyag termeléséből származó jellemző üvegházhatású gázkibocsátás várhatóan alacsonyabb az irányelvben erre meghatározott alapértelmezett értéknél vagy megegyezik azzal (a területekről a tagállamoknak nyilatkozniuk kell);

• vagy hulladékok felhasználásával állították elő azokat.

A bioüzemanyagok használatával elért *tényleges* üvegházhatású gázkibocsátásmegtakarítást úgy kell kiszámítani, hogy a bioüzemanyag fosszilis megfelelőjének (fosszilis komparátor) használatából eredő összes kibocsátás és a bioüzemanyagok használatából eredő összes kibocsátás különbségét kell viszonyítani a fosszilis komparátor használatából eredő összes üvegházhatású gázkibocsátás értékéhez. A bioüzemanyagok használata során keletkező összes ÜHG-kibocsátás számításánál – az irányelv módszertana szerint – figyelembe kell venni a nyersanyagok előállítása, a földhasználat közvetlen változása, valamint a feldolgozás, szállítás, elosztás, felhasználás során keletkező kibocsátásokat és az energiatermelés (kogeneráció), illetve a szén megkötéséből, tárolásából stb. származó kibocsátásmegtakarításokat. (A gépek és berendezések gyártása során keletkező kibocsátásokkal azonban nem kell számolni.)

Az EU-ban előállított bioüzemanyagoknál a tagállamok hatáskörébe tartozik a fenntarthatósági kritériumok betartásának ellenőrzése, így nemzeti szinten kell előírniuk a gazdasági szereplők számára az auditok bevezetését, amelyekkel a fenntarthatósági kritériumok betartását dokumentálják. A harmadik országokból származó bioüzemanyagok esetén a Közösség a beszállító országokkal kötött megállapodásban rögzíti a fenntarthatósági kritériumok betartására való kötelezettséget, a továbbiakban nem ellenőrzi a nyersanyag-előállítást (*Popp – Potori, 2011*).

Ha az EU-ban csökken az atomenergia alkalmazásának aránya, úgy ezzel párhuzamosan egyéb kiegészítő, alacsony CO_2-kibocsátással járó energiaforrásokra lesz szükség a villamosenergia-termelésben, mert egyébként nem teljesíthető az üvegházhatást okozó gázok csökkentésére és az energiaellátás biztonságára vonatkozó célkitűzés. Az EU tagállamai vállalták, hogy 2020-ig uniós szinten 20%-kal csökkentik az 1990-es szinthez képest az üvegházhatást okozó gázok kibocsátását, továbbá 20%-ra növelik a megújuló energiaforrások részarányát.

5. MAGYARORSZÁG MEGÚJULÓ ENERGIATERMELÉSÉNEK KILÁTÁSAI

A kormány a 2010-ben elfogadott *Nemzeti Megújuló Energia Hasznosítási Cselekvési Terv*ben vállalta, hogy megújuló energiaforrások felhasználására vonatkozó 2020-ra érvényes 13%-os célértéket 14,65%-ra növeli a teljes energiafelhasználásban a 2010. évi 7,4%-ról. A kötelezettségvállalás mértékének növelése ellenére Magyarország a tagállamok rangsorában a mezőny alján helyezkedik el (*Nemzeti Fejlesztési Minisztérium, 2010*).

Magyarország a megújuló energiaforrások tekintetében igen siralmas adatokat tud fel-

mutatni. A kötelező vállalással ellentétben a fosszilis energiaforrások felhasználásának mértéke nő a megújulók kárára. Szinte csak matematikai esély van arra, hogy elérjük a 14,65%-os célértéket az évtized végére. A magyar megújuló energetikai szabályozás az utóbbi években teljesen megváltozott, az új támogatási rendszer (*Megújuló Támogatási Rendszer: METÁR*) részletei pedig még nem jelentek meg. A főszerepet a biomassza és a geotermikus energia kapná, a 2010-es 47,36 PJ biomaszsza-kapacitást 88 PJ-ra, a 4,48 PJ hazai geotermikus energiát 22,52 PJ-ra növelnék. A geotermikus energia esetében a kitűzött cél teljesítéséhez nagyjából 200 kutat kellene fúrni, ami a teljes magyar kapacitást lekötné. A tapasztalható késést tetézi, hogy ráadásul nagyon kevés az előkészített projekt. Kisebb szerepet kap a nap-, a szél- és a vízenergia, a szélerőmű-kapacitást nagyjából megduplázzák, de a 0,25 PJ napenergiát 3,73 PJ-ra növelnék. A szélenergia tekintetében sem valósítható meg a célérték, mert egyelőre új szélerőmű telepítésére nincs is kilátás. A nyertes a napenergia lehet, mert ez a technológia az utolsó pillanatban is telepíthető.

2010-ben az EU teljes energiafogyasztásának mintegy 5%-át fedezte fával és fahulladékkal, amelyek a legnagyobb mennyiségben felhasznált megújuló energiaforrások, ugyanis a megújuló energiatermelés 40%-át képviselik (*EUROSTAT, 2012*). A tagállamok többségében a fa és fahulladék az első számú megújuló energiaforrás, Magyarországon 77% a részaránya (10. ábra). Az anyagi nehézségek miatt ugyanis mind többen fűtenek a gáznál olcsóbb fával. Az EU átlagában a kitermelt körfának (évi 429 millió köbméter) mintegy 21%-ából lesz tűzifa. Svédország, Németország, Franciaország és Finnország együttesen az EU-27 termelésének több mint felét adják. A körfát fő felhasználási módja alapján ipari körfára, illetve tűzifára lehet elkülöníteni. A tagállamok zömében az ipari célú felhasználás messze fölülmúlja a tüzelésiét, három tagország azonban több tűzifát termelt, mint ipari körfát: Olaszországban 74%-át, Görögországban 72%-át, Magyarországon pedig a kitermelt teljes mennyiség 52%-át használták tüzelésre. Magyarországon a biomassza rendelkezik a legnagyobb potenciállal az egyes megújuló

10. ábra

Magyarországon a megújuló energiaforrás 77%-a fa és fahulladék



energiaforrások között, de az értékes körfa eltüzelése helyett az energianövények termelésére és a mezőgazdasági melléktermékekre indokolt hangsúlyt fektetni. E helyzet kialakulásához hozzájárult az is, hogy az utóbbi években a gazdasági nehézségek miatt a magyar lakosság mind nagyobb része tér vissza a gáztüzelésről a fával, fahulladékkal, illetve egyéb szilárd – gyakran veszélyes – anyagokkal történő fűtésre.

Magyarországon a nukleáris energia a villamosenergia-termelés 43,5%-át tette ki 2011-ben, az EU-27-ben ennél magasabb arányt Franciaország (78%), Szlovákia (55,3%) és Belgium (54%) tud felmutatni. Magyarországon a Paksi Atomerőmű bővítésével ez az arány tovább emelkedik a jövőben, habár az EU-ban 2011-ben az előző évinél 1%-kal kevesebb nukleáris energiát állítottak elő (*EUROSTAT, 2012*). A Paksi Atomerőmű bővítésének megvalósulásával az ország energetikai bázisa túlságosan egydimenziójúvá válik, a beruházás nagy költsége elszívja a megújuló energia támogatási forrásait.

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

(1) Anderson, B. (2009): Peak Oil Primer. Energy Bulletin, June 16, http://www2.energybulletin.net/primer – (2) BNEF (2011): Global Renewable Energy Market Outlook. Bloomberg New Energy Finance, https://www.bnef.com/PressReleases/view/173-m – (3) Crutzen, P. J. – Moiser, A. R. – Smith, K. A. – Winiwarter, W. (2007): N_2O release from agro-biofuel production negates global warming reduction by replacing fossil fuels. Atmospheric Chemistry and Physics Discussions, 7, 1191-1205. pp. – (4) ERTRAC (2010): Future Transport Fuels, The Energy Pathway for Road Transport. European Road Transport Research Advisory Council – (5) EUROSTAT (2012): Europe in figures – Eurostat yearbook 2012: Agriculture, forestry and fishery http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_OFFPUB/CH_08_2011/EN/CH_08_2011-EN.PDF – (6) FAO (2011): Energy-smart food for people and climate. Issue paper, FAO, Rome, http://www.fao.org/docrep/014/i2454e/i2454e00.pdf – (7) IEA Bioenergy (2009): A Sustainable and Reliable Energy Source. Main Report, International Energy Agency, Paris – (8) IEA (2011): Are we entering a golden age of gas? Special report, World Energy Outlook 2011. International Energy Agency, Paris, http://www.iea.org/weo/docs/weo2011/WEO2011_GoldenAgeofGasReport.pdf – (9) Krausmann, F. – Erb, K. H. – Gingrich, S. – Lauk, C. – Haberl, H. (2008): Global patterns of socioeconomic biomass flows in the year 2000: A comprehensive assessment of supply, consumption and constraints. Ecological Economics, 65(3): 471-487. pp. – (10) Licht, F. O. (2013): World Ethanol and Biofuel Report (Jan.-Dec.). Agra Informa, London – (11) Nemzeti Fejlesztési Minisztérium (2010): Magyarország megújuló energia hasznosítási cselekvési terve a 2020-ig terjedő megújuló energiahordozó felhasználás alakulásáról (a 2009/28/EK irányelv 4. cikk (3) bekezdésében előírt adatszolgáltatás). – (12) Popp J. (2011): Növekvő feszültség az élelmiszer- és bioüzemanyag-ipar között? In: Fertő I. – Forgács Cs. – Jámbor A. (szerk.): Változó prioritások az európai mezőgazdaságban. Agroinform Kiadó és Nyomda Kft., Budapest, 137-156. pp. – (13) Popp J. – Potori N. (2008): Az élelmezés-, energia- és környezetbiztonság összefüggései. Gazdálkodás 52. évf. 6. sz. 528-544. pp. – (14) Popp J. (szerk.) – Aliczki K. – Garay R. – Kozak A. – Nyárs L. – Radóczné Kocsis T. – Potori N. (szerk.) (2011): A biomassza energetikai célú termelése Magyarországon. Agrárgazdasági Könyvek, Agrárgazdasági Kutató Intézet, Budapest, 159 p. – (15) Smil, V. (2000): Energy Transitions: History, Requirements, Prospects. Praeger, USA (e-book) www.abc-clio.com – (16) Thrän, D. – Bunzel, K. – Witing, F. (2012): Sustainable Bioenergy Cropping. Presentation, 12th Congress of the European Society for Agronomy. Helsinki, Finland, 20-24 August 2012 – (17) Tyner, W. (2007): U.S. and French Biofuels Policies – Possibilities for the Future. OECD Workshop on Bioenergy Policy Analysis. Sweden, Umeå, 22-23 January 2007 – (18) Wackernagel, M. (2009): Involving Society in Valuating Ecosystem Services. World Science Forum, Budapest, 11. 06. 2009.