

Fenntartható energiagazdálkodás – a megújuló energiaforrások hasznosításának jelentősége, korlátai és lehetőségei

Dombi Mihály

Debreceni Egyetem Agrár- és Műszaki Tudományok Centruma,
Gazdálkodástudományi és Vidékfejlesztési Kar, Debrecen
dombim@gmail.com

ÖSSZEFOGLALÁS

Az előttünk álló évszázad legnagyobb kérdése az lesz, hogy az emberiség képes lesz-e olyan irányba terelni fejlődését, amelyet a fenntartható jelzővel illehetünk. A minket fenyegető globális problémák egyik fő összetevője az energiagazdálkodás környezetterhelése, melyet jelentősen csökkenthetünk a megújuló energiaforrások hasznosításával. Dolgozatom célja, hogy felvázolja egy fenntartható energiagazdálkodás modelljét, realisan elhelyezve benne a megújuló energiaforrásokat, leképezve ezt hazánk, Magyarország lehetőségeire.

Kulcsszavak: fenntartható energiagazdálkodás, energiakeverék, megújuló energiaforrások

SUMMARY

The biggest question of the century standing before us is that if people will be able to direct the development to sustainable direction. One of the components of global problems threatening us is the pressure that the energy management puts on the environment, which can be significantly lowered by utilizing renewable energy sources. The aim of my study is to draft the model of a sustainable energy management, putting the renewable energy sources into it in a sensible way, regarding the possibilities of Hungary.

Keywords: sustainable energy management, energy mix, renewable energy resources

BEVEZETÉS

Napjainkra bebizonyosodott, hogy az energiaellátás az emberiség egyik legkárosabb tevékenysége az ökoszisztémára – így önmagára nézve is. Ennek ellenére a fejlett világban már nem tudjuk elképzelni életünket a kényelmes energiahordozók segítségével, sőt évről-évre növeljük energiaigényünket. Ez a kettősség megköveteli, hogy minden lehetséges eszközt igénybe vegyünk annak érdekében, hogy folyamatosan csökkenteni tudjuk az energiarendszer ökoszisztémára gyakorolt hatását.

Dolgozatomban szeretném sorra venni ezen eszközöket, és képet adni egy olyan energiakeverékről – mely magában foglalva az energiahordozók beszerzési irányait, átalakításuk módját, technológiáját és a nyert energia felhasználását – a fenntarthatóság irányába mutat. Egy nemzetgazdaság energiagazdálkodási rendszerének vizsgálatakor és fejlődési irányának keresésekor arra kell összpontosítani, hogy az minél kisebb nyomást fejtessen ki a környezetre, járjon

kedvező társadalmi hatásokkal, és ne szabjon gátat a gazdasági fejlődésnek. Először az energiagazdálkodás fenntarthatóságának követelményeiről alkotok képet, majd Magyarország rövid energetikai szempontú bemutatása után a megújuló energiaforrások alkalmazásának lehetőségeit, és azon lényeges korlátait vázoló fel, melyek behatárolják szerepüket az energiakeverékben. Végül kísérletet teszek az ország energiagazdálkodásának szükséges fejlesztési irányainak leírására – különböző időtávokon.

FENNTARTHATÓ ENERGIAGAZDÁLKODÁS

A világ energiafelhasználása az ezredfordulóra 400 EJ-ra emelkedett (Vajda, 2004), 2007-ben pedig elérte az 507 EJ-t, miközben egy év alatt 2,9%-kal nőtt (Enerdata, 2008). A jelenlegi, főleg fosszilis energiahordozókra alapozott energiarendszerünk több ponton is sérti a fenntarthatóság elvét. A készletek kiaknázásának időtávja nem mérhető az újratermelődésükhöz szükséges időhöz, mindemellett már önmagában is gyakran természetkárosító tevékenység. Az energia előállítása sok szennyezőanyag kibocsátásával jár, e tekintetben talán a legfontosabb a szén-dioxid emissziója, melynek legnagyobb része a tüzelőanyagok égetésével kerül a légkörbe, és hozzájárulása a globális felmelegedéshez 50-60% (Pálvölgyi, 2000). Nem javít a helyzeten az egész vertikum során fellépő veszteség nagy aránya, valamint a hulladékkezelés egyes esetekben jelentős problémája sem.

Elmondható tehát, hogy az energiagazdálkodás úgy tehető fenntarthatóbbá, ha minden szinten csökkentjük annak negatív hatásait, alkalmazkodva ezáltal a Föld természetes körfolyamataihoz a természeti erőforrások ésszerűbb kihasználása által, a veszteségek minimalizálásával és a károsanyag-kibocsátások csökkentésével. A fenntarthatóság gazdasági és társadalmi pilléreinek figyelembevételével pedig azzal jellemezhető az ideális rendszer a fent leírtak mellett, hogy nem okozza a gazdaság visszaesését, sőt egyes iparágak fejlődésén át serkenti azt, valamint elkerüli a változásokból eredő társadalmi károkat (pl. munkanélküliség a korábbi szénbányák körzetében), és új lehetőségeket teremt (vidéki területek eltartóképességének növekedése).

A mai, fenntarthatatlan energiagazdálkodás kialakulásának tényezőit és annak lehetséges megoldásait érzékelteti az 1. ábra.

1. ábra: A fenntarthatatlan energiagazdálkodás okai és lehetséges megoldásai

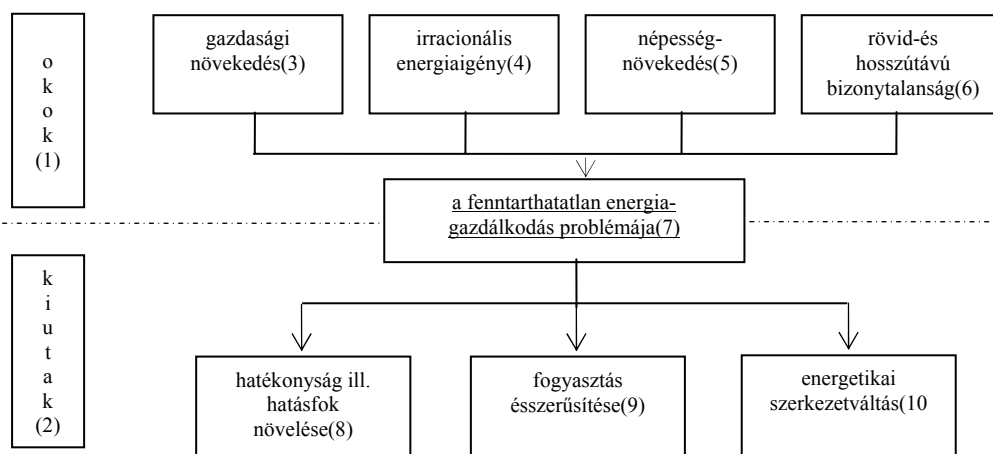


Figure 1: The reasons and the possible solutions of the unsustainable energy management reasons(1), solutions(2), economic grow(3), irrational energy demand(4), the grow of the population(5), short- and long-term uncertainty(6), the problem of the unsustainable energy management(7), expand of teh efficiency and effectivness(8), racionalisation of the consurmrtion(9), change of the energy structure(10)

A népesség jelentős növekedése a fejlődő országokat jellemzi, míg a túlzó energiafelhasználás inkább a fejletteket – valamint újabban egyes fejlődőket. A fejlődő országok energiagazdálkodására a népességnövekedésén kívül az életszínvonal emelkedésének jogos igénye is jelentős nyomást gyakorol. Az irracionális energiaigényeket azonban feltétlenül csökkentenünk kell, ezért elengedhetetlen a társadalmak környezettudatosságának növelése. A rövid távú bizonytalanság az energiaforrások egy-két évtizeden belüli elérhetőségét jelenti, hiszen ezen konvencionális nyersanyagok, melyekre jelenlegi energetikai rendszerünk épül (szén, kőolaj, földgáz), földrajzilag korántsem egyenletesen oszlanak el a Földön, és nagyrészt politikailag instabil területeken található – ellentétben a físzis és fűzsis erőművek lehetséges nyersanyagaival, melyek eloszlása jóval egyenletesebb (Vajda, 2004). A hosszú távú bizonytalanság a nyersanyagok kimerülésének kérdését jelenti, egyes energiahordozók áremelkedése pedig már jelenleg is komoly problémákat okoz, ez várhatóan hosszútávon is fennmaradó jelenség. A hatékonyság, illetve a hatásfok folyamatos növelése elengedhetetlen, de talán a legnagyobb változtatásokat energiagazdálkodásunkban a szerkezetváltás által érhetünk el. A megújuló energiaforrások alkalmazása is ebbe a körbe tartozik, jelenleg leginkább kielégítve a fenntarthatóság követelményeit, hiszen esetükben a források kimerülésétől nem kell tartanunk, alkalmazásuk során nem lépnek fel olyan mértékű káros kibocsátások, melyek a konvencionális energia-előállítást jellemzik. Éppen ezért elengedhetetlen hasznosításuk nagyságrendi növelése; a technológiák fejlesztése és erőteljes támogatásuk szükséges. A fenntartható fejlődés érdekében tehát együttesen kell keresnünk a fent vázolt megoldás felé mutató kiutakat: az energiakeveréket a fenntarthatóság

irányában kell fejleszteni, az energiahasználat terén pedig ésszerűsítésre és folyamatosan javuló hatékonyság ill. hatásfok elérésére kell törekednünk.

MAGYARORSZÁG ENERGIAGAZDÁLKODÁSÁRÓL RÖVIDEN

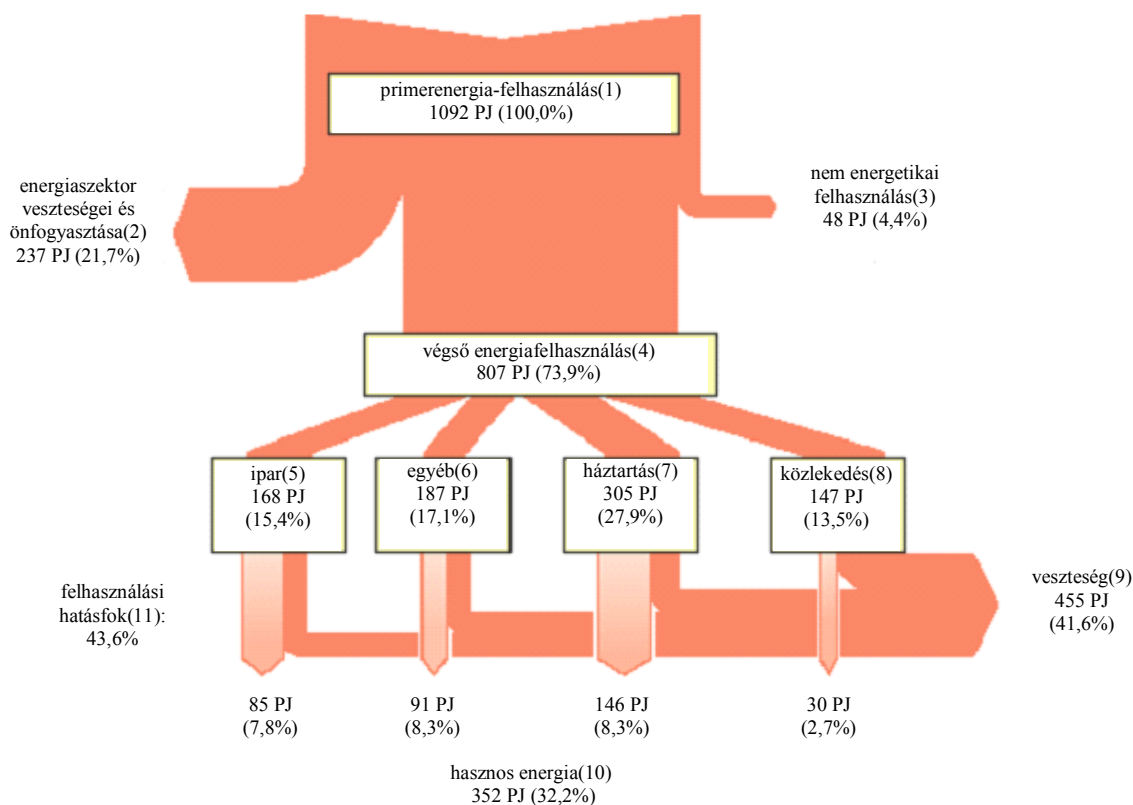
Magyarország energiafelhasználása az elmúlt évtizedben emelkedő tendenciát mutatott, 1995 és 2006 között mintegy 7%-kal növekedett, 2007-ben pedig elérte az 1125 PJ-t. Az ország CO₂ kibocsátásának kb. 97%-a tüzelőanyagok elégetéséből származik (Pálvölgyi, 2000), és egyéb károsanyag-emissziók többsége is energetikai folyamatokhoz köthető. Hazánk egyre kevésbé önálló energiagazdálkodását tekintve, különösen igaz ez a szénhidrogének esetében. Ez illeszkedik az európai országok hasonló tendenciájához, ami hozzájárul a hosszú távú ellátásbiztonság csökkenéséhez. A földgáz tekintetében különösen fontos a forrásdiverzifikáció, hiszen sokoldalúan felhasznált, a lakosság alapvető igényeit kielégítő energiahordozóról van szó, mindemellett környezeti szempontból kedvezőbb más fosszilis energiaforrásoknál, és energetikai jellemzői is növelik pozitív szerepét az energiakeverékben. Felhasználása az összes energia 41%-a volt 2006-ban, ami évről-évre növekszik. Egyre égetőbb kérdés az Oroszország felől érkező gáz legalább egy részének kiváltása, hiszen az orosz fél alapvető érdeke az egyoldalú függés által tovább növelni bevételeit gázkészleteinek nagyarányú értékesítésével (Ludvig, 2006). Egyre erőteljesebben jelenik meg a tranzitbiztonság kérdése is.

A szén energetikai szerepe visszaesett a vizsgált időszakban (2006-ban 11%), ami környezeti szempontból pozitív fejleménynek tekinthető, a nukleáris energia aránya pedig 12%. A megújuló energiaforrások részvétele az energiatermelésben

jelentősen emelkedett. A végső energiafelhasználás formáiról elmondható, hogy a legnagyobb szerepe a földgáznak van, közel 40%, a folyékony szénhidrogének 29%-os arányban kerültek hasznosításra, és villamos energia hordozza a felhasznált mennyiség majdnem 17%-át.

Ezen primer és szekunder energiahordozók jelentősége folyamatosan nő a szilárd energiahordozók (7%) és a távhőszolgáltatás (9%) rovására (Vajda, 2004). A 2. ábra szemlélteti Magyarország energiafolyamait az átalakítás és felhasználás tekintetében.

2. ábra: A feltételezett teljes magyar energiafolyam 2003-ban



Forrás: Csom et al., 2006

Figure 2: The supposed hungarian energy stream in 2003

primary energy consumption(1), the loss and own consumption of the enegetics(2), not energetic consumption(3), final consumption(4), industry(5), others(6), households(7), traffic and transport(8), loss(9), useful energy(10), effeciency of the consumption(11)

Az ábrán jól nyomon követhető, mely szegmensek milyen arányban részesednek a magyar energiafelhasználásból. Figyelemre méltó a közlekedés nagy felhasználási vesztesége, ennek oka a közúti közlekedés mechanikai energiaátalakításának alacsony hatásfoka, ezért itt az energiatakarékosság szempontjából a csökkenő igénybevétel járhat kisebb energiafelhasználással. A háztartások felhasználási hatásfoka javítható, például hőszigeteléssel, korszerűbb berendezések alkalmazása által. Az energiaátalakítás, tehát az energetikai szektor hatásfoka jónak mondható, annak ellenére, hogy a magyar rendszer sok tekintetben elavult. A végső felhasználási hatásfok azonban európai szinten már kifejezetten gyenge. A nemzetgazdaság energiaigényessége (az energiafelhasználás és a GDP hányadosa) 22%-kal meghaladja az Európai Unió átlagát (Csom et al., 2006).

Látható, hogy energiagazdálkodásunkat fenntarthatóbbá kell tenni, ennek legfontosabb elemei lesznek a jövőben az energiaforrások szerkezetének változtatása a környezetterhelés csökkentése érdekében, a földgázbeszerzés diverzifikációja ellátásbiztonsági és gazdasági megfontolásból, valamint a hatékonyság növelése.

MEGÚJULÓ ENERGIAFORRÁSOK AZ ENERGIAKEVERÉKBEN

Magyarországon a megújuló energiaforrások aránya a primer energiafogyasztásban 2007-ben 4,9% volt. A megújuló energiaforrásoknak nagy szerepe van abban a folyamatban, melynek során energiakeverékünket időben változtatnunk kell – saját érdekünkben. Amellett, hogy használatukkal növelhető az ország energiabiztonsága, általában új, magas technológiai szintű termelőkapacitások és szolgáltatások fejlődését hozzák magukkal,

munkahelyeket teremtenek. Növekszik általuk a vidék eltartóképesége a gazdasági tevékenység diverzifikációjával. A megújuló energiaforrások alkalmazásának fejlesztése járulékos beruházásokkal és munkahelyteremtő képességével pozitív nemzetgazdasági hatásokat fejt ki.

Mindannyiunk érdeke tehát a megújuló energiaforrások szerepének növelése, támogatásuk, most mégis az elterjedés legnagyobb korlátait venném számba. Hangsúlyozom, céloom nem az, hogy megcáfoljam jelentőségüket, hanem felhívni a figyelmet arra, hogy azok valószínűleg nem lesznek képesek ellátni a nemzetgazdaság növekvő energiaigényét. Az ország energiagazdálkodását tehát összetetten kell vizsgálnunk, megtalálni abban a megújuló energiák helyét, korlátaikat sorra véve pedig olyan irányt kijelölni az energiagazdálkodás fejlődésének, melyben a megújuló energiaforrásoknak minden esetben a lehető legnagyobb szerepet szánjuk, de az általuk nem fedezett, nem fedezhető kapacitásokat is a leginkább fenntartható módon termeljük meg és használjuk fel. A hasznosítás fő korlátait három csoportba soroltam, ezek a következők: technológiai-, gazdasági- és rendszerkorlátok.

Az egyes energiaforrások technológiai korlátai

Ebben a fejezetben röviden bemutatom az egyes megújuló energiaforrások hasznosításának lehetőségeit, és a technológiai korlátok közül azokat a tényezőket ismertetem, melyek határt szabnak az adott forrás kihasználásának. Ezek fizikai, technikai akadályok, de egyes esetekben természetvédelmi megfontolások lehetnek.

Magyarországon a megújuló forrásból nyert energia majdnem 90%-a *biomassa*-eredetű. A biomassa hasznosítására számos technológia fejlődött ki, sokoldalúan alkalmazható, a megújuló energiaforrások között hazánkban szinte egyeduralgó a hő- és villamos energia termelésében, mindemellett motorhajtóanyagok előállítására is alkalmas. Az elsődleges agrártermékek hajtóanyagok gyártására való felhasználása által támasztott kereslet azonban részben konkurens az alapvető élelmiszeripari alapanyagok termelésének, a 2006 után bekövetkezett erőteljes globális áremelkedésben ennek szerepe mintegy 10-25%. A jelenséget előidéző folyamatok főleg a készletek gyors apadása, agrárpolitikai változások és a spekulációs kereskedelem voltak (Popp és Potori, 2008). A hosszú távú áremelkedés okai pedig a népességnövekedés, valamint az a tendencia, hogy az urbanizáció és a nemzetközi kereskedelem növekvő aránya folytán távolodnak a termelés és a felhasználás térségei, ami a szállítási költségek növekedését is okozza (Popp, 2008). Az élelmiszerellátás biztosítása azonban egyértelmű társadalmi érdek, ezért a jövőben mindenképpen ügyelnünk kell az agrártermékek piacának egyensúlyára. Hazánkban alapanyag szempontjából van lehetőség a biohajtóanyagok növekvő mértékű

előállítására: 2004 és 2007 között a belföldi igény gabonafélék, napraforgó és repce tekintetében is alacsonyabb volt az összes hozamnál, ráadásul az üzemanyag előállításához felhasznált termények nem vesznek el az élelmiszervertikum számára: visszamaradó melléktermékük a takarmánybázist gazdagíthatja (Bai, 2008b). Bioetanol előállításának céljára valószínűleg Magyarországon a kukorica termesztése a legcélravezetőbb a kedvező adottságok és a jó tárolhatóság miatt. Már rendelkezünk olyan speciális hibridekkel, melyekkel a bioetanol-kihozatal akár 4-6%-kal magasabb lehet (Bai és Sipos, 2009), valamint hosszútávon várható az Európai Unióban a GMO hibridek engedélyezése is versenyképességi okokból, ez tovább növelheti az előállítható etanolmennyiséget. Mindkét biohajtóanyag azonban csak kis százalékban keverhető ásványi hajtóanyagokhoz mai motorok esetén – a bioetanol 5, a biodízel pedig 20%-ban –, ezért a közlekedési szektor környezetterhelését önmagukban nem oldják meg. A bioetanol-előállítás fő forrása hazánkban továbbra is a gabona marad a második generációs, cellulóz alapú etanoltermelés megjelenéséig. A repce és a napraforgó termesztése esetén a vetésváltási korlát jelent behatároló tényezőt, illetve repce esetén ezen felül az alacsony termésbiztonság. A biodízel és bioetanol formájában energetikailag hasznosított biomassa technikai potenciálja hazánkban 12 PJ évente (Bai et al., 2007).

A melléktermékek közvetlen égetése szintén korlátozott lehetőségeket rejt, mivel mezőgazdasági területeink nagysága véges, és egyidejűleg jelentkezik az állattenyésztés igényei (almózás, takarmányozás). A mezőgazdasági melléktermékek közül kiugróan magas, 90 PJ/év a kukoricaszár eltüzelésének elméleti potenciálja, ezen nyersanyagra kifejlesztett kazánok hátránya azonban, hogy más nyersanyagok elégetésére gazdaságosan jelenleg még nem alkalmasak. Jelentős ezen kívül a búzaszalmában rejlő lehetőség is, az évi 2 Mt szalma, ami az állattenyésztésben nem hasznosul, 27,6 PJ energiát képvisel (Bai et al., 2002).

A Magyarországon termelődő dendromassa energetikai hasznosításának nagy jelentősége van, ez bizonyos mértékig a jövőben tovább fokozható. Erdő borítja hazánk területének egy-ötödét, ezen társulások számos gazdasági, társadalmi és környezeti funkciót töltenek be. Az erdők területe és a favagyron egyaránt növekvő tendenciát mutat, sok esetben a szakmailag kifejezetten indokoltnál kevesebb faanyag kerül kitermelésre az évek során (Führer, 2005), ami azt jelenti, hogy már rövid távon is növelhető lenne a dendromassa energetikai célú kiaknázásának mértéke. Erdeinkben az éves növedék több mint 9 millió m³, ebből napjainkban kb. 7 millió m³ kerül kitermelésre. Tehát évente jelenleg 2 millió m³ kitermelési tartalék keletkezik, a tűzifa mennyisége évi 1,8 m³-re tehető, ezen energiaforrások hasznosítása évi 30-35 PJ energiát jelenthetne összesen (Bai, 2008a). A vágástéri apadék (1,4 mill. m³) figyelembe vételével az érték még magasabb lehet, ennek felhasználása azonban már kétségeket vet fel: a szállítás és kezelés

gazdaságosságától függ (Sembery és Tóth, 2004). Ökológiai adottságaink lehetővé tennék az erdőterületek növelését akár 2,7 mill. ha-ig, ami az ország területének közel 30%-a, ennek megvalósulása a mezőgazdaságilag racionálisan nem hasznosítható területeken mehetne végbe. Nagy jövő várhat az energetikai faültetvényekre, nedves, üde talajú területek hasznosítására a fűz és nyár speciális fajtáinak, laza, tápanyagszegény talajokon az akác, szélsőséges talajokon pedig a pusztaszil telepítése célravezető. A gyors növekedési erélyű, rövid vágásfordulójú ültetvények 4-5 évente nagy hozammal betakaríthatók, 5-6 periódussal számolva pedig 25-35 év után alacsony költséggel, sarjzatotva felújíthatók. Szakasos telepítéssel a gazdálkodó minden évben jövedelemhez juthat.

A biomassza talán legsokoldalúbb felhasználási lehetősége a biogázelőállítás. Biogáz előállítható növényi termékekből (energiafű, silókukorica, cukorrépa, stb.), trágyából, szennyvízből és kommunális hulladékokból – utóbbiak feldolgozása különösen fontos szempont. Ez az energiahordozó ezután felhasználható fűtésre, villamosenergia-termelésre vagy üzemanyagként, értékesíthető tisztított biogázként. A feldolgozás ikerterméke a rendkívül magas biológiai értékű biotrágya, melynek hatása igen pozitív növénytermesztési szempontból. Magyarországon ma 10 mill. m³ biogázt hasznosítanak, ez a lehetőségeknek csak 0,04%-a. Jelenleg hazánkban 14 helyen folyik depóniagáz hasznosítása, az ezredforduló után erőteljesen megemelkedett hulladékkezelési díjak gyakorlatilag teljesen fedezik a hulladéklerakók üzemeltetési költségét, korszerűbb lerakók esetén pedig a fejlesztések költségeit is, így ezen a téren lehetőség nyílt a beruházásokra. A 60 hazai szennyvíztisztító telep közül 12 termel biogázt, ennek azonban alapfeltétele gazdaságosság szempontjából legalább 10.000 lakos hulladékának feldolgozása (Bai et al., 2007). Nagyléptékű, almostrágyára és állati hulladékokra alapuló biogáztermelés csak Nyírbátorban és Bánhalmán folyik, de számos projekt vár megvalósításra. A tisztított biogáz motorhajtóanyagként nagyon kedvező üzemi tulajdonságokkal rendelkezik: csökken az olajfelhasználás, kisebb mértékű a motorkopás, és a biohajtóanyagok közül egységnyi üzemanyaggal a legnagyobb távolság tehető meg. Elterjedésének infrastrukturális korlátai vannak, valamint az, hogy termelői oldalról egyéb felhasználási formákkal nagyobb nyereség érhető el. A biogáz gazdaságos előállításának feltétele, hogy helyben, nagymennyiségű és folyamatosan rendelkezésre álló alapanyagbázis álljon a termelő rendelkezésére. Emellett elengedhetetlen a keletkező melléktermékek hasznosítása, akár saját felhasználás, akár értékesítés révén. A biogáz előállításában rejlő technikai potenciál 77,2 PJ évente, ennek kihasználása véleményem szerint elsődleges fontosságú, különösen a hulladékok hasznosítása, ártalmatlanítása terén.

A hőtermelés hatásfokának tekintetében a biomassza eredetű tüzelőanyagok kismértékben

maradnak el a fosszilis tüzelőanyagoktól, a fa és a mezőgazdasági melléktermékek égetésének hatásfoka 86% ill. 80%, a biogáz esetén ez az érték 70%, szemben a földgáz 90%-os, és a barnakőszén 86%-os hatásfokával. A villamos energia előállításának hatásfoka fa esetén 30%, mezőgazdasági termékeknél 25%, feketekőszén esetén pedig 44%. A legjobb hatásfokon előállítható villamos energiát a földgáztüzelés szolgáltatja (52,5%), a biogáztüzelés hatásfoka 42% (EU referencia hatásfokok 2006-ban) (Büki, 2007). A biomassza energetikai felhasználásának egyes formái azonban jelentősen eltérnek egymástól energiamérlegüket tekintve. A biohajtóanyagok energiamérlege – tehát az előállításához szükséges és a kinyerhető összes energiamennyiség hányadosa – enyhén pozitív, az előállítás alapanyagától függően. Az energiaültetvények mérlegének energiatöbblete a bioüzemanyagoknál nagyságrendileg nagyobb, a legkedvezőbb, kiemelkedően pozitív energiamérlege pedig a természetes erdőknek van (Bai et al., 2002; Büki, 2007).

Pusztán energiamérleg szempontjából tehát hatékony megoldás volna Magyarország ökológiai lehetőségének maximális kihasználása az erdőgazdálkodás által, azonban az ilyen, kiugró energiamérlegű természetes vagy természetközeli módon kezelt erdők a leghosszabb idő alatt megtérülő beruházások közé tartoznak. Bár energiamérlegük nem túl kedvező, a biohajtóanyagok fejlődése fontos: a mezőgazdasági termelők számára jelentős előnyöket kínálnak, kialakulhat egy kiszámítható igényű, stabil piac (Popp és Potori, 2008), ami csökkentheti a termelés kockázatát, és emeli jövedelmezőségét. Az energiamérleg alapján szintén hatékonynak mondható energiaültetvények pedig mindezekon kívül a téli hónapokban zajló betakarítás folytán munkaszervezési és pénzforgalmi előnyökkel jellemezhetők (Bai, 2006). A biomassza-felhasználásról általában elmondható, hogy az egész vertikum stabilizációjával javíthatják a vidéki lakosság helyzetét is.

A becslések a biomassza alapú technikai energiapotenciált Magyarországon 80 és 300 PJ/év közé helyezik, Bai és munkatársai (2007) szerint a kinyerhető energiamennyiség 297 PJ évente, egy merészebb prognózis 328 évi PJ-t jósol (Reményi, 2007). Ez napjaink energiafelhasználásának mintegy egyharmada. Figyelemreméltó az Európai Környezetvédelmi Ügynökség tanulmánya a témában, mely az úgynevezett „környezetkompatibilis” technikai potenciált határozza meg. A vizsgálat eredménye egy „konzervatív becslés”, amely csak az élelmiszertermelést nem szolgáló területek energetikai hasznosításával számol, és különböző környezeti szempontok figyelembevétele mellett – mint pl. a környezetileg érzékeny területek aránya, a biodiverzitás védelme – feltételezi az európai mezőgazdaság jövőbeli extenzív jellegét. Az Ügynökség szerint Magyarország technikai potenciálja 145,5 PJ/év, és egyedül a biogázelőállítás terén rendelkezik hazánk további jelentős lehetőségekkel (EEA, 2006). Véleményem szerint

utóbbi dokumentum alábecsüli lehetőségeinket e téren, köszönhetően a részben túlzó megkötéseknek; a technikai potenciál véleményem szerint is 300 PJ körül valószínűsíthető.

A Kárpát-medence adottságai általában kedvezőek a *geotermikus energia* szempontjából, Magyarország sík területein a termikus gradiens $5\text{ }^\circ\text{C}/100\text{ m}$, ami két fokkal meghaladja a kontinensek (szárazföldek) átlagát. Ez okozza, hogy a felszínhez közel már magas hőmennyiségű vízkészletek találhatóak, melyek energiája azonban technológiailag csak erősen korlátozott mértékben hasznosítható (részben megújuló forrás), mintegy 30 PJ/év mértékben – ennek ma kb. 10%-át hasznosítjuk (Giber, 2005). A megújulás mértékét csökkenti a nem fenntartható gazdálkodás is, a jelenlegi rendszerek nem hatékonyak, és hazánkban jelenleg alig alkalmazott az elhasznált víz visszavezetése a tározótelegekbe. Ezt a hibát az új beruházások tervezése során nem szabad elkövetni. A felszínre hozott víz vízfolyásokba történő kibocsátása természetkárosítást okozhat a magas ásványianyagtartalmú víz talajba szivárgása és az élővizek szennyezése által. A vízzel együtt előfordulhat káros gázok és radioaktív anyagok felszínre kerülése (Kieć, 2007). A hasznosítás szinte kizárólag hő formájában történik, hazánkban ennek kb. 65%-a mezőgazdasági célokat szolgál. Ezzel a geotermikus energia 10,1%-kal részesült a megújuló hőtermeléséből 2006-ban (GKM, 2007). Bár léteznek Magyarország területén villamos energia célú hasznosításra is alkalmas területek, ehhez legalább $150\text{ }^\circ\text{C}$ hőmérsékletű víz szükséges, ezért a nagyarányú alkalmazás szinte kizárt. Elvileg 8 helyszín alkalmas hazánkban ilyen energiatermelésre, de összesen kb. 80 MW teljesítményben (GKM, 2007). A „Hot Dry Rock” eljárás alkalmazása pedig a mélyfúrások és a bonyolult technológia miatt nem várható. A geotermikus energia hasznosítása hazánkban 2025-re elérheti a 14,4 PJ/év mértéket (Csom et al., 2006), ami a már említett potenciál fele. Ez a mennyiség a magyar energiafelhasználás alig több mint egy százaléka, jelentősége egyes termelőegységek, közületek és lakóközösségek energiaellátásában rejlik.

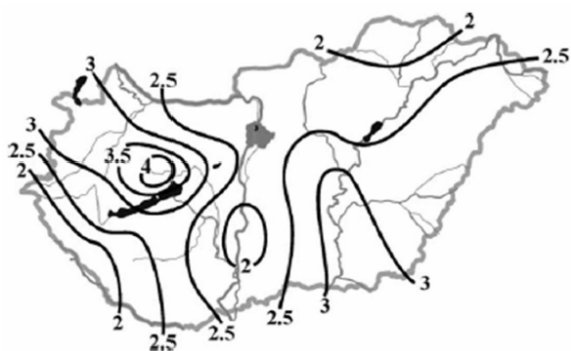
A *napenergia* hasznosítása Magyarországon elhanyagolható mértékben, 0,2%-ban részesül a megújuló energiaforrások által nyújtott energiamennyiségből, majdnem teljes egészében a hőtermelést szolgálja. Az ország területének 0,1%-os lefedésével, 10%-os hatásfokkal számolva a napsütéses órák számának figyelembevételével, fedezhetnénk az energiaigényt 40%-át (Reményi, 2007). Az időjárási bizonytalanságokat, a szerelés optimumtól való eltérését figyelembe véve azonban a lehetőség inkább már a 10%-hoz közelít (Vajda, 2004). Az MTA felmérése szerint az elméleti potenciál 1383 PJ, ebből a hasznosítható potenciál mindössze 4-10 PJ lehet (GKM, 2007). A hasznosítás lehetőségei több irányba mutatnak, jelenleg Magyarországon kizárólagos a napkollektorok szerepe, lakások, mezőgazdasági épületek fűtési és használati melegvíz-ellátása a legjellemzőbb.

A beépített felület napjainkban 50 ezer m^2 . Ezen berendezések a felmerülő átlagos energiaszükséglet 60%-át fedezik, nyáron kb. 85-95, míg télen mindössze 10-15 százalékig (Szabó, 2008). A napelemek fajlagos beruházási költsége egy nagyságrenddel nagyobb más megújuló energiaforrásokhoz képest, kihasználtsága pedig kb. 10%. A nagyléptékű hasznosítás (naperóművek) és a napelemek jelentős alkalmazása egyelőre még kiugróan magas beruházási költségekkel jellemezhető, de a technikai fejlődés során előtérbe kerülhetnek. A passzív napenergia-hasznosítással viszont sok felmerülő energiaigényt ki lehet váltani, az ilyen technikákat mindenképpen a tervezés alapjává kell tenni (pl. optimális épülettájolás, hőtároló és hőszigetelő anyagok). A napenergia hasznosítását mindig jellemezni fogja a nagy területigény, az időjárásnak való erős kitettség. Ha feltételezzük, hogy ezen forrás kiaknázása decentralizált irányban fog terjedni, mindig fennáll majd a nagyon alacsony hatásfok, a kiegészítő fűtési rendszer szükségessége és a magas beruházási költség, ezért terjedésük lassú lesz. A napkollektorok és napelemek által nyert energia mennyisége 2025-re várhatóan mindössze 2,8 PJ lesz, aminek csak 7%-át adja a fotovoltaiikus hasznosítás (Csom et al., 2006).

A *szélenergia* hasznosítása dinamikusan fejlődő iparággá vált az utóbbi években. Segítségével tiszta villamos energiát nyerhetünk, a széleróművek a jövőben képesek lesznek érdemi szerepet vállalni az energiatermelésben. 2007-ben a beépített kapacitás 65 MW volt, tavaly pedig már 127 MW (Tóth és Bíróné, 2009). Várhatóan 2010-ig a teljesítmény 330 MW-ra növekszik, ez a rendszerhez csatlakoztatható széleróművek jelenlegi felső határa. A szélenergia szerepe az energiatermelésben azonban egyelőre csekély. A szélenergia nagy problémája, hogy teljesen időjárásfüggő, a magyarországi tapasztalatok szerint a turbinák kihasználtsága 20% (Csom et al., 2006; GKM, 2007). Hasznosításuk területileg behatárolt, az ország területének 65%-án kizárt a szélturbinák telepítése (erdőterületek, védett területek, vonalas infrastruktúra környezete, nagy lejtésfokú területek). Az ország felszínének 35%-a tehát elméletileg alkalmas a szélenergia hasznosítására, itt azonban az átlagos szélesebbségből adódó gazdaságossági korlát szab határt (Tar et al., 2006). A szélturbinák működése mindössze a 3-5 és 25 m/s szélesebbségi tartományban lehetséges. Az átlagos szélesebbséget szemlélteti a 3. ábra, a térkép a 10 méter magasságban mért adatokat szemlélteti, az ennél magasabb régiókban empirikus szélfüggvényekkel számíthatnak szélesebbséget.

Az időszakos termelés a közüzemi hálózatba való csatlakozást nehezíti meg, a rendszerszabályozás megoldása nélkül 2020-ban sem lesz képes az országos hálózat 500 MW-nál több villamos energiát felvenni a széleróművek felől (Csom et al., 2006). Az egyes meteorológiai előrejelzések között jelentős az eltérés, szélsőséges esetben akár 44%-os különbségre is van példa, bár a meteorológiai modellszámítások fejlődésével ez a bizonytalanság csökkenthető (Nádudvari, 2007).

3. ábra: Az évi átlagos szélesség Magyarországon (m/s)



Forrás: Bartholy et al., 2003

Figure 3: The average wind velocity in Hungary (m/s)

Fontossá válhat a jövőben az egyszerű, kis teljesítményű autonóm rendszerek általi szélerőenergia-hasznosítás is, esetleg napkollektorokkal kombinálva. Egyes önálló fogyasztók energiaigényét részben fedezheti ez az energiatermelési mód, a 0,5 MW teljesítményt el nem érő szél-turbinák telepítésének engedélyezése egyszerű folyamat, és a beruházás 5 év alatt megtérülhet (Zavaczki, 2008). A magyar technikai szélerőenergia-potenciál egy tanulmány szerint 204,7 PJ/év lehet, az ország alkalmas területeinek teljes lefedésével (21.964 km²), 78.442 db szél-turbina üzembe helyezésével (Tar et al., 2006). A megvalósítható kapacitás ennél jóval kisebb, 300-600 MW (Giber, 2005), de nem valószínű, hogy a szélerőenergia szerepe az energiatermelésben eléri az energiafelhasználás 1%-át (Vajda, 2004).

A vízenergia felhasználása számtalan kedvező tulajdonsággal rendelkezik. Tiszta, alacsony költségen termel, de beruházási költsége igen magas. Energetikai jelentősége mellett fontos megemlíteni meliorációs és árvízvédelmi szerepét, illetve a tározótavak esetleges turisztikai kihasználásának lehetőségét (Steller, 2007). Sajnálatos módon hazánkban a vízalapú energiatermelés nagyon alacsony, a villamos energia-ellátás mintegy fél százalékát biztosítja. A vízenergia szerepét mindenképpen növelni kellene, hiszen ez az energiaforrás tökéletesen képes ellátni a rendszerszabályozás követelményeit, így elősegítheti az időszakosan termelő megújuló energiaforrások fejlődését. Az elméleti vízenergia-készlet 36 PJ/év, aminek ma kb. 2%-át hasznosítjuk (Reményi, 2007). A műszaki potenciál 72%-a a Duna vízének kihasználása által szolgáltatna energiát. „A vízenergia számottevő bővítésével egy nagy dunai vízerőműprogram újraélesztése nélkül nem számolhatunk” (GKM, 2007). Jelentős előrelépést hozhat a hasznosítás terén egy szivattyús-tározós erőmű, amellyel növelhetnénk az ország víz segítségével előállítható energia-potenciálját. Ilyen tervek azonban nem születtek a közelmúltban.

Látható tehát, hogy az egyes megújuló energiaforrásokhoz köthető energiatermelés – amennyiben a lehetőségeket teljes mértékben kihasználjuk – a nemzetgazdaság

energiafelhasználásának kb. egyharmadának-felének kielégítésére elegendő. Az energiagazdálkodásban betöltött szerepüket azonban sajnos egyéb tényezők is gátolják, melyek tovább lassíthatják a fejlődési folyamatot.

Infrastrukturális illetve rendszerkorlátok

Ezen témakörben főleg olyan energia-előállítási és -felhasználási folyamatokat kell vizsgálni, melyek nem elkülönült, autonóm jelleggel működnek. Az időszakosan termelő megújuló energiaforrások által kínált villamos energia hálózatba táplálása már ma is gondokat okoz, míg a hidrogén alapú energiagazdaság kiépítésének feladata a jövőbe mutat.

Mindkét említett probléma a villamos energia azon jellemzőjéből adódik, hogy ipari mennyiségben nem alkalmas a tárolásra. Ebből kifolyólag a hálózatnak mindig egyensúlyban kell lennie, annak megóvása érdekében csak a fogyasztásnak megfelelő arányú energia táplálható a rendszerbe. A hálózattal kooperáló szélerőművek – illetve nagyléptékű hasznosítás esetén a naperőművek – termelése azonban nem mindig esik egybe az aktuális igényekkel, ez a rendszer optimálistól eltérő működését eredményezi.

Az erőműveket igénybevételek folyamatossága és rendszerben betöltött szerepük alapján három csoportra oszthatjuk. Az alaperőművek egész évben közel azonos teljesítményen működnek, jó hatásfokkal, energiaszolgáltatásuk költsége alacsony. Magyarországon Paks és némely szén-erőművek tartoznak e csoportba. A menetrendtartó erőművek rugalmasan változtatható teljesítményű egységek, a csúcserőművek pedig általában gyorsan indítható, alacsony beruházási költségű egységek, például gázturbinás erőművek (Büki, 1997). A villamos energia kereslete általában 1-2%-os pontossággal megjósolható, és a menetrend elkészíthető (Bihari és Balogh, 2002). Erre a tervezésre csak kis mértékben alkalmasak az időjárásnak kitett megújuló energiaforrásokat hasznosító erőművek, ezért ideális lenne, ha azok termelését nem az energiaigények, hanem az időjárás szabná meg, a nem hálózatra való termelés időszakában megtermelt energiát pedig vagy tárolni tudnánk, vagy gyorsan pótolni az egység kiesését.

A tárolás megoldására távolilag a legígéretesebb a hidrogén alkalmazása vízbontás segítségével, mely sokoldalúan felhasználható energiahordozóvá válhat a jövőben – eltüzelés erőműben, közvetlen villamos energia-termelés, közlekedési eszközök üzemanyaga (Boetius, 2006). Ez a megoldás kielégítené a fenntarthatóság követelményeit, hiszen nem fenyeget az erőforrás kimerülésének veszélye, és nincs károsanyag-kibocsátás sem. Hidrogén előállítására számos, működő, bár gyenge hatásfokú technológia áll rendelkezésünkre, átalakítása villamos energiává azonban rendkívül hatékony. A hidrogén alapú gazdaság kialakításának legnagyobb kihívása a biztonságos és gazdaságos tárolás megoldása (Kovács, 2005), ennek lehetőségei a sűrített,

cseppfolyósított, fémhidridekben eltárolt, nanoszerkezetekben adszorbeált vagy a kémiai kötésben lévő formák. A szállítás módjai nem jelentenek ekkora akadályt, a hidrogén cseppfolyós halmazállapotban hajókkal szállítható, és a legtöbb, ma földgáz szállítására használt csővezeték kisebb átalakítással használható továbbítására (Kovács, 2005). A szállítás igénye nem jelenik meg olyan mértékben, mint ma a földgáz esetén, hiszen a hidrogén decentralizáltan, megújuló energiaforrások segítségével is előállítható lesz.

A hidrogén hasznosítását segítené a fúziós reaktorok kifejlesztése is, mellyel az nagyüzemi léptékben előállítható lenne, nagymennyiségű, tiszta forrásból származó villamos energia előállítása mellett. A fúzió is megújuló energiaforrásnak tekinthető (Kieć, 2007) – legalábbis egyes típusú reakciói. Mindez úgy 50 év múlva válhat megvalósíthatóvá (De Esteban, 2002), addig azonban ki kell fejleszteni a H szállításának és disztribúciójának gazdaságos rendszerét, hiszen anyagi tulajdonságaiból adódóan ez még sok problémát vet fel. Véleményem szerint határozottan törekedni kell erre az energiarendszerre, hiszen teljesen képes volna kiszorítani a fosszilis energiahordozókat. Eléréséig azonban a szél- és napenergia időszakosságának kiegyenlítésének legkedvezőbb megoldása a víz energiája. Amennyiben országunknak komoly ambíciói vannak az említett források kihasználása terén, ezzel párhuzamosan kell beruházásokat ösztönözni a vízenergia hasznosításának céljával. Fontos volna a közeljövőben egy szivattyús-tározós erőmű kiépítése is, mivel annak nagy kapacitása jelentős segítséget nyújthat a rendszerszabályozásban, teljesítménye 2 perc alatt maximálisra futtatható, ellentétben a szénerőművek akár 2 órás tehetetlenségével (Sembery és Tóth, 2004). A Paksi Atomerőmű bővítése esetén pedig biztosíthatná az energiatermelés optimalizálását, emelve annak alaperőművi funkcióban szolgáltatott energiaszintjét. Az atomenergia terén azonban minél előbb meg kell oldani a legveszélyesebb hulladékok végleges tárolását, ez valószínűleg európai szintű összefogással fog megvalósulni.

Az infrastrukturális korlátok közé sorolhatók a biogáz tisztítás utáni, motorhajtóanyagként történő felhasználásának fő akadályai is. Az üzemanyag potenciális piaca a sűrített gázzal hajtott gépjárműpark lenne, arányuk azonban még a cseppfolyós gázzal üzemeltetett járműveknél is alacsonyabb. Ennek növekedése nem várható, mivel a sűrített gáz szállítása, töltése csak a felhasználás közelében, koncentráltan gazdaságos, ez kizárja a hálózat kialakításának lehetőségét. A tömegközlekedés üzemanyagigényét viszont képesek kielégíteni, depóniagázra vagy kommunális szennyvízre alapozott közeli előállítás esetén (Bai et al., 2007).

Gazdasági korlátok

A megújuló energiaforrásokról eddig abban a tekintetben esett szó, milyen mértékben képesek az energiagazdálkodást kiszolgálni. Mint azt láttuk, a teljesítmények azonban ezen potenciál kihasználásától messze elmaradnak. A megújuló energiaforrások hasznosításának beruházási költségszintje általában meghaladja a hagyományos energia termelését, ezért elterjedésükhöz jelentős anyagi támogatás szükséges. A villamos energia előállítását végző erőművek fajlagos beruházási költségei közötti különbséget szemlélteti az 1. táblázat. A fajlagos beruházási költségek a nagyobb beépített kapacitással arányosan csökkennek.

1. táblázat

Egyes erőműtípusok fajlagos beruházási költsége és kihasználtsága

	Fajlagos beruházási költség (e Ft/kW)(1)	Kihasználási óraszám (h/év)(2)
Szénerőmű(3)	275	6000
Ligniterőmű(4)	350	6000
Földgáz-erőmű(5)	125	5500
Atomerőmű(6)	440	7000
Víz-erőmű(7)	500	4000
Biomassza-erőmű(8)	400	6500
Szél-erőmű(9)	460	1650

Forrás: Csom et al., 2006

Table 1: Specific investment cost and exploitation of different power plants

specific investment cost (thousand HUF/kW)(1), exploitation (h/year)(2), coal power plant(3), lignite(4), natural gas(5), nuclear(6), water(7), biomass(8), wind(9)

Az üzemeltetés költségeit tekintve elmondható, hogy a hőenergia előállítása nem jelent nagymértékben magasabb költséget megújuló energiaforrások esetén, különösen hulladékok hasznosításával, de villamos energia előállítása terén még hátrányban vannak a mai hasznosítási technológiák a konvencionális energiaforrások átalakításával szemben. A napenergia ilyen célú hasznosítása a legköltségesebb, míg a vízenergia- és biomassza-alapú villamos energia előállítása versenyképesebb. Magas költségei miatt nem várható a napenergia és a geotermikus energia ilyen célú hasznosítása.

A magyar környezetvédelmi-, energia- és gazdaságpolitika több csatornán keresztül is támogatja a megújuló energiaforrások hasznosításának térnyerését. A bio-metánra átvételi kötelezettség vonatkozik, a bioüzemanyagok felhasználását a jövedéki adó rendszerén keresztül támogatja az állam.

Az üzemanyagokba bekevert biokomponens adómentes, a hozzáadás elmulasztásáért pedig büntetőadóval fizet a forgalmazó. Ez azt eredményezi, hogy kb. 100 Ft/l jövedéki adó tartalom felett gazdaságossá válik a bio-komponens bekeverése, természetesen az aktuális kőolajáraktól függően. Jelenleg a hazai üzemanyag-felhasználás mintegy 2 százalékára tehető a biohajtóanyagok aránya. A tisztított biogáz hajtóanyagként történő felhasználása azonban nem adómentes: 25 Ft/l jövedéki adó terhelt 2006-ban (Bai et al., 2007), ez terjedésének egyik hátráltató tényezője.

A KEOP pályázati keretében 35 mrd Ft energiatakarékosságra, és 50 mrd Ft megújuló energiaforrások felhasználásának támogatásra szánt forrás van elkülönítve közületek és vállalkozások számára, a lakossági energia-megtakarítást szolgáló pályázati lehetőségek pedig akár önerő nélkül, államilag támogatott hitelek segítségével is igénybevehetők. A KEOP különböző kapcsolódó jogcímeinek (pl. biomassza-hasznosítás fejlesztése, bioüzemanyagok energetikai hasznosítása, vállalkozások energetikai fejlesztése) támogatási intenzitása 34, 50 ill. 100%. A megújuló forrású villamos energiatermelést tulajdonképpen a fogyasztók támogatják, ugyanis Magyarország a villamos energia rendszerben a megújuló energiaforrásokból származó áram kötelező átvételének rendszerét alkalmazza, a termelők számára garantált ár 2008-ban átlagosan 26,5 Ft/kWh volt, a rendszer a fogyasztóknak 2007-ben 0,36 Ft/kWh, összesen 13,5 mrd Ft többletterhet jelentett. Ez a támogatási forma hatékonynak mondható, hiszen működése óta, 2003-tól 2007-ig a megújuló forrásból származó villamos energia 0,9%-ról 4,1%-ra nőtt. Az energetikai célú biomassza-felhasználást az állam területalapú támogatáson túl is támogatja, gabona és olajos növények esetén 45 €/ha mértékben, a fásszárú energiaültetvények összes támogatása pedig 194 €/ha. Az erdőtelepítés támogatási rendszere úgy került kidolgozásra, hogy tehermentesítse a gazdálkodót a kiesett jövedelem terhe alól azon időszak alatt, amíg nem termel jövedelmet a telepített erdő.

A gazdasági korlátokról tehát elmondható, hogy jelenleg a megújuló energiaforrást hasznosító eljárások nagy része nem versenyképes a beruházás és az energia-előállítás nagyobb költségei miatt. Közös érdekünk azonban felhasználásuknak növelése, ezért további anyagi támogatásuk szükséges. A villamos energia kötelező átvételének rendszere hatásos, a biohajtóanyagok felhasználásában a jövedéki adón keresztül történő támogatás célravezető lehet, de növelni kell a feldolgozó-kapacitást. Máig csak egy nagykapacitású bioetanolüzem valósult meg, sok beruházó elállt terveitől az üzemanyagárak időközbeni csökkenése miatt. Az alapanyagigényt a magyar mezőgazdaság képes lenne kielégíteni – erre, mint láttuk, anyagilag is ösztönözve van. A megújuló energiaforrásokat hasznosító beruházások támogatási mértékének

további növelésére is szükség van a mezőgazdaság, a lakosság, az önkormányzatok és a kisvállalkozások tökehiányos helyzete miatt.

A magyar energiavertikumban számos olyan támogatási forma is fellelhető, amely hátráltatja a megújuló energiaforrások versenyképessé válását: ilyenek például az alacsony bányajáradék, a villamosipari dolgozók és nyugdíjasok kedvezményes tarifája, a gázár-kompenzáció. Ezen közvetlen és közvetett támogatásokat mindenképpen át kell gondolni, eltörlésük azonban jelentős társadalmi problémákkal járna, ezért nem, vagy csak nagyon lassú ütemben indokolt. A támogatások rendszere nem ösztönözhet a nagyobb arányú energiafogyasztásra, ezért a szociális okokból fenntartott támogatásokat függetleníteni kell az energia felhasználásától.

KÖVETKEZTETÉSEK

A megújuló energiaforrások nyújtotta lehetőségek terén egyértelműen a technikai potenciál kihasználásának megközelítése, elérése a cél környezeti okokból, valamint annak érdekében, hogy kihasználhassuk a felvázolt pozitív társadalmi és gazdasági hatásokat. Magyarország nem rendelkezik olyan mértékű megújuló energia-potenciállal, amely energiaigényét kielégítené, a fenntartható energiagazdálkodás érdekében tehát más területen is komoly célokat kell kitűzni.

Rövid távon fokozatosan csökkenteni kell a fosszilis energiahordozók felhasználását a közlekedési rendszer ésszerűsítésével, a lakossági igények racionalizálásával és az atomenergia arányának növelésével. A megújuló energiaforrások minél nagyobb arányú hasznosítására kell törekednünk. A magyarországi megújuló energiaforrásokban rejlő lehetőségeket legnagyobb részt a biomassza feldolgozására alapozott eljárások alkotják, ezek leghatékonyabb kihasználását kell elérnünk. Prioritássá kell válnia a vízenergia hasznosításának, mivel ezzel egyidejűleg növekedhet a villamos energiát nagyléptékben, hálózatra termelő megújuló energiaforrások szerepe és a nukleáris energia teljesítménye.

Ezen célok érdekében át kell gondolnunk az energetikai szektor egészét érintő támogatási rendszert: a megújuló versenyképességének szempontjából káros támogatások átalakítását vagy leépítését el kell végezni. A beruházási támogatások növelése mindenképpen indokolt a megújuló energiaforrások nagyobb arányú hasznosítása érdekében, különösen a hőenergia-előállítás terén.

Hosszú távon egyértelműen a megújuló forrású energia termelésének maximalizálása, és a fúziós energia hatalmas lehetőségeinek kiaknázása lehet a cél; ezen rendszerben pedig a hidrogén fogja betölteni a szabályozó és a motorhajtóanyag szerepét. A fúzió kutatásában úgy tűnik, Európa vezető szerepet fog betölteni, ez pedig hazánk számára is nagy lehetőséget jelenthet.

IRODALOM

- Bai A. (2006): Új piac: az energetika. Magyar Mezőgazdaság. Magyar Mezőgazdaság Kft., Budapest. 2006/28, 12-13.
- Bai A. (2008a): Hagyományos erdő vagy energetikai faültetvény? Energo info. Energia Ügynökség Kht. Budapest. 2008/2
- Bai A. (2008b): Mit adhatnak a biohajtóanyagok a gazdáknak? Energo info. Energia Ügynökség Kht. Budapest. 2008/1, 11-12.
- Bai A.-Lakner Z.-Marosvölgyi B.-Nábrádi A. (2002): A biomassza felhasználása. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest, 226.
- Bai A.-Bágy Z.-Bartha I.-Fenyvesi L.-Hódi J.-Kovács K.-Mátyás L.-Mogyorósi P.-Petis M. (2007): A biogáz. Száz magyar falu könyvesháza Kht., Budapest, 284.
- Bai A.-Sipos M. (2009): A növénytermesztés és az agrotechnika szerepe a bioetanol versenyképességében. Bioenergia. Szekszárdi Bioráma Kft., Budapest, 2009/1.
- Bartholy J.-Radics K.-Bahoczky F. (2003): Present state of wind energy utilisation in Hungary: policy, wind climate and modelling studies. Renewable and Sustainable Energy Reviews 7. 175-186.
- Bihari P.-Balogh A. (2002): Erőművek. Kézirat, Budapest, 341.
- Boetius H. (2006): Hidrogén-forradalom. Corvina Kiadó, Budapest, 131.
- Büki G. (1997): Energetika. Műegyetemi Kiadó, Budapest, 404.
- Büki G. (2007): A biomassza energetikai hasznosítása. Bioenergia. Szekszárdi Bioráma Kft., Budapest, 2007/4-5-6, 2-6.
- Csom Gy.-Gács I.-Gerse K.-Giber J.-Grábner P.-Hegedűs M.-Imre T.-Láng I.-Lengyel Gy.-Ligeti P.-Magyari D.-Miklós L.-Molnár L. (2006): Magyarország energiapolitikai tézisei (2006-2030). 2006/11. Magyar Villamos Művek Zrt., 68.
- De Esteban, F. (2002): The future of nuclear energy in the European Union. Brussels, 7.
- Führer E. (2005): Az erdészet néhány innovációs kérdése. Mag Kutatás, Fejlesztés és Környezet. VETMA Közösségi Marketingkommunikációs Kht., Budapest, 2005/9, 14-15.
- Giber J. (2005): Megújuló energiák szerepe az energiaellátásban. B+V Kiadó, Budapest, 158.
- Kieć, J. (2007): Odnawialne źródła energii [Megújuló energiaforrások]. Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Krakowie, Kraków. 82.
- Kovács K. (2005): Tiszta, megújuló energia: a hidrogén alapú gazdaság kihívása az emberiség és a biotechnológia számára. Magyar Tudomány. Akaprint Kft., Budapest, 2005/3, 258-277.
- Ludvig Zs. (2006): Az Európai Unió és Oroszország energiadiálógusa. Világ gazdasági Kutatóintézet Műhelytanulmányok. Nr 75, Magyar Tudományos Akadémia. Budapest, 60.
- Nádudvari Z. (2007): A szélenergia hasznosításának lehetőségei, gondolatai. Műszaki információ Környezetvédelem. 2007/23-24, 26-38.
- Pálvölgyi T. (2000): Az új évezred környezeti kihívása: az éghajlatváltozás. L'Harmattan, Budapest, 105.
- Popp J. (2008): Élelmiszer kontra bioüzemanyag. Magyar Mezőgazdaság. Budapest, 2008/44-45, 6-8.
- Popp J.-Potori N. (2008): Az élelmiszer-, energia- és környezetbiztonság összefüggései. Gazdálkodás. Károly Róbert Kutató-oktató Közhasznú Nonprofit Kft. Gyöngyös, 2008/6, 528-544.
- Reményi K. (2007): Megújuló energiák. Akadémiai Kiadó. Budapest, 290.
- Sembery P.-Tóth L. (2004): Hagyományos és megújuló energiák. Szaktudás Kiadó Ház. Budapest, 522.
- Steller, J. (2007): Energetyka wodna – dojrzała technologia w odpowiedzi na współczesne wyzwania [Vízenergia – érett technológiai válasz a kor kihívására]. In: Energia odnawialna w zastosowaniach [Megújuló energia a gyakorlatban]. Infotech. Gdańsk, 133-151.
- Szabó M. (2008): A napenergia hasznosítása. Energo Info. Energia Ügynökség Kht. Budapest, 2008/1, 6.
- Tar K.-Hunyár M.-Veszprémi K.-Szépszó G.-Tóth P.-Bíróné Kircsi A. (2006): A szélenergia hasznosítása. Verlag Dashöfer Szakkiadó, 71. www.dashofer.hu/edoc/pdf/SZEL.pdf
- Tóth P.-Bíróné Kircsi A. (2009): A szélenergia helyzete a világban, www.mszt.hu/index.php?p=news&act=lst&cid=63
- Vajda Gy. (2004): Energiaellátás ma és holnap. MTA Társadalomkutató Központ. Budapest, 385.
- Zavaczki A. (2008): Háztartási méretű szél- és napenergia hasznosító erőművek. Bioenergia. Szekszárdi Bioráma Kft., Budapest. 2008/5, 22-24.
- EEA (2006): European Environmental Agency. How much bioenergy can Europe produce without harming the environment. EEA Report No. 7. Copenhagen, 72.
- Enerdata (2008): The world energy demand. Grenoble, 17.
- GKM (2007): Gazdasági és Közlekedési Minisztérium: Magyarország megújuló energiaforrás növelésének stratégiája 2007-2020. Budapest, 82.