

A megújuló energiaforrások technológiái és a vidékfejlesztés céljai

Dombi Mihály

Egyetemi tanársegéd, Debreceni Egyetem, Gazdaságtudományi Kar, Közgazdaságtan Intézet,

Környezetgazdaságtan Tanszék

4032 Debrecen, Böszörményi út 138., dombi.mihaly@econ.unideb.hu

Bevezetés

Korunk globális ökológiai problémái terén mára elértük azt a határt, amelyen belül hosszú távon már kétséges, hogy biztosítható-e az emberi civilizáció fennmaradása. A globális ökológiai problémák között igen nagy, egyesek szerint kiemelkedő jelentőségű a klímaváltozás jelensége. Energiarendszerünk jelenleg fenntarthatatlan a gazdasági illetve népességnövekedésen alapuló és az egyes társadalmakban irracionális energiaigények, valamint az energiaforrások készleteinek rövid- illetve hosszú távú bizonytalansága miatt. A fogyasztás ésszerűsítését, a takarékosagra való törekvést, az energiahatékonyság növelését, valamint az energetikai struktúra átalakítását párhuzamosan kell célul kitűzni. A szerkezetátalakítás alapvető eszköze a megújuló energiaforrások intenzívebb hasznosítása. Jelen tanulmány által a szerkezetátalakítás eszköztárának fejlesztéséhez szeretnék hozzájárulni, így nem térek ki az energiahatékonyság kérdéskörére.

A jelenlegihez képest elérni kívánt, ideális állapot a fenntartható energiagazdálkodás. DINYA László meghatározásával élve a fenntartható energiagazdálkodás „az energiatermelés, -tárolás, -szállítás, -felhasználás komplex folyamatának (vertikumának) társadalmi, gazdasági és ökológiai szempontokat integráló megvalósítása” (DINYA, 2010; p. 914.). Minden megújuló energiaforrás mellett felsorolhatóak előnyök és hátrányok, így szükségesnek tartom azok egymással való összevethetőségének megalapozását. Az egyes technológiák nem zárják ki egymást, és a megújuló energiaforrások kiaknázását mindig az adott terület lehetőségeihez kell mérnünk; az energiapolitikai és általános fejlesztéspolitikai prioritások meghatározásához azonban szükség van a különböző technológiák összevetésére.

A megújuló energiaforrásokat hasznosító technológiák együttes értékelése, összehasonlítása stratégiai jelentőségű feladat. „A megújuló energiák hasznosításának számos olyan kérdése van, amelyekre egyedi vizsgálatokkal és azokra alapozott iránykijelöléssel nem lehet

válaszolni. A fejlesztés átfogó kérdéseit csak széles körű stratégiai vizsgálatokkal lehet megalapozni” (LOVAS (Szerk.), 2010; p. 103.). A rendszerszemléleten túl fontos hangsúlyoznunk a megújuló energetikában rejlő egyéb lehetőségeket is. Korunk ökológiai válságával egyidejűleg a világ országainak több problémával is meg kell küzdenie. Ezen fejlesztendő területek regionálisan eltérnek, a fejlett államokban leginkább a társadalmi feszültségek csökkentése, a foglalkoztatás és a gazdasági fejlődés kerülnek előtérbe. A megújuló energiák hasznosításától a klímavédelmet meghaladó „feladatokat” is elvárnak, a fejlesztéspolitikába integrálva, mint a foglalkoztatás növelése (MADLENER – STAGL, 2005; BERGMANN et al., 2006), a gazdaság élénkítése (GÁTHY et al., 2006a; ELGHALI et al., 2007; NFM, 2010; GRUNWALD – RÖSCH, 2011), vagy a vidékfejlesztés (BAI et al., 2002; MENEGAKI, 2006; BARANYI, 2010). Fenti célok mindegyike hozzájárulhat a vidéki térségek endogén fejlődéséhez (HORVÁTH – NAGY, 2012). „Intelligens és inkluzív tervezés”, illetve az erre „okosan” épülő fejlesztés nélkül elképzelhetetlen a vidéki térségek lemaradásának megállítása (CSATÁRI, 2011), ennek a tervezésnek pedig része kell, hogy legyen a fenntartható energiagazdálkodás felé történő átmenet és a vidékpolitika céljainak integrációja.

Fontos továbbá, hogy a megújuló energiaforrások kiaknázása a lehető legkisebb környezetterhelés mellett legyen biztosítható, ezért a technológiáknak az ÜHG-emissziót csökkentő hatásán túl egyéb környezeti hatásait is figyelembe kell venni az értékeléskor (THÓRHALLSDÓTHIR, 2007; EVANS et al., 2009; SZARKA, 2010).

Az Európai Unió energiapolitikai alapidokumentuma a következő megállapítással kezdődik: „energia nélkül Európa nem működőképes” (EB 2007a, p. 3.). Úgy kell teljesen átalakítanunk az energiakeverékünket, hogy közben Európa ne éljen át jelentős hanyatlást gazdasági, társadalmi értelemben ennek következtében. A megoldandó probléma nagyon összetett, a hosszú távú célok az EU szerint az energiapolitikában a fenntarthatóság, az ellátás biztonsága és a versenyképesség. Az unió a versenyképesség fokozására éppen a hosszú távon alacsonyabb energiaárak, az energiatakarékosság, a szektor innovációs lehetőségei, munkahelyteremtése és beruházás-igénye által lát esélyt; mindezt „új ipari forradalomnak” nevezik a dokumentumban.

Az Európai Bizottság által létrehozott Megújuló Energia Útiterv (EB, 2007b) 2020-ra 20 százalékos megújuló energiaforrás részarányt, ezen belül a közlekedés vonatkozásában 10

százalékot, továbbá 20 százalékos energiahatékonyság-növelést, és az üvegházhatású gázok (ÜHG) kibocsátásának (az 1990-es szinthez képest) 20 százalékra való mérséklését tűzte ki célul. A dokumentum szerint a megújuló forrású energia jelentőségének növeléséhez át kell alakítani azok uniós támogatásának módját, valamint ki kell szélesíteni a jelenlegi uniós szabályozási kereteket. Ebben a dokumentumban már megjelenik a technológiák fenntarthatósági értékelésének igénye: a megújuló energiákra vonatkozó majdani politikai keretnek „környezeti és társadalmi tényezőket is figyelembe kell vennie” (EB, 2007b; p. 10.).

A megújuló energiaforrások hasznosítását célzó projektek (KEOP) elbírálásánál a tartalmi feltételek között található környezeti, társadalmi hatásokat pontozó szempontok is (pl. ÜHG-kibocsátás, munkahelyteremtés, társadalmi kohézió, környezet- ill. természetvédelem). A fenntartható fejlődés dimenzióinak figyelembe vétele tehát teljesül, de van további lehetőség a projektek vizsgálatának pontosítására több szempont beillesztésével vagy a fenntarthatósági értékelés, mint horizontális szempont beépítésével, viszonylag magas pontszámon. Az említett szempontok pontértéke a pályázatértékelésben jelenleg kb. 20%, konstrukciótól és projektmérettől függően. Az operatív programok esetében a jövőben lehetőség nyílna a támogatás technológiák szerinti differenciálásra, alapvetően környezeti és hatékonysági szempontok alapján. A 2014-2020-as tervezési periódusban várhatóan önálló energetikai operatív program keretében kerülnek majd kiírásra a pályázatok összesen 2,8 Mrd EUR értékben (NFM, 2010).

A megújuló energiaforrásoknak a villamos energia termelésében betöltött szerepének fokozását célzó kötelező átvételi rendszer (KÁT/METÁR) reformját a szakigazgatás a technológiák erőteljes differenciálása által kívánja elérni, melynek alapja a méret és a technológia. A differenciálás csökkenti a túltámogatás okozta termelői többletet, ezáltal a fogyasztókra hárított technológiai átmenet összköltségét is (PYLON, 2010b).

Technológiai szempontból a környezeti, társadalmi és gazdasági célokhoz való hozzájárulás figyelembe vételét is tervezik (foglalkoztatás, szén-dioxid megtakarítás, energiahatékonyság) (NFM, 2010). A fenti célok megvalósulását „kiegészítő bónuszfelár” bevezetésével kívánják biztosítani. A kötelező tarifa és a bónuszfelár két évente felülvizsgálandó benchmark elemzés alapján kerülne meghatározásra (NFM, 2011). A bónusz felár egy jelentős részét egy komplex értékelés adhatná, ami biztosíthatná annak a lehetőségét, hogy további felárral egy-egy kiemelt cél – például a foglalkoztatás növelése – átlagot meghaladó teljesülését kiemelten

jutalmazza a rendszer. Ezáltal a komplex, interdiszciplináris szemlélet és a stratégiai politikai célok érvényesülése is teljesülne. A fent említett támogatási csatornákon kívül a technológiai értékelésnek szerepe lehetne egyéb, a megújuló energiaforrások térnyerését szolgáló támogatási rendszerekben, intézkedésekben is, leginkább a technológiák differenciálása által (pl. zöldhő átvételi rendszer).

Összefoglalóan elmondható, hogy a fenntarthatóságban nyújtott egyedi előnyöket meg kell jeleníteni a támogatásokban. A fenti stratégiai tervek és a különböző megújuló energiaforrások támogatását célzó rendszerek átalakításának tervei alapján láthatjuk, hogy az eddigi, általános támogatási felfogás helyett a technológiák megkülönböztetett dotációja felé tartunk. Ennek alapja a legtöbb esetben valamilyen stratégiai cél, ami azonban annak a veszélyét rejti magában, hogy más, egyébként igen fontos környezeti, gazdasági és társadalmi szempontok háttérbe szorúlnak. Az összetett vizsgálat és értékelés fontos lenne annak érdekében, hogy az energiarendszer minden tekintetben a fenntarthatóság felé mozduljon el.

Kutatásom során azt szerettem volna feltárni, hogy a fenntartható energiaszerkezet felé történő elmozdulás és átmenet szempontjából mely megújuló energiaforrásokra alapozott technológiák a legelőnyösebbek a villamos és hőenergia-előállítás terén. A kutatás elsődleges eredménye, tehát a technológiák fenntarthatósági szempontból kialakuló rangsora és az ebből levezethető további eredmények több környezet- és fejlesztéspolitikai területen is hasznosíthatóak. Jelen tanulmányban rávilágítok arra is, hogy mennyire fontosnak érzik a terület hazai szakértői a megújuló energiaforrások fejlesztésének a vidékfejlesztési célokkal egybevágható aspektusait, ezért a technológia-értékelés fenntarthatósági relatív rangsora vidékpolitikai célokkal „közös” rangsornak is tekinthető.

Módszer

Az energiagazdálkodás és a megújuló energiaforrások terén a hazai és a nemzetközi szakirodalomban található példát egyszerű, szakértői értékelésekre alapozott többszemponútú értékelésekre (GIAMPIETRO et al., 2006; EVANS et al., 2009; DEL RIO – BURGUILLO, 2009; LUKÁCS, 2009; STAMFORD – AZAPAGIC, 2012), illetve indikátor-alapú, többszemponútú fenntarthatósági értékelésekre (RENN, 2003; MADLENER – STAGL, 2005; TSOUTSOS et al., 2009; RIDEG et al., 2009; CHATZIMOURATIDIS – PILAVACHI,

2009; GHAFGHAZI et al., 2010; SHEN et al., 2010; SAN CRISTÓBAL, 2011; FRANGOPOPULOS, 2011; DEUTSCH, 2011) egyaránt.

A kutatás adatbázisában a fenntarthatósági jellemzőkhöz kötődő szakértői preferenciák és az egyes felmérésbe bevont technológiák értékei szerepelnek, minden egyes jellemző szerint. Az első feladat a megújuló energiaforrásokat hasznosító technológiák lehető legjobb leírását és összehasonlíthatóságát biztosító fenntarthatósági jellemzők meghatározása. A szakértői preferenciák felmérésére a feltételes választás (choice experiment, CE) módszerét alkalmaztam, szakértői kérdőív kitöltése által. A felmérés célja a fenntarthatósági jellemzők jelentőségének meghatározása volt.

A technológiai, környezeti, társadalmi és a gazdasági paraméterek meghatározása minden egyes technológiára vonatkozóan szakirodalmi adatok alapján történt. A technológiák jellemzőit két szinten adtam meg: Magyarországra vonatkozóan és miskolci beruházások példáján, projekt szinten. Ez a projektszintű összehasonlítás tetszőleges környezetben adaptálható.

Az energiahatékonyságot a kumulatív energiaigény (Cumulative Energy Demand, CED) indikátor segítségével értékeltem, így a megtermelt energia életciklusának minden pontján befektetett energia figyelembe vehető. Az egyes megújuló energiaforrásokra alapozott technológiák költségeit a teljes előállítási költséggel jellemeztem (levelized cost of energy, LCOE), így a teljes életciklus során felmerülő beruházási és üzemeltetési költségek egy mutatóban vehetők figyelembe.








A lokális jövedelemben tartozik minden olyan, munkajövedelmen felül keletkező, a régióban maradó bevétel, ami egy technológia üzemeltetéséhez köthető (tüzelőanyag, iparüzési adó, helyi alvállalkozók, önkormányzati hozzájárulások). A lokális társadalmi-gazdasági hatások értékelését a technológiák jellemző költségszerkezetének becslésével végeztem (ALLAN et al., 2011). A valószínűsíthetően helyben maradó kiadások aránya differenciálta a technológiákat aszerint, hogy milyen mértékben járulnak hozzá közvetlenül a helyi erőforrások fejlesztéséhez. A helyi jövedelem terén az egyik véglet egy olyan technológia – például szélerőművek – amelyek karbantartása is speciális külső személyzetet igényel, a másik véglet pedig egy olyan erőmű vagy fűtőmű, amelynek alapanyag-igénye (biomassza)

rendszeres jövedelmet biztosít helyi vállalkozásoknak, emellett ellátása és karbantartása helyi alvállalkozókkal megoldható.

Az egyéb káros környezeti hatások szintjét az egyes technológiákban Robert COSTANZA és mtsai (1997) által közölt ökoszisztéma-szolgáltatások értékelésére alapozott környezeti értékelés segítségével határoztam meg (DOMBI, 2012). A munkahelyteremtés, területfoglalás és CO₂ ekvivalens emisszió attribútumokat szintén az életciklus-szemlélet elveinek megfelelően gyűjtöttem össze a szakirodalmi közlemények feldolgozásával. Az attribútum-jellemzőket minden esetben fajlagos értékekkel írtam le az egzakt összehasonlíthatóság érdekében.

A hét fenntarthatósági jellemző, attribútum jelentőségét a fenntartható energiarendszerben a feltételes választás módszerével hazai szakértők körében elvégzett felmérés alapján határoztam meg. A feltételes választás az egyik legpontosabb módszer a preferenciák feltárására (Marjainé Szerényi, 2005). A szakértőket arra kértem, hogy ismereteik birtokában, felelősen és a fenntarthatóságot szem előtt tartva töltsék ki a kérdőívet. Az egyes technológiák a fenntarthatósági értékelésben e súlyokkal korigálva kerültek összehasonlításra. A kérdőív tervezése során 18 db alternatívából 9 db döntési halmazt (döntési feladat) állítottam össze. A döntési halmazok tartalmaznak két alternatívát („A” és „B”) illetve egy status quo, „Egyik sem” lehetőséget, amely a jelenlegi energiarendszer fennmaradását jelképezi – ebben az esetben fennmarad annak minden hátránya is. A **1. ábra** egy példát mutat be a választási kártyák közül.

1. ábra: Egy döntési halmaz a kilenc közül

	„A” változat	„B” változat	Egyik sem
 Légszennyezés (üvegház-hatású gázok, fosszilis energiához képest)	80%	50%	Jelenlegi energiarendszer marad
 Területigény	2 ha	2 ha	
 Energiahatékonyság	60%	30%	
 Egyéb káros környezeti hatás (zaj, biodiverzitás, vibráció stb., fosszilis energiához képest)	20%	20%	
 Költségnövekedés	5%	30%	
 Keletkező új munkahely	10	20	
 Helyi jövedelem (a munkajövedelmen felül)	2 M Ft	2 M Ft	
Az Ön választása:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Forrás: saját szerkesztés

Szakértőként fogadtam el azon személyeket, akik katalogizált publikációval rendelkeznek a „megújuló energiaforrások”, a „környezetgazdaságtan” és/vagy a „környezetpolitika” területén (kulcsszóval). Ugyancsak szakértőként fogadtam el azon személyeket, akik pozíciót töltenek be e területeken, egyetemeken vagy főiskolákon, kormányzati szerveknél vagy szakmailag elismert civil szervezeteknél, adott esetben publikációs aktivitás nélkül is. A kérdőívezés során on-line kérdőíves rendszert vettünk igénybe, amely 2011. október 11. és 2011. november 18. között volt elérhető. A 172 kiválasztott szakértőből 52 fő töltött ki kérdőívet (DOMBI et al., 2012).

A következőkben 14 különböző technológia adatait gyűjtöttem össze széleskörű szakirodalmi kutatásra támaszkodva, közel 50 közlemény feldolgozásával. A technológiák értékeit az egyes attribútumok tekintetében sztenderdizáltam. Ezáltal 0 és 1 közé eső értékeket kaptam úgy, hogy megőriztük a projektek közötti relatív különbséget. A valódi, relatív fenntarthatósági rangsor felállításához ez a lépés elengedhetetlen, illetve szintén a sztenderdizálás teszi lehetővé a különböző dimenziójú attribútum-értékek aggregálását. Végül a sztenderdizált értékeket korrigáltam a fenntarthatósági attribútumok súlyaival, melyeket a szakértői felmérés során nyertem. A végső rangsort szintén sztenderdizáltam, hogy az értékek is 0 és 1 közé essenek.

Eredmények

Az eredmények ismertetése során időrendi sorrendben mutatom be kutatásom hozadékát: először a szakértői preferenciák vizsgálatának eredményeit ismertetem, majd a technológia-értékelést. Végül miskolci beruházások példáján vázolom, hogy egyedi, projektszinten hogyan alkalmazható a fenntarthatósági értékelés a döntés-előkészítés fázisában.

A szakértői felmérés eredményei

A kérdőívekben kitöltött 9-9 választási kártya alapján számítottam ki az egyes attribútumokhoz tartozó β koefficienseket (**1. táblázat**). Látható, hogy az „energiahatékonyság” attribútumon kívül mindegyik szignifikáns 95%-os szinten. A β koefficiensek előjelei megfelelnek az elvárásoknak: a pozitív előjelek arra utalnak, hogy a szakértők inkább választanak olyan alternatívát, amelyben magasabb az energiahatékonyság,

új munkahelyek teremődnek és magasabb a helyi jövedelem. Ezekben az esetekben az attribútumok értéke és választás valószínűsége (magasabb hasznosságérzet) között pozitív a kapcsolat. A negatív előjelű attribútumok esetén viszont a kapcsolat fordított, ezek a negatív hatások.

1. táblázat: A feltételes választással végzett felmérés eredményei a CL modellben

Attribútum	β	exp. β	SE	p
ASC	1,66407	5,281	0,29079	1,00E-08*
Légszennyezés	-0,01156	0,989	0,00226	3,00E-07*
Területigény	-0,03243	0,968	0,00865	1,80E-04*
Energiahatékonyság	0,00444	1,004	0,00434	3,10E-01
Egyéb káros környezeti hatás	-0,01178	0,988	0,00368	1,40E-03*
Költségnövekedés	-0,01656	0,984	0,00374	9,70E-06*
Keletkező új munkahely	0,02246	1,023	0,00959	1,90E-02*
Helyi jövedelem	0,02835	1,029	0,01325	3,20E-02*
<i>Pseudo-R²</i>	<i>0,1229</i>			

* szignifikáns 95%-os szinten

Likelihood ratio test=126, 8 szabadságfokon, p<0,001, n= 1404, esetszám = 468

Exp. β koefficiens = e^β

Forrás: saját számítások

A β koefficiensek önmagukban az attribútumok döntésekben és a hasznosságérzetben betöltött szerepére utalnak. A legmagasabb β érték a területigény esetén figyelhető meg (-0,03243), ez véleményem szerint az élelmezésbiztonság és a biomassa energetikai hasznosításának konfliktusa illetve az ezzel kapcsolatos intenzív viták miatt alakult ekképpen. Szintén magas a munkahelyteremtési és a helyi jövedelemmel kapcsolatos jellemzők β koefficiense (0,02246, ill. 0,02835).

A preferenciák rendszerében tehát kiemelkedő jelentősége van egy adott technológia területigényének, illetve – pozitív hatásként – annak társadalmi interakcióinak, így munkahelyteremtő és helyi jövedelemképző hatásának. Ezek alapján a téma hazai szakértői szerint a vidék egyik legfontosabb erőforrása, a termőföld különösen védendő értékünk. A technológiák társadalmi hatásaiban pedig a szakértők szerint különösen fontos a jövedelmek allokációjának minősége: a helyben maradó jövedelem az azonosított preferenciarendszerben igen jelentős. *A szakértők preferenciái ezek alapján erőteljesen kapcsolódnak a vidékpolitika céljaihoz, tehát a helyi erőforrások ésszerű hasznosítását és a helyi gazdaságok erősítését részesítik előnyben. Ezen a ponton a vidékpolitika nagyon szorosan illeszkedik a fenntartható*

fejlődés koncepciójába, és igen közel áll a megújuló energiaforrásokkal kapcsolatos prioritásokhoz.

A technológia-értékelés eredményei

A hazai technológia-értékelés valós és sztenderdizált alapadatai figyelhetők meg a **2. táblázatban**. Foglalkoztatási hatásukat a teljes életcikluson keresztül figyelembe véve a technológiailag fejlettebb, nagyobb beruházást igénylő technológiák esetében a berendezések gyártásának és üzembe helyezésének szakaszában figyelhető meg magasabb munkaerőigény (nap- és geotermikus energiák hasznosítás). Nemzetgazdasági szempontból ez viszont azt jelenti, hogy a foglalkoztatás egy jelentős része specifikus ágazatokban jelenik meg, így fokozottan indokolt a teljes vertikum támogatása (pl. napelem-előállítás).

A **2. táblázatban** és a **2. ábrán** a hazai technológia-értékelés eredményei láthatók. A villamos energia előállítás tekintetében hazai körülmények között a biogázüzemek létesítése tűnik fenntarthatósági szempontból leginkább előnyösnek. A hulladékhasznosítás miatt ezek területigénye és egyéb káros környezeti hatása a többi bioenergetikai eljárásnál alacsonyabb, viszont társadalmi szempontból ez a technológia kiemelkedő: fajlagosan a legmagasabb foglalkoztatási és lokális jövedelmi hatással jellemezhető.

A szél erőművek igen alacsony környezetterhelésük és legalacsonyabb teljes előállítási költségeiknek köszönhetően kerültek a rangsor második helyére annak ellenére, hogy társadalmi pozitív hatásaik az összehasonlításba bevont technológiák közül a legalacsonyabbak.

A vízerőművek szintén hatékony, tiszta, alacsony terület-lekötésű és gazdaságos villamos energiatermelési lehetőségek, de közepes munkahelyteremtő-potenciáljuk és alacsony helyi jövedelmük miatt a 3. és 4. helyre kerültek a rangsorban. A kisléptékű hasznosítás alacsonyabb fajlagos beruházási költségeinek köszönhetően került előkelőbben rangsorolásra, mivel ezeket a beruházásokat kevésbé terheli a tereprendezés és a gátak kialakításának magas költsége. A geotermikus forrású villamos energia előállítás magas légköri emisszióval és alacsony foglalkoztatással jellemezhető, míg a PV technológia esetén figyelhető meg a legmagasabb előállítási költség és legalacsonyabb helyi jövedelem. A biomassza erőművek környezeti hatásaik és magas területigényük miatt kerültek a rangsor végére.

2. táblázat: A technológiák attribútum-értékei a hazai értékelésben

		Légszennyezés (g CO ₂ ekv./év)		Területigény (ha/kWh)		Energia- hatékonyság, CED (-)		Egyéb káros környezeti hatás, (%)		Költségek, LCOE (HUF/kWh ill. GJ)*		Keletkező új munkahely (munkaév/MW)**		Helyi jövedelem (%)	
		a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
	Súly	-0,01156		-0,03243		0,00444		-0,01178		-0,01656		0,02246		0,02835	
		a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
	VILLAMOS ENERGIA														
1	Biogázüzem	47	0,26	3555	0,59	1,06	0,90	42,15	0,62	36,5	0,48	434	1,00	60	1,00
2	Szélérőmű	15,5	0,04	367,5	0,05	1,06	0,90	10,19	0,00	13,7	0,00	7	0,00	5	0,00
3	Vízérőmű, kicsi	10,5	0,00	660	0,10	1,04	1,00	49,95	0,77	19,9	0,13	180	0,41	7,5	0,05
4	Vízérőmű, nagy	10,5	0,00	660	0,10	1,08	0,80	49,95	0,77	24,3	0,23	189	0,43	10	0,09
5	Geotermikus erőmű	150	1,00	75	0,00	1,13	0,55	22,61	0,24	33,2	0,41	35	0,07	20	0,27
6	Napelem (PV)	68,5	0,42	153,25	0,01	1,13	0,55	11,84	0,03	60,8	1,00	66,5	0,14	5	0,00
7	Biomassza erőmű	48,25	0,27	5950	1,00	1,13	0,55	62,07	1,00	27,7	0,30	105	0,23	55	0,91
8	Biomassza erőmű, faelgázosítás	25,25	0,11	5965	1,00	1,24	0,00	62,07	1,00	42,3	0,61	105	0,23	50	0,82
	HŐENERGIA														
1	Biomassza CHP	107,75	0,48	2380	0,40	1,05	1,00	62,07	1,00	4857	0,71	108	0,94	60	0,87
2	Geotermikus távfűtés	170	1,00	267,5	0,04	1,1	0,79	22,61	0,21	2311	0,00	102	0,86	12,5	0,01
3	Biomassza központos hőellátás, pellet	107,75	0,48	2670	0,45	1,2	0,38	62,07	1,00	5916	1,00	93	0,72	67	1,00
4	Napkollektor	49,5	0,00	35,21	0,00	1,29	0,00	11,84	0,00	4905	0,72	68	0,36	12	0,00
5	Biomassza távfűtés	107,75	0,48	5950	1,00	1,27	0,08	62,07	1,00	3490	0,33	112	1,00	55	0,78
6	Egyedi biomassza fűtés, apríték	90	0,34	4310	0,72	1,22	0,29	62,07	1,00	3258	0,27	43	0,00	60	0,87

a abszolút értékben

b sztenderdizált

*PYLON, 2010a

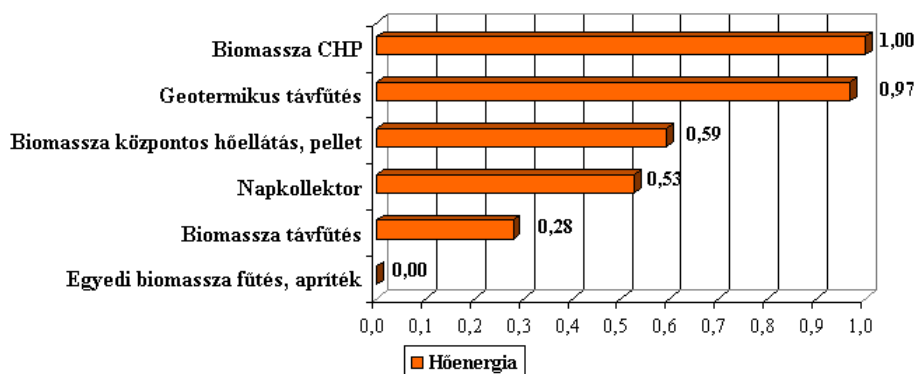
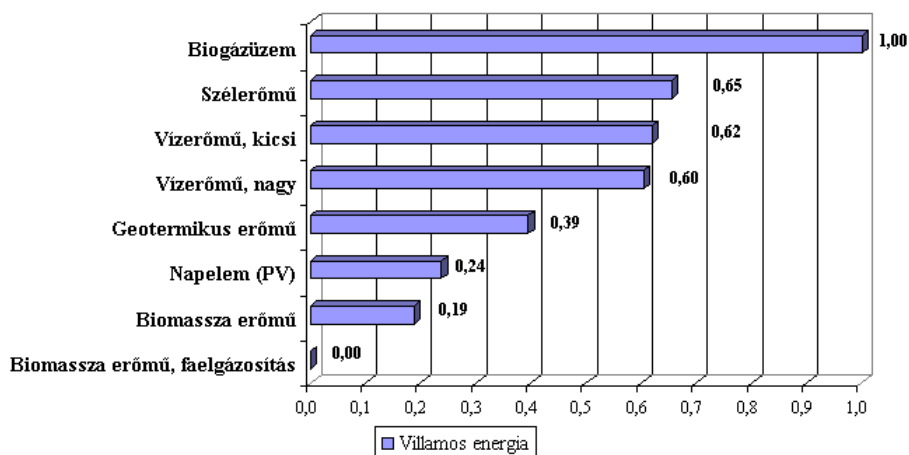
**KOHLHEB et al., 2010

Forrás: saját szerkesztés több közlemény alapján (l. IRODALOMJEGYZÉK)

A hőelőállítás esetében a bioenergetikai eljárások meglehetősen „távol kerületek egymástól”. Társadalmi hatásait tekintve az eljárások hasonlóak, ezért a rangsort köztük leginkább a területigény alakítja: a kogeneráció magasabb energiatermelése miatt a fajlagos területigény alacsonyabb, a pellet-tüzelésű központos hőellátás esetén pedig a pelletálás során megnövelt energiasűrűségnek köszönhető a kisebb területfoglalás. A központos hőellátás legmagasabb hőelőállítási költségei ellenére került így a 3. helyre, két bioenergetikai fűtési módot is megelőzve.

A geotermikus távfűtés alacsony területigényű, de munkaigényes technológia, így a 2. helyre került. A napkollektoros fűtés a legtisztább és a leginkább terület-hatékony, de a helyi jövedelem-termelő képessége alacsony és az energia-előállítási költség is magas, ezért a közepes fenntarthatósági értéket kapott.

2. ábra: A villamos és hőenergia előállítási technológiák hazai relatív rangsora és a fenntarthatósági értékek



Forrás: saját szerkesztés

A hazai rangsor rámutat a bioenergetikai eljárások sokszínűségére, a villamos energia előállítása elsősorban hulladékokra és melléktermékekre alapozott biogázüzemekben előnyösebb, a hőtermelés pedig kogenerációval vagy közepes méretű rendszerekben (intézményfűtés). Szintén célszerű a hazai geotermikus potenciál kiaknázása, ez az energiaforrás fenntarthatósági szempontból villamos energia előállítására közepesen, hőtermelésre viszont kifejezetten előnyös.

A villamos energetikai rangsor első felében pozícionálódtak a szél- és vízenergia-hasznosítás. Fenntarthatósági szempontból tehát fontos lehet e két energiaforrás arányának növelése a megújuló energiakeverékben. Ráadásul a szélenergia nagyarányú hasznosításának gátja a villamos energiarendszer szabályozhatóságára kifejtett negatív hatása, ami a vízenergia segítségével csökkenthető, akár szivattyús-tározós, akár hagyományos vízerőművek segítségével.

Példa a projektszintű értékelésre (Miskolc)

Az egyedi fenntarthatósági projektértékelés módszerének fejlesztése több célt is szolgálhat. Egyrészt a beruházások támogatásakor a pályázók rangsorolásához nyújthat segítséget, szempontot, másrészt közvetlenül a beruházó számára szolgáltat fontos információkat még a döntés-előkészítés szakaszában.

Jelen alfejezetben a fent bemutatott értékelési módszertani keret alkalmazását egy létező példán mutatom be. Választásom azért esett a Miskolci Hőszolgáltató Kft. projektjeinek értékelésére, mert a két, összevethető méretű, megújuló energiaforrásokat hasznosító beruházás egy településen mutatható be, hasonló társadalmi, gazdasági és földrajzi viszonyok között. Egy már megvalósult biomassza fűtőmű beruházás és egy geotermikus távfűtő rendszer két lehetséges forgatókönyvének (összesen három opció) fenntarthatósági értékelését mutatom be¹.

2011-ben adták át Miskolcon a Bioenergy-Miskolc Szolgáltató Kft. által 780 millió forintos beruházással, 45%-os KEOP támogatással felépített 3 MW kapacitású fűtőművet. A fűtőmű

¹ A bemutatott esettanulmány sajtóközleményeken, illetve Kókai Péter projektmenedzser személyes közlésein alapul, akinek köszönettel tartozom a hasznos információkért és segítőkészségéért. A MIHŐ Kft. jelen fenntarthatósági értékelést nem vette figyelembe, a fejezet célja kizárólag a leírt módszer demonstrációja.

csak fűtési szezonban üzemel, tüzelőanyaga egyrészt évi 4000 tonna faapríték, melynek alapanyaga a közeli erdészetektől származó tölgy, cser és bükk tűzifa választékai, másrészt a városgazdálkodási tevékenység során keletkező fahulladék.

A beruházó és a MIHŐ Kft. példásan kezelte a belterületi fűtőmű építésével kapcsolatos társadalmi feszültségeket: a kezdeti ellenállás a higgadt és megfontolt, nyílt kommunikációnak köszönhetően másfél év után megszűnt. A fűtőmű az érdeklődők számára ma is látogatható, továbbá a lakosság tapasztalhatja azt is, hogy a szállítási terhelés (faanyag) jelentéktelen – egy teherautó napi-kétnapi gyakoriságú fordulója ellátja a fűtőművet a megfelelő mennyiségű aprítékkal. A városgazdálkodási fahulladékon felüli alapanyag szállítására tender útján pályázhatnak az erdészetek. A viszonylag alacsony mennyiség miatt általában a kisebb, közeli erdészetek vállalják a teljesítést.

A másik beruházás léptéke – tervezett kapacitását tekintve – több mint tízszerese a biomassza fűtőműnek. A Miskolci Geotermia Zrt., mely a Pannergy Geotermikus Erőművek Zrt. (90%) és a MIHŐ Kft. (10%) közös cége, 2010-ben kezdett a Miskolc alatt elhelyezkedő geotermikus rezervoár kiaknázásába. A projekt első szakaszát május elején adták át, a beruházók összesen kb. 2 Mrd HUF EU támogatásra számítanak, a projekt eddigi költségei kb. 7,5 Mrd. HUF-ra tehetők.

A rendszer két termelő és három visszasajtoló kút fúrásával megvalósult meg. Az első mérések alapján a kitermelt víz hozama az első mályi kút esetében 6600-9000 l/perc (110-150 l/s) lehet 105 C°-on, míg a második mályi termelőkúton 8000 l/perc 90 C°-on. A három visszasajtoló kút Kistokaj területén került kialakításra. A kutak mélysége 2305-1058 m, a legmélyebb az egyik termelőkút Mályiban. A rendszer a következő fűtési szezonban kerül élesítésre.

A rendszer végleges és állandó hőkapacitásától függően további hasznosítási lehetőségek is felmerültek a visszatérő ágon: az Miskolci Agrokultúra Kft. a kistokaji visszasajtoló kutak felé áramló, még mindig 60 C°-os vizet hasznosítaná mezőgazdasági célokra (fóliasátor, üvegház), a Geowendung Zrt. pedig Mályi és Kistokaj településeken alakítana ki falufűtést. Ezek a rendszer üzemeltetőjének bevételeit tovább növelnék, valamint a rendszer hatékonyságát is emelnék a hulladék hő hasznosítása által.

A rendszer által fedezhető hőigény azonban még bizonytalan — csakúgy, mint a hőszolgáltatás költségei is. Ezek csak akkor lesznek teljes mértékben ismertek, amikor a geotermikus rendszer állandó üzemében mérhetőek lesznek. Nagy a bizonytalanság a rezervoár hőtartalmát és a visszasajtolás földtani közegekre való hatását illetően. A biomassa-tüzelésű fűtőmű és a geotermikus rendszer legjobb (J1), ill. legrosszabb teljesítményű és költségű verziójának (R2) műszaki és gazdasági adatait a **3. táblázatban** foglaltam össze.

3. táblázat: Miskolc megújuló energiaforrásokra alapozott távfűtési beruházásai

	Biomassa fűtőmű	Geotermikus rendszer (J1)	Geotermikus rendszer (R2)
Kapacitás, MW	3	50	30
Hőteljesítmény, TJ	45	800	400
Beruházás, Mrd HUF	0,780	6,0	7,0
Üzemeltetés, HUF/J	3.600	3.000	3.500
CO ₂ -kiváltás, t CO ₂ ekv.	50.077	166.500	83.250

Forrás: saját szerkesztés, sajtóanyagok alapján

A **3. táblázatban** megfigyelhetők az egyes beruházási változatok attribútum-értékei. A biomassa fűtőműnek köszönhetően a húsz éves életciklus alatt összesen 50.077 t CO₂ ekv., a geotermikus projekt optimális (800.000 GJ hőteljesítmény) változatában pedig 30 év alatt 166,5 millió t CO₂ ekv. emisszió kerülhető el. A biomassa-tüzelésű fűtőmű területigénye magasabb, az évi 4000 tonna alapanyag-szükségletet 5000 m³-el egyenértékűnek feltételezve az átlagos területigény a tüzelőanyag-előállítás oldalán 12 ha évente. Az ezen felüli területigény mindhárom esetben az épületek és a távvezetékek védősávjának alapterületéből adódik.

Az egyéb káros környezeti hatás attribútum értékét a korábban hivatkozott módszer segítségével (DOMBI, 2012), a jelen esetben felmerülő környezetterhelések figyelembevételével becsültem, mint ahogyan a CED értékeit is. A teljes előállítási költség (LCOE) kalkulációjakor 5%-os diszkontrátát, ill. a **2. táblázat** értékeit vettem figyelembe. A bioenergetikai beruházás esetén a fűtőműben 4 álláshely keletkezett közvetlenül, továbbá 3 új munkahely alapozódott meg az investíciónak köszönhetően az alapanyag-beszállítónál és a MIHŐ Kft.-nél összességében. A geotermikus rendszer üzemeltetése 30 állandó alkalmazottat igényel majd, továbbá egy adminisztratív jellegű álláshely létrehozása várható.

Helyi jövedelem termelődése elsősorban a faanyagot biztosító erdőgazdálkodóknál várható, ez kb. 1.100 HUF/GJ. További 8 millió forintnyi munkabér, 2 millió forint karbantartási költség és 3 millió forint iparüzési adó felmerülése várható évente. A geotermikus rendszer üzembe helyezése után évi 6 millió HUF munkabérrel és a hőleadástól függően iparüzési adóval kalkuláltam, 24 millió HUF értékben a J1 verzió és 48 millió HUF értékben az R2 verzióban évente.

4. táblázat: A változatok attribútum-értékei

	Súly	Biomassza fűtőmű		Geotermikus rendszer (J1)		Geotermikus rendszer (R2)	
		Abszolút	Sztenderdizált	Abszolút	Sztenderdizált	Abszolút	Sztenderdizált
CO₂-kiváltás t CO₂ ekv./GJ	-0,01156	1,113	0	13,875	1	13,875	1
Területigény m²/GJ	-0,03243	2,768	0	0,059	1	0,119	0,96
Energiahatékonyság CED (-)*	0,00444	1,2	0	1,05	1	1,1	0,33
Egyéb káros környezeti hatás %*	-0,01178	30,17	1	39,14	0	39,14	0
Költségek LCOE, HUF/GJ	-0,01656	4.693	0	3.465	1	4.584	0,08
Keletkező új munkahely, fő/MW	0,02246	2,33	1	0,62	0	1,03	0,24
Helyi jövedelem, HUF/GJ	0,02835	1100,3	1	67,5	0	75,0	0,01
Összesen (súlyozva)		-	-0,00974	-	-0,00734	-	-0,02117

Forrás: saját szerkesztés a MIHÓ Kft. közlése, ill. korábbi adatok alapján

A **4. táblázat** segítségével egyszerűen kiértékelhető a vázolt három változat fenntarthatósági értékelése. A geotermikus rendszerek környezeti hatásait és területigényüket tekintve egyértelműen jobbak a biomassza fűtőműnél, a társadalmi hatások tekintetében azonban hátrányosabbak. A geotermikus projekt sikere, tehát az, hogy végül hosszú távon mekkora hőigény kielégítésére alkalmas a rezervoár, elsősorban a fajlagos költségeket befolyásolja, továbbá hatással van a fajlagos munkahelyteremtésre, illetve az energiahatékonyságra.

A teljes értékelés elvégzése után a következő sorrend alakul ki a változatok között. A geotermikus projekt optimális megvalósulása esetén ennek „fenntarthatósági teljesítménye” (-0,00734²) meghaladja a biomassza-fűtőművet, ami viszont mindenképpen jobb fenntarthatósági szempontból (-0,00974), mint a geotermikus rendszer a vártnál bármennyivel

² A negatív értékek nem negatív hatást jelentenek, a fenntarthatósági érték csupán a rangsorolás alapját szolgáltatja.

rosszabb hőtéljesítmény és magasabb költségek esetén (-0,02117). A beruházás és az üzemeltetés magas állandó költség aránya miatt az egyébként fenntarthatósági szempontból jóval előnyösebb geotermikus távfűtési rendszer igen érzékeny a leadott hőmennyiség csökkenésére, így lett a ragsorban az utolsó az R2 változat.

Amennyiben egy ilyen értékelést előzetesen végzünk korlátozottan rendelkezésre álló erőforrások mellett, megfontolandó a beruházásokban rejlő ilyen jellegű kockázat is. Az összehasonlítás célszerű lehet azonban akkor is, ha a lehetőségek paraméterei a fent bemutatottnál stabilabbak. A biomassza-fűtőmű esetében a terület- és energiahatékonyság növelésére érdemes figyelemmel lenni, a geotermikus beruházás tervezésekor pedig egyértelműen a magasabb hőkapacitás közelíti a „gyengébb” verziót a J1-hez.

Következtetések

Tanulmányomban legfőbb céloom volt a megújuló energiaforrásokra alapozott technológiák hozzájárulását mérni a fenntartható energiagazdálkodás eléréséhez, megközelítéséhez. Ennek elsődleges eredménye a technológiák relatív rangsora, továbbá bemutattam a módszertani keret alkalmazhatóságát egyedi esetekben. Az eredmények alapján az alábbi következtetésekre jutottam.

- i) A hazai szakértők körében végzett empirikus felmérésem során kiderült, hogy egy megújuló energiaforrást hasznosító technológia megítélésében annak területigénye és társadalmi hatásai (helyi jövedelemtermelő képessége és munkahely-teremtő képessége) a legfontosabbak. Ezek tekinthetők a hazai prioritásoknak a megújuló energiaforrások egymással való összehasonlítása terén.
- ii) A vidékpolitika céljaihoz illeszkedik a hazai szakértők preferenciarendszere a megújuló energiaforrások arányának növelésének esetében.
- iii) A villamos energia előállítása terén a megújuló energiaforrásokra alapozott technológiák közül hazai viszonylatban a biogázüzemek, a szélérőművek és a vízerőművek; hőellátás szempontjából pedig a biomassza CHP és a geotermikus távfűtés a legkedvezőbbek. Mivel a szakértői preferenciák közel állnak a vidékfejlesztési célokhoz, e technológiák előnye vidékpolitikai szempontból is figyelemre méltó.

- iv) A jelenlegi koncepcióval ellentétben Magyarországnak fokozottan törekednie kell a szélenergia és a vízenergia hasznosítására, mivel e technológiák fenntarthatósági szempontból igen előnyösek.
- v) A fenntarthatósági értékelés kerete alkalmas makroszintű támogatási rendszerek megalapozására (pl. METÁR) a relatíve előnyösebb technológiák azonosítása által.
- vi) A bemutatott esettanulmány révén igazoltam, hogy a fenntarthatósági értékelés általam kidolgozott módszere az egyedi projektértékelés terén is hasznosítható, akár a szereplők döntéseinek (beruházók, önkormányzatok) támogatására, akár a pályázatok elbírálásának szakaszában.

További vizsgálatokkal a kutatás köre szélesíthető, például újabb technológiák bevonásával. Tudományos és szakpolitikai szempontból igen nagy jelentősége lehet a kutatás szakaszosan megismételt elvégzésének. Mindez a gyakorlati felhasználási lehetőségek szempontjából különösen fontos. A gyakorlati felhasználás különböző időtávokon értelmezhető: az energetikai jellegű pályázatokat tartalmazó operatív programok kialakítása hétévente történik, az egyes hazai támogatási csatornák (METÁR, zöldhő-támogatás) felülvizsgálatára évente-kétévente kerülhetne sor. Maga a fenntarthatósági értékelés, mint modell pedig más területeken is alkalmazható, például közlekedéstudományi, településfejlesztési értékelési tanulmányok elvégzésekor.

Köszönetnyilvánítás

A több évet felölelő kutatás során nagyon sokan segítettek munkámat. Leginkább feleségemnek, Koroknai Viktóriának tartozom köszönettel, aki nemcsak mint társam, hanem gyakran tudományos területen is nélkülözhetetlen számomra. Családom többi tagjának is hálával tartozom. Szeretném megköszönni Dr. Kuti István konzulensemnek mérhetetlenül hasznos tanácsait, továbbá Dr. Balogh Péter kollégámnak a statisztika területén nyújtott segítségét és az azon felüli támogatását. Hálás vagyok továbbá minden kollégámnak az önzetlen segítségért, tanácsokért és támogatásért. Köszönöm Kókai Péter projektmenedzsernek a miskolci esettanulmányban nyújtott nélkülözhetetlen és készséges segítségét. A kutatás a „TÁMOP 4.2.4. A/2-11-1-2012-0001 Nemzeti Kiválóság Program - Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése konvergencia program” támogatásával valósult meg.

Irodalomjegyzék

- 1) Allan, G. – McGregor, P. – Swales, K (2011): The importance of revenue sharing for the local economic impacts of a renewable energy project: a social accounting matrix approach. *Regional Studies*. Volume 45. Issue 9. pp. 1171-1186.
- 2) Bai A. – Lakner Z. – Marosvölgyi B. – Nábrádi A. (2002): A biomassza felhasználása. Budapest. Szaktudás Kiadó Ház, 226 p. ISBN: 963-9422-46-0
- 3) Baranyi B. (2010): Bioenergetika – társadalom – harmonikus vidékfejlődés. MTA RKK – DE AMTC. Debrecen, 339 p. ISBN: 978-963-9899-27-8
- 4) Bergmann, A. – Hanley, N. – Wright, R. (2006): Valuing the attributes of renewable energy investments. *Energy Policy*. Volume 34. Issue 9. pp. 1004-1014.
- 5) Chatzimouratidis, A. I. – Pilavachi, P. A. (2009): Technological, economic and sustainability evaluation of power plants using the Analytic Hierarchy Process. *Energy Policy*. Volume 37. Issue 3. pp. 778-787.
- 6) Costanza, R. – d'Arge, R. – de Groot, R. – Farber, S. – Grasso, M. – Hannon, B. – Limburg, K. – Naeem, S. – O'Neill, R. V. – Paruelo, J. – Raskin, R. G. – Sutton, P. – van der Belt, M (1997): The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*. Volume 387. Issue 5. pp. 253-260.
- 7) san Cristóbal, J. R. (2011): A multi criteria data envelopment analysis model to evaluate the efficiency of the Renewable Energy technologies. *Renewable Energy*. Volume 36. Issue 10. pp. 2742-2746.
- 8) Csatári B. (2011): Vitára szánt felvetések a magyar területi- és vidéktervezés (-fejlesztés) jövőjét illetően. *Falu város régió*. 18. évf. 2. sz. pp. 42-44.
- 9) Deutsch N. (2011): A technológiai rendszerek innovációja. PhD értekezés. Pécsi Tudományegyetem. 336 p.
- 10) Dinya L. (2010): Biomassza-alapú energiatermelés és fenntartható energiagazdálkodás. *Magyar Tudomány*. 171. évf. 8. sz. pp. 912-925.
- 11) Dombi M. – Kuti I. – Balogh P. (2012a): Adalékok a megújuló energiaforrásokra alapozott projektek fenntarthatósági értékeléséhez. *Gazdálkodás*, 2012/5., pp. 410-425. ISSN: 0046-5518
- 12) Dombi M. (2012): Környezeti hatások értékelésének lehetősége ökoszisztéma-szolgáltatások alapján. *Tér és Társadalom*, 2012/2., pp. 40-56. ISSN: 2062-9923.
- 13) EB (2007a). Európai energiapolitika. Az Európai Közösségek Bizottsága. Brüsszel. 32 p. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2007:0001:FIN:HU:PDF>, letöltés ideje: 2010. 07. 21.
- 14) EB (2007b). Megújulóenergia útiter. Az Európai Közösségek Bizottsága. Brüsszel. 24 p. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2006:0848:FIN:HU:PDF>, letöltés ideje: 2010. 07. 21.
- 15) Elghali, L. – Clift, R. – Sinclair, P. – Panoutsou, C. – Bauen, A. (2007): Developing a sustainability framework for the assessment of bioenergy systems. *Energy Policy*. Volume 35. Issue 12. pp. 6075-6083.

- 16) Evans, A. – Strezov, V. – Evans, T. J. (2009): Assessment of sustainability indicators for renewable energy technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Volume 13. Issue 5. pp. 1082-1088.
- 17) Frangopoulos, C. A. (2011): A contribution to the multi-criteria evaluation of energy systems with sustainability considerations. 2nd international exergy, life cycle assessment and sustainability workshop and symposium, Nisyros, Görögország.
- 18) Gáthy A. – Karcagi A. – Kuti I. (2006): Az alternatív energiaforrásokra vonatkozó célkitűzések és jelzőszámok az EU tagországok nemzeti fenntartható fejlődési stratégiáiban. pp. 1-9. In. Andrassy A. (Szerk.) (2006): Az alternatív energiaforrások hasznosításának gazdasági kérdései. NyME KTK. Sopron. ISBN: 978-963-9364-82-0
- 19) Ghafghazi, S. – Sowlati, T. – Sokhansanj, S. – Melin, S. (2010): A multicriteria approach to evaluate district heat options. *Applied Energy*. Volume 87. Issue 4. pp. 1134-1140.
- 20) Giampietro, M. – Mayumi, K. – Munda, G. (2006): Integrated assessment and energy analysis: Quality assurance in multi-criteria analysis of sustainability. *Energy*. Volume 31. Issue 1. pp. 59-86.
- 21) Grunwald, A. – Rösch, C (2011): Sustainability assessment of energy technologies: towards an integrative framework. *Energy, Sustainability and Society*. Volume 1. Issue 3. pp. 1-10.
- 22) Horváth P. – Nagy G. (2012): A multifunkcionális mezőgazdaság és a fenntartható vidékfejlesztés egyes összefüggései. *Agrártudományi Közlemények*. 45. sz. pp. 29-37.
- 23) Kohlheb N. – Pataki Gy. – Porteleki A. – Szabó B. (2010): A megújuló energiaforrások foglalkoztatási hatásának meghatározása Magyarországon. ESSRG, Budapest, 59 p.
- 24) Lovas R. (szerk.) (2010): Megújuló energiaforrások hasznosítása. Köztestületi Stratégiai Programok. Magyar Tudományos Akadémia, Budapest, 143 p. ISBN 978-963-508-599-6
- 25) Lukács, G. S. (2009): Megújuló energia és vidékfejlesztés. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest, 265 p. ISBN: 978-963-9935-00-6
- 26) Madlener, R. – Stagl, S. (2005): Sustainability-guided promotion of renewable electricity generation. *Ecological Economics*. Volume 53. Issue 2. pp. 147-167.
- 27) Marjainé Szerényi Zs. (2005): A természetvédelemben alkalmazható közgazdasági értékelési módszerek. KvVM, Budapest, 157 p. ISBN: 963 218 307 x
- 28) Menegaki, A. (2006): Valuation for renewable energy: A comparative review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Volume 12. Issue 9. pp. 2422-2437.
- 29) NFM (2010): Magyarország megújuló energia hasznosítási cselekvési terve 2010-2020. Nemzeti Fejlesztési Minisztérium, Budapest, 226 p. ISBN 978-963-89328-0-8
- 30) NFM (2011): Szabályozási koncepció a megújuló- és alternative energiaforrásokból előállított hő- és villamos energia kötelező átvételi rendszerről. Nemzeti Fejlesztési Minisztérium, Budapest, 26 p.
- 31) Pylon Kft. (2010a): Magyarország 2020-ig hasznosítható megújuló energiaátalakító megvalósult technológiáinak kiválasztása, műszaki-gazdasági mutatói adatbázisa. Pylon Kft., Budapest, 92 p.
- 32) Pylon Kft. (2010b): Magyarország 2020-ig hasznosítható megújuló energiapotenciáljának gazdaságossági, megtérülési-modell, optimális támogatási eszközök vizsgálata. Pylon Kft., Budapest, 149 p.

- 33) Renn, O. (2003): Social assessment of waste energy utilization scenarios. *Energy*. Volume 28. Issue 13. pp. 1345-1357.
- 34) Rideg, A. – Deutsch, N. – Torjai, L. (2009): Biogázüzem telepítésének többszemponútú értékelése. *Energiagazdálkodás*. 50. évf. 3. sz. pp. 26-29.
- 35) del Rio, P. – Burguillo, M. (2009): An empirical analysis of the impact of renewable energy deployment on local sustainability. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Volume 13. issues 6-7. pp. 1314-1325.
- 36) Shen, Y-C. – Lin, G. T. R. – Li, K-P. – Yuan, B. J. C. (2010): An assessment of exploiting renewable energy sources with concerns of policy and technology. *Energy Policy*. Volume 38. Issue 8. pp. 4604-4616.
- 37) Stamford, L. – Azapagic, A. (2012): Life cycle sustainability assessment of electricity options for the UK. *International Journal of Energy Research*. Volume 36. Issue 14. pp. 1263-1290.
- 38) Szarka L. (2010): Szempontok az energetika és környezet kapcsolatához. *Magyar Tudomány*. 171. évf. 8. sz. pp. 979-989.
- 39) Thórhallsdóttir, T. E. (2007): Strategic planning on the national level: Evaluating and ranking energy projects by environmental impact. *Environmental Impact Assessment Reviews*. Volume 27. Issue 6. pp. 545-568.
- 40) Tsoutsos, T. – Frantseskaki, N. – Gekas, V. (2005): Environmental impacts from solar energy technologies. *Energy Policy*. Volume 33. Issue 3. pp. 289-296.