

Egyetemi doktori (PhD) értekezés tézisei

VILLAMOS ÉS HŐENERGIA ELŐÁLLÍTÁSÁT SZOLGÁLÓ MEGÚJULÓ ENERGETIKAI TECHNOLÓGIÁK FENNTARTHATÓSÁGI ÉRTÉKELÉSE

Dombi Mihály

Témavezető:
Dr. Kuti István
egyetemi docens



DEBRECENI EGYETEM

Ihrig Károly Gazdálkodás- és Szervezéstudományok Doktori Iskola

Debrecen, 2013

TARTALOMJEGYZÉK

1. A KUTATÁS ELŐZMÉNYEI, CÉLKITŰZÉSEI ÉS A KUTATÁSI HIPOTÉZISEK BEMUTATÁSA.....	1
1.1. A kutatás célja.....	1
1.2. Hipotézisek	2
2. ADATBÁZIS ÉS AZ ALKALMAZOTT MÓDSZEREK ISMERTETÉSE	4
2.1. A fenntarthatósági jellemzők.....	5
2.2. Technológia-értékelés.....	7
3. AZ ÉRTEKEZÉS FŐBB MEGÁLLAPÍTÁSAI.....	9
3.1. A szakértői felmérés eredményei	9
3.2. Globális és hazai technológia-értékelés	10
3.3. Magyarország megújuló energiaforrásokra alapozott optimális energiakeverékének becslése	15
3.4. A hipotézisek értékelése	18
4. AZ ÉRTEKEZÉS ÚJ, ILLETVE ÚJSZERŰ EREDMÉNYEI...21	21
5. AZ EREDMÉNYEK ELMÉLETI ÉS GYAKORLATI HASZNOSÍTHATÓSÁGA.....	23
6. AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN KÉSZÜLT PUBLIKÁCIÓK	24

1. A KUTATÁS ELŐZMÉNYEI, CÉLKITŰZÉSEI ÉS A KUTATÁSI HIPOTÉZISEK BEMUTATÁSA

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 rendszer és benne az emberiség nemzedékeken átívelő módon csak akkor maradhat fent, ha figyelembe vesszük a természet globális életfenntartó rendszereinek korlátait, a társadalom és a gazdaság mechanizmusait ehhez igazítjuk. Ez a fenntartható fejlődés követelménye.

1.1. A kutatás célja

A globális ökológiai problémák között igen nagy, egyesek szerint kiemelkedő jelentőségű a klímaváltozás jelensége. A szektor gyökeres átalakítása elkerülhetetlen. Energiarendszerünk jelenleg fenntarthatatlan a gazdasági illetve népességnövekedésen alapuló és az egyes társadalmakban irracionális energiaigények, valamint az energiaforrások készleteinek rövid- illetve hosszú távú bizonytalansága miatt. Ez a bizonytalanság a készletek gyors csökkenéséből illetve az ehhez kapcsolódó gazdasági és politikai konfliktusokból adódik. 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.

Kutatásom során azt tárom fel, hogy a fenntartható energiaszerkezet felé történő elmozdulás és átmenet szempontjából mely megújuló energiaforrásokra alapozott technológiák a legelőnyösebbek. A kutatás elsődleges eredménye, tehát a technológiák fenntarthatósági szempontból kialakuló relatív rangsora és az ebből levezethető további eredmények több környezet- és fejlesztéspolitikai területen is hasznosíthatóak. Stratégiai szempontból nagy jelentőséggel bír az optimális megújuló energiakeverék felvázolása, mely segítségével az aktuális technológiai körülmények által adott környezetben, fenntarthatósági szempontból idealizálható állapot modellezhető.

A kutatás során számos megújuló energetikai technológiát hasonlítottam össze egy bizonyos fenntarthatósági jellemző-rendszerben, a jellemzőkkel kapcsolatos szakértői preferenciákat érvényesítve. Ezt a fenntarthatósági jellemző-rendszert a fenntarthatóság három dimenziójának energiagazdálkodási vetületeként értelmeztem.

1.2. Hipotézisek

H1

A HAZAI SZAKÉRTŐK KÖRÉBEN A MEGÚJULÓ ENERGIAFORRÁSOK HASZNOSÍTÁSÁNAK KÖRNYEZETI ÉS TÁRSADALMI JELLEMZŐI ELSŐDLEGES JELENTŐSÉGŰEK.

Tekintve hazánk helyzetét, feltételezem, hogy a környezeti tényezők (ÜHG kibocsátás, egyéb káros környezeti hatás) jelentőségének értékelése a megújuló energetikai fejlesztések megítélésében nem haladja meg a társadalmi jellemzők fontosságát.

H2

A TECHNOLOGIÁK KÖZÜL A BIOMASSZA ENERGETIKAI HASZNOSÍTÁSÁNAK MÓDJAI A LEGELŐNYÖSEBBEK FENNTARTHATÓSÁGI SZEMPONTBÓL.

Feltételezve, hogy a társadalmi szempontok nagyon jelentősek, a biomassza hasznosításának technológiai előnyösebbek a várhatóan jelentős munkaerő- és helyi alapanyagigény miatt, ami feltehetően helyben maradó jövedelmet eredményez. Ezt a hatást kiolthatja a területigény magas preferenciája, ezért a rangsor jelentős mértékben függ a megújuló energiaforrások hasznosításához köthető területfoglalás megítélésétől.

H3

FENNTARTHATÓSÁGI SZEMPONTBÓL A KISLÉPTÉKŰ TECHNOLOGIÁK ELŐNYÖSEBBEK.

Mivel a hasznosítás léptékét növelve általában a fajlagos munkaerő-felhasználás és költség csökken, ezért a nagyobb léptékű technológiák előnytelenné válnak társadalmi (munkaerőigény és lokális jövedelem) szempontból. Feltételezéseim szerint a társadalmi dimenzióknak a gazdaságinál nagyobb jelentősége lesz a felmérés eredményeiben, ezért a hasonló technológiák közül a kisléptékű hasznosítás kerül majd előtérbe az értékelés során. Mindezek alapján a decentralizált energiaellátás fenntarthatósági szempontból előnyösebb.

H4

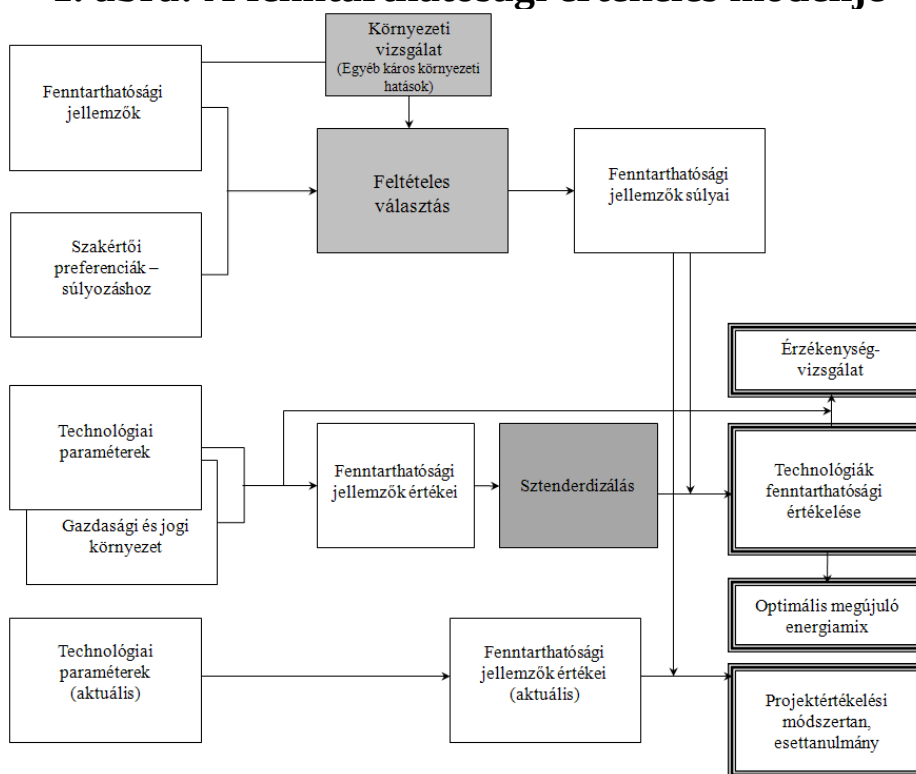
MAGYARORSZÁG OPTIMÁLIS MEGÚJULÓ ENERGIAFORRÁSOKRA ALAPULÓ ENERGIAKEVERÉKÉBEN A BIOMASSZA KIEMELT SZEREPET JÁTSZIK.

A hazai fenntartható potenciál legnagyobb része a biomasszából adódik, ráadásul a bioenergetikai ágazat minden felhasználási célra képes nagy mennyiségben, tárolható módon energiaforrást biztosítani. Ezek alapján, valamint mivel feltételezhetően a biomassza energetikai hasznosításának technológiai előkelő helyet foglalnak el a relatív rangsorban, az elérendő fenntartható energiamix legnagyobb arányban biomassza-alapú.

2. ADATBÁZIS ÉS AZ ALKALMAZOTT MÓDSZEREK ISMERTETÉSE

A fenntarthatósági értékelés módszere nem-kompenzatórikus többszemponútú értékelés, feltételes választásra (CE) alapozott súlyozással. Ennek lépéseit nyomon követhetjük az **1. ábra** segítségével. Bal oldalon az értékelés inputadatai láthatók, a szürke cellákban az értékelés elvégzéséhez szükséges módszerek, jobb oldalon pedig az értékelés eredményei. A kutatás adatbázisát a fenntarthatósági jellemzőkhöz kötődő szakértői preferenciák és az egyes felmérésbe bevont technológiák értékei szerepelnek, minden egyes jellemző szerint.

1. ábra: A fenntarthatósági értékelés modellje



Forrás: saját szerkesztés

Az első feladat mindenképpen a megújuló energiaforrásokat hasznosító technológiák lehető legjobb leírását és összehasonlíthatóságát biztosító fenntarthatósági jellemzők meghatározása. A jellemzők számát a feltételes választás módszere némileg behatárolta. Végül hét fenntarthatósági jellemző kialakítására került sor. A szakértői preferenciák felmérésére a feltételes választás (CE) módszerét alkalmaztam, szakértői kérdőív kitöltése által. A felmérés célja a fenntarthatósági jellemzők súlyainak meghatározása volt. Az egyik fenntarthatósági jellemző, a környezeti dimenzió leírására az ÜHG kibocsátás mellett hivatott „egyéb káros környezeti hatások” önálló környezeti vizsgálati módszert alakítottam ki, erről részletesen beszámolok disszertációmban.

A technológiai, környezeti, társadalmi és a – részben adminisztratíván befolyásolt – gazdasági paraméterek meghatározása minden egyes technológiára vonatkozóan szakirodalmi adatok alapján történt. A technológiák jellemzőit három szinten adtam meg: globálisan, Magyarországra vonatkozóan és projekt szinten, miskolci beruházások példáján (az **1. ábra** alsó része) Ez a projektszintű összehasonlítás tetszőleges környezetben adaptálható.

Az elsődleges eredmény a technológiák globális és hazai relatív rangsora, melyből a további eredmények születtek: a technológiák paramétereinek, illetve a jellemzők súlyainak változására bekövetkező rangsor-változás elemzése (érzékenységvizsgálat); Magyarország

fenntarthatósági szempontból optimális megújuló forrású energiaekeverése a jelenlegi viszonyok között; valamint az egyedi projektértékelés módszerének bemutatása.

2.1. A fenntarthatósági jellemzők

A megújuló energiaforrások fenntarthatósági értékeléséhez először ki kellett jelölnöm azt a kevés számú, leglényegesebb fenntarthatósági attribútumot (tényezőt, jellemzőt, karakterisztikát), mely alapján a technológiák összehasonlíthatóak.

A feltételes választás módszerével végzett felmérések során a megkérdezetteknek néhány (2-4) jóságotra, beruházásokra, politikára vonatkozó, hipotetikus alternatíva között kell választaniuk. A vizsgálat során először meg kellett határoznom az attribútumokat és az attribútum szinteket (**1. táblázat**). A szinteknek nem kell azonban valóban létező technológiákat takarniuk, hiszen a belőlük generált „A” és „B” alternatívák sem valódi technológiák.

A hét fenntarthatósági jellemző, attribútum jelentőségét (súlyát) a fenntartható energiarendszerben a feltételes választás módszerével (choice experiment, CE) hazai szakértők körében elvégzett felmérés alapján határoztam meg. A feltételes választás az egyik legpontosabb módszer a preferenciák feltárására. A szakértőket arra kértem, hogy

ismereteik birtokában, felelősen és a fenntarthatóságot szem előtt tartva töltsék ki a kérdőívet.

1. táblázat: Attribútumok és attribútum szintek

Attribútum	Leírás	Szint
Légszennyezés (üvegházhatású gázok, fosszilis energiához képest)	Üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkenése a technológia teljes vertikumában, konvencionális helyettesítő energiaátalakítási eljáráshoz képest;%.	5; 50; 80
Területigény	A technológiai vertikumban olyan területek kerülnek hasznosításra, melyek az élelmiszer- termelés, az erdőgazdálkodás vagy a természetvédelem céljait szolgálhatnák (ha/TJ).	2; 20
Energiahatékonyság	A teljes technológiai vertikumban felhasznált és a nyert energia aránya (O/I);%	10, 30; 60
Egyéb káros környezeti hatás (fosszilis energiához képest)	A hasznosításhoz köthető hatások, melyek jelentkezhetnek közvetve vagy közvetlenül. (Pl. tájképi hatás, zajhatás, szaghatás stb.) %	20; 60
Költségnövekedés	A beruházási költségek és a berendezés életciklusa során fellépő üzemeltetési költségeinek fajlagos értéke mennyivel haladja meg a konvencionális helyettesítő technológiák értékeit? %	5; 30; 60
Keletkező új munkahely	A technológia alkalmazásának hatására létrejött új munkahelyek száma az egész vertikumban (fő/100 TJ)	2; 10; 20
Lokális jövedelem	A hasznosítás helyéhez kötődő természetes személyeknél, gazdasági társaságoknál vagy önkormányzatoknál keletkező jövedelem; MFt/TJ	2; 5; 15

Forrás: saját szerkesztés

A kérdőív tervezése során 18 db alternatívából 9 db döntési halmazt (döntési feladat) állítottam össze. Minden megkérdezettnek ezt a 9 választási szituációt kellett egymás után megoldani. A döntési halmazok tartalmazzanak 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. Ezen három lehetőség közül kellett egyet választaniuk a megkérdezett szakértőknek. A **2. ábra** egy példát mutat be a választási kártyák közül.

2. ábra: Egy döntési halmaz a kilenc közül

		"A" változat	"B" változat	Egyik sem
	Légszennyezés (üvegház-hatású gázok, fosszilis energiához képest)	80%	50%	Jelenlegi energia- rendszer 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 Mft	2 Mft	
Az Ön választása:		☐	☐	☐

Forrás: saját szerkesztés

A szakértők kiválasztásának kritériumai a következők voltak. 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.

2.2. Technológia-értékelés

A felmérés elsődleges eredményei az attribútumokhoz kötődő preferenciák, melyekből az attribútumok fenntarthatósági súlyát képeztem. Ez megmutatja, mekkora a szerepük a megkérdezett szakértők döntésében. Ezek az értékek szerepeltek a későbbiekben súlyként az egyes projektek összehasonlítása során. 17 különböző technológia adatait gyűjtöttem össze széleskörű szakirodalmi kutatásra támaszkodva, közel 80 közlemény feldolgozásával.

A következő lépésben 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 lépés eredményeként az ún. „fenntarthatósági értéket” kaptuk, ami egy dimenzió nélküli számérték. A relatív rangsort az eredmények átláthatóbb prezentálása miatt szintén sztenderdizáltam.

A technológia-értékelés során a lehető leginkább igyekeztem különválasztani a technológiák globális és hazai értékelését. A technológiailag fejlettebb országokban érvényes költség, hatékonyság és egyéb jellemzők nem biztos, hogy Magyarországra is ugyanúgy érvényesek. Az attribútumok közül a hazai értékelés céljaira teljesen vagy részben hazai szakirodalmi adatokat használtam fel a költség és a munkahelyteremtés esetén. Az egyéb káros környezeti hatások esetén is eltérő értékeket vettem figyelembe.

Az érzékenységvizsgálat, tehát a különböző inputadatok hatásának vizsgálata az eredmény varianciájára különösen jelentős az eredmények értelmezésének tekintetében. Az érzékenységvizsgálat hozzásegíti az értékelést végzőt azon potenciális beavatkozási pontok felismeréséhez, ahol a technológiai vagy egyéb változtatások a leghatékonyabban növelik a fenntarthatósági értéket.

3. AZ ÉRTEKEZÉS FŐBB MEGÁLLAPÍTÁSAI

3.1. A szakértői felmérés eredményei

A kérdőívekben kitöltött 9-9 választási kártya alapján számítottam ki az egyes attribútumokhoz tartozó β koefficienseket (2. 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.

2. táblázat: A feltételes választással végzett felmérés eredményei

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*
Pseudo- R^2	0,1229			

* szignifikáns 95%-os szinten

Likelihood ratio test=126, 8 szabadságfokon, p=0, 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 munkahely-teremtési és a helyi jövedelemmel kapcsolatos jellemzők β koefficiense. Az energiahatékonyság koefficiense a legalacsonyabb (0,00444), bár ennél valószínűleg a többi fenntarthatósági jellemző valóban fontosabb. Mivel az energiahatékonyság nem befolyásolta statisztikailag jelentősen a szakértők választását, a fenntarthatósági értékelés során ezt az attribútumot nem vettem figyelembe. Szintén alacsony lett az ÜHG emisszió és a költség-attribútum β értéke. Az egyéb káros környezeti hatások attribútumának β értéke kismértékben meghaladja az ÜHG kibocsátás attribútumának koefficiensét, ezért úgy gondolom, indokolt volt ennek beépítése az attribútumok közé. Ugyanezt érvényesnek vélem a két társadalmi attribútum esetén is.

3.2. Globális és hazai technológia-értékelés

A **globális technológia-értékelés** során összesen 17 technológiát vizsgáltam, 10 villamos energia és 7 hőenergia-előállítási módot. Ezek egyrészt az energiaforrás tekintetében, másrészt az energiaátalakítás módjában, harmadrészt pedig a méretezésben, a léptékben térnek el.

A globális technológia-értékelés eredményei láthatók a **4. ábrán**. Általánosan elmondható, hogy a hasznosítás léptéke szerint megkülönböztetett technológiák viszonylagos pozícióját a munkaerő-intenzitás és a költségek határozzák meg. A kisléptékű hasznosítás magasabb fajlagos munkaerő-igénnyel, viszont a méretgazdaságosságnak köszönhetően magasabb fajlagos költségekkel is jellemezhetőek. Mivel az értékelésben e két attribútum ellentétes hatású (a munkaerőigény pozitív, a költség negatív), a kettő közötti különbség határozza meg a rangsort. A vízerőművek esetén a foglalkoztatási differencia jelentősebb, mint a pozitív volumenhozadék, a geotermikus távfűtés esetén viszont fordított reláció figyelhető meg.

Foglalkoztatási hatásukat a teljes életcikluson keresztül figyelembe véve a technológiailag fejlettebb, nagyobb beruházást igénylő technológiák jelentősebbek a berendezések gyártásának és üzembe helyezésének szakaszában megfigyelhető magasabb munkaerőigény miatt. Ez megfigyelhető a nap- és geotermikus energiák hasznosítása terén is. 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 költségek terén – beruházási és üzemeltetési költségeiket egyaránt figyelembe véve – a szél-, geotermikus és vízerőművek, illetve a

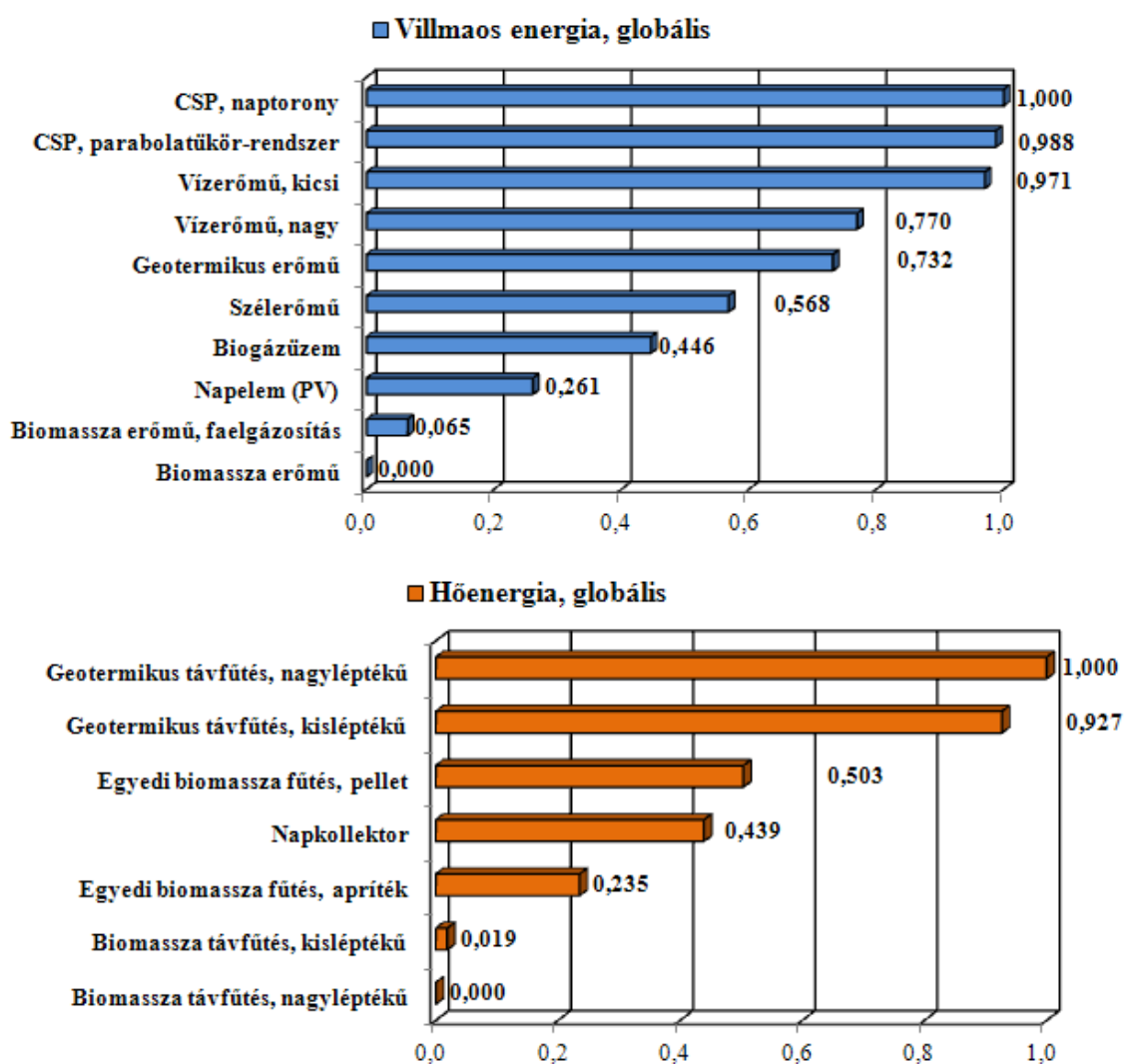
nagyléptékű geotermikus távfűtés a legkedvezőbbek, természetesen a fűtőanyagköltség hiánya miatt. A Nap energiáját hasznosító berendezések beruházási költségei még mindig igen magasak, amit az életciklus során az „ingyen” üzemanyag nem képes kompenzálni. A helyben maradó jövedelem terén viszont – éppen az alapanyag miatt – a bioenergetikai eljárások sokkal előnyösebbek, a fa és más szerves alapanyag igen nagy valószínűséggel az adott régióból származik, mivel ezek szállítása nagy távolságra nem gazdaságos.

A villamos energia előállításának módjai közül az első két helyen a relatív fenntarthatósági rangsorban a koncentrált napenergia-hasznosítás (CSP) technológiái találhatók. A CSP technológiák kiemelkedésének oka a megújulók terén viszonylag magas energiasűrűség (alacsony területigény), az erős munkahelyteremtő képesség és a csekély emisszió. A CSP technológiák olyan mértékben előnyösek ezen attribútumok terén, hogy a rangsor élére kerültek a legalacsonyabb helyi jövedelem dacára is.

Energiaforrásként szintén előnyös, technológiai szemléletben az 3. és 4. helyet foglalja el a vízenergia-hasznosítás. E technológiák a legelőnyösebbek mindkét környezeti jellemző és a költségek alapján, ezek a „közepesen erős” attribútumok. A geotermikus és szélenergiák a relatív rangsor közepén helyezkednek el. Mindkét technológia alacsony költségekkel és területigénnyel jellemezhető, de előbbi legmagasabb emissziói állnak a viszonylag magas

munkahelyteremtő hatással és helyi jövedelemmel szemben, utóbbi esetén pedig az elhanyagolható pozitív társadalmi hatásokat kompenzálja az igen alacsony emisszió.

4. ábra: A villamos és hőenergia előállítási technológiák globális relatív rangsora és a fenntarthatósági értékek



Forrás: saját szerkesztés

A rangsor utolsó négy helyén három bioenergetikai eljárás és a fotovoltaikus villamos energia előállítás (PV) áll. A biogáz-előállítás a

biomassza közvetlen eltüzelésén alapuló eljárásokat alacsonyabb területfoglalásával (hulladékhasznosítás) és a legmagasabb fajlagos helyi jövedelemmel múlja felül. A PV technológia a legmagasabb költséggel és a legalacsonyabb helyi jövedelemmel jellemezhető viszonylag sok környezetterhelés mellett. A faelgázosítás eljárásai a magasabb hatásfok következtében megfigyelhető alacsonyabb légszennyezés és költségek révén előzhetik meg a hagyományos eltüzelés technológiáját.

A geotermikus távfűtés minimális területigénnyel, költségekkel, viszont a legmagasabb új munkahellyel jellemezhető. Mint ahogyan azt már korábban leírtam, a kisléptékű hasznosítás magasabb helyi jövedelemmel jellemezhető, de ezt az előnyt háttérbe szorítja a jelentősen magasabb költség, ezért itt a nagyléptékű hasznosítás az előnyösebb. A geotermikus beruházások esetén egyes fix költségek igen magasak (kutatás, fúrás, speciális berendezések), így egy kisebb rendszer beruházási költségei is meglehetősen magasak és ugyanúgy terhelik a beruházást teljes életciklusán keresztül.

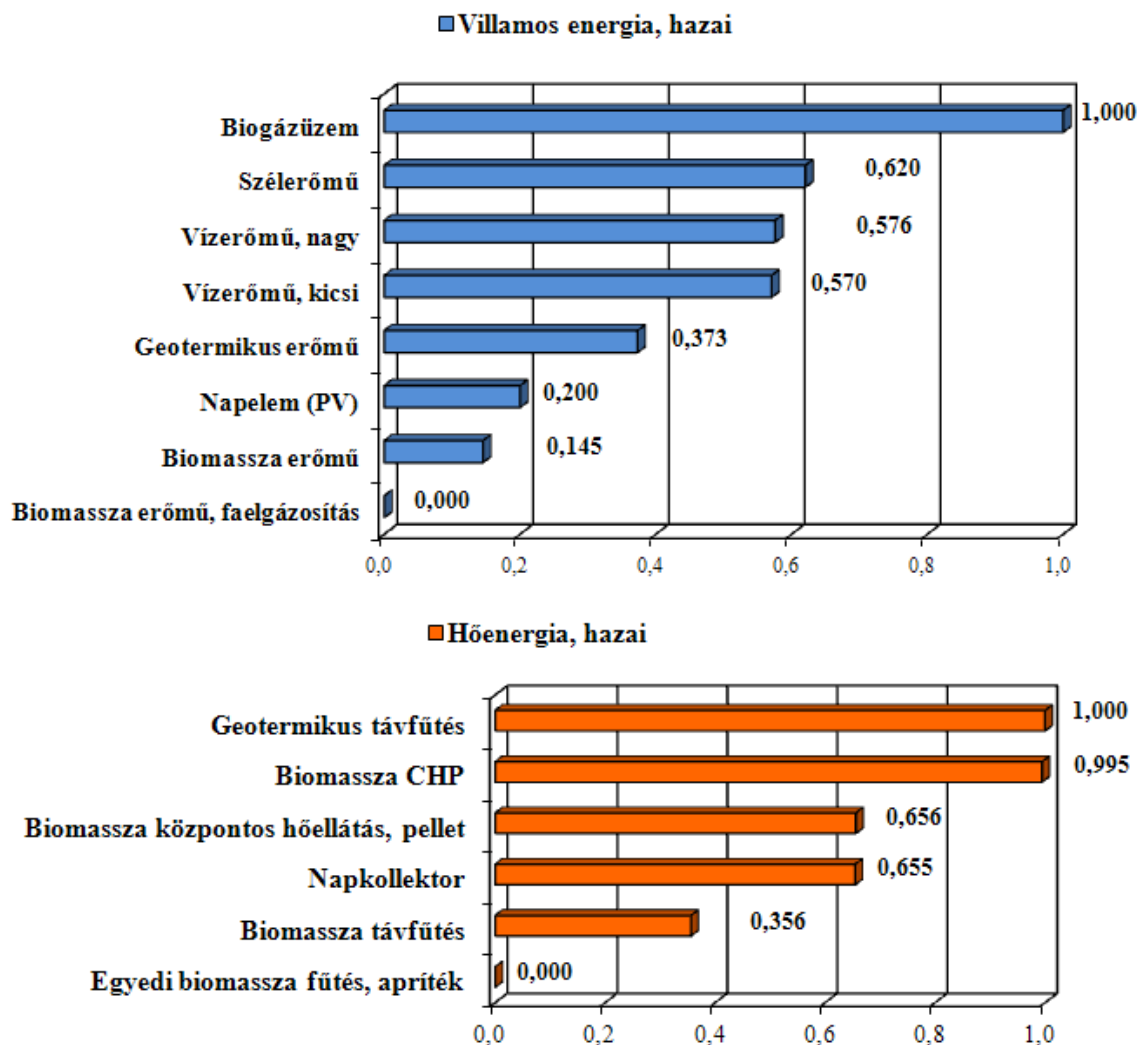
A napkollektoros hőhasznosítás közepesen előnyös megoldás. A legkevesebb légköri emisszió, a legkisebb fajlagos terület és viszonylag magas munkahely-teremtési potenciál jellemzik, ezzel szemben viszont ez a legdrágább technológia, ami minimális helyi jövedelmet termel. A biomassza-alapú távfűtési rendszerek mindössze helyi jövedelem szempontjából tűnnek ki.

Az **5. 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 víz erőművek 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 hőelőállítás esetében a bioenergetikai eljárások meglehetősen „távol kerültek egymástól”. Társadalmi hatásaikat 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.

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



Forrás: saját szerkesztés

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 került az első helyre. 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.

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.

Az **érzékenységvizsgálat** különösen fontos az eredmények értelmezhetőségének szempontjából. Jelen fenntarthatósági értékelés érzékenységvizsgálatának eredményeit tartalmazza a **3. táblázat**. A negatív ε arra utal, hogy adott inputtényező változása és a fenntarthatósági érték között negatív kapcsolat fedezhető fel, tehát a súly, vagy a technológiai jellemző növekedésének hatására csökken az értéke. Pozitív kapcsolat esetén ennek az ellentéte áll fenn.

A *súly-rugalmasság* esetén a legnagyobb hatással az eredményekre mindkét elemzési szinten a helyi jövedelem súlya van: súlyának 1 százaléknyi növelése a fenntarthatósági értékek súlyozott átlagának 1,44 százaléknyi növekedését vonja maga után a globális értékelésben, míg 1,65 százaléknyi növekedést jelent a hazai értékelésben. Magas

továbbá a területigény és a munkahelyteremtés együtthatója, ezek a magasabb súlyértékű attribútumok.

3. táblázat. A bemeneti adatok változásának hatása a fenntarthatósági értékre

	Súly- rugalmasság εW_i		Technológia-rugalmasság εA_j			
	Globális	Hazai	Villamos energia		Hőenergia	
			Globális	Hazai	Globális	Hazai
Légszennyezés	-0,0032	-0,0031	-0,0021	-0,0023	-0,0057	-0,0066
Területigény	-0,0119	-0,0128	-0,0038	-0,0037	-0,0059	-0,0088
Egyéb káros környezeti hatás	-0,0057	-0,0067	-0,0057	-0,0050	-0,0046	-0,0009
Költségnövekedés	-0,0040	-0,0068	-0,0053	-0,0081	-0,0080	-0,0126
Keletkező új munkahely	0,0104	0,0129	0,0051	0,0045	0,0042	0,0201
Helyi jövedelem	0,0144	0,0165	0,0084	0,0098	0,0127	0,0161

Forrás: saját szerkesztés

A súly-rugalmasság vizsgálatánál azonban fontosabb a technológia-rugalmasság elemzése. A legnagyobb jelentősége a helyi jövedelemnek van villamos energia-előállítás terén a globális és a hazai technológiai kínálatban egyaránt. Ennek 1%-os növekedésére a fenntarthatósági érték 0,84%; illetve 0,98%-al nő. Jelentős továbbá a költség-attribútum szerepe (-0,53; -0,81%). Ebben az esetben is az ÜHG-kibocsátás változása okozza a legalacsonyabb változást a fenntarthatósági értékekben. A hőenergetikai eljárások fenntarthatósági értékén szintén a helyi jövedelem és a költségek változása módosít jelentős mértékben a vizsgálat mindkét szintjén. Hazai szinten ezek mellett leginkább a munkahelyek száma illetve a területigény változtat az értékeken és a rangsoron.

Mindezek alapján elmondható tehát, hogy a megújuló forrású villamos és hőenergetikai technológiák fenntarthatósági értékét legintenzívebben a költségek csökkenése, illetve ezzel szemben a helyi jövedelem növelése emeli. Kívánatos tehát helyben maradó, regionális jövedelem arányának növekedése – az egyébként csökkenő – energia-átalakítási költségekben. A költségek csökkentése elsősorban $K + F + I$ forrásokat, vezetési-szervezési fejlesztéseket és magas színvonalú beruházásokat követel meg, míg a helyi jövedelem arányának növelése a kis- és középvállalkozói szektor fejlesztését illetve adminisztratív vagy ösztönző jellegű szabályozást, például többletpontokkal való jutalmazást kíván, adott esetben már tervezett energetikai OP pályázatainak esetén.

3.3. Magyarország megújuló energiaforrásokra alapozott optimális energiaekeverékének becslése

A hazai fenntarthatósági technológia-értékelés és a disszertációban bemutatott potenciálbecslések alapján körvonalazható Magyarország megújuló energiaforrásokra alapozott optimális energiaekeveréke. Ennek eredménye közvetlen szakpolitikai alkalmazásra kevésbé alkalmas, de a relatív fenntarthatósági rangsor ismeretében a hozzájárulhat a lehetőségek megismeréséhez, lehatárolásához az aktuális gazdasági, műszaki feltételek között.

Az optimális megújuló energiaekeverék becslése során az egyes energiaforrásokra vonatkozó fenntartható potenciál átlagos értékére építettem. A jelenlegi technológiai színvonalon a feltehetőleg

fenntartható módon hasznosítható megújuló forrású primer energia a jelenlegi felhasználás kevesebb, mint egyharmada. Mindez ismételten rávilágít az energetikai szerkezetváltás mellett az energiafelhasználás racionalizálásának feltétlen szükségességére: a jelenlegi energiaigények nem válthatók ki a megújuló energiaforrások ma ismert technológiáival.

4. táblázat: Az optimális energiamix primer, ill. végső energiafelhasználása

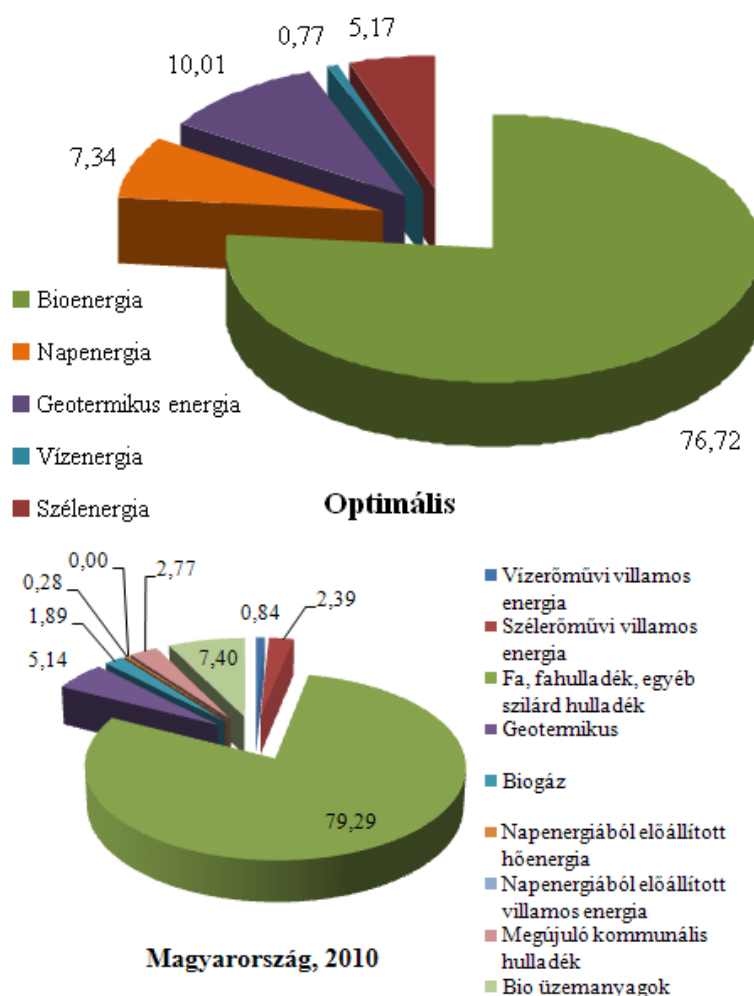
Technológia	Primer energiafelhasználás, PJ/a	Végső energiafelhasználás, PJ/a
VILLAMOS ENERGIA		
Biogáz	156,0	78,0
Szélerőmű	15,5	3,1
Geotermikus erőmű	5,0	0,8
Napelem (PV)	5,0	0,8
Biomassza erőmű	2,0	0,7
Biomassza erőmű, faelgázosítás	2,0	1,1
Vízerőmű, nagy	2,0	1,7
Vízerőmű, kicsi	0,3	0,2
Összesen	187,8	86,4
HŐENERGIA		
Biomassza CHP	50,0	20,0
Geotermikus távfűtés	25,0	21,3
Biomassza központos hőellátás, pellet	18,0	14,4
Napkollektor	17,0	6,0
Biomassza távfűtés	1,0	0,8
Egyedi biomassza fűtés, apríték	1,0	0,8
Összesen	112,0	63,3
ÖSSZESEN	299,8	149,7

Forrás: saját számítások

A fent vázolt megújuló energiakeverék a végső villamos energiaigény 48%-t fedezi. A távfűtés energiaigénye teljes egészében fedezhető a

fejezetben vázolt energiaigények teljesülése esetén, az egyedileg megjelenő hőigényeknek azonban csak a 8%-a elégíthető ki. A felvázolt energiakeverék mellett az egyedi fűtési energiaigény esetén figyelhető meg a legnagyobb deficit, ami rávilágít az energiaigények csökkentése mellett az energiahatékonyság növelésének szükségességére is, ezért az energiahatékonysági intézkedéseket célszerű e területen koncentrálni korszerűsítést célzó fejlesztések támogatásával.

6. ábra: Az optimális megújuló energiakeverék primer forrásai; %



Forrás: saját számítások

A **19. ábrán** a megújuló energiaforrások jelenlegi aránya és az optimális megújuló energiakeverék hasonlítható össze Magyarország tekintetében. A megújuló energia forrásait tekintve az optimális energiakeverék továbbra is biomassza-alapú. A 2010-ben megfigyelhető 81,2%-hoz¹ képest kissé alacsonyabb a fenntarthatósági szempontból optimális energiamix biomassza-aránya (76,7%), ami azonban továbbra is jelentősnek tekinthető. Az optimális keverék a jelenleginél sokkal magasabb arányban tartalmazza a Nap energiáját. A geotermikus és a szélenergia aránya körülbelül duplájára növekszik a keverékben, a vízenergia magasabb jelentősége azonban csak a politikai szándék érvényesülése esetén várható. A felvázolt optimális energiakeverék a technológiák fenntarthatósági értékelése szemszögéből tekinthető leginkább megfelelőnek. Természetesen nem optimális az energiakeverék pusztán az átállás költségeit, vagy légköri emisszióit figyelembe véve. Például a napenergia hasznosítása mind villamos, mind hőenergia céljával a legdrágább hasznosítási módok közé tartozik, mégis, a fenntarthatósági szempontból optimális energiakeverék 7,34%-át adja.

3.4. A hipotézisek értékelése

Kutatásom főbb megállapításait az előzetesen felállított hipotézisek alapján mutatom be. A **H1** hipotézis körében leírt eredmények jelentősen befolyásolták a többi hipotézis megítélését, a szakértői

¹ Bioüzemanyagok nélkül.

preferenciákból nyert súlyok ugyanis nagymértékben determinálták a technológia-értékelés eredményét. A **H2** és **H3** hipotéziseket elvetettem, a **H1** és **H4** hipotéziseket elfogadtam. A továbbiakban részletesen kitérek e döntések hátterére.

H1

A HAZAI SZAKÉRTŐK KÖRÉBEN A MEGÚJULÓ ENERGIAFORRÁSOK HASZNOSÍTÁSÁNAK KÖRNYEZETI ÉS TÁRSADALMI JELLEMZŐI ELSŐDLEGES JELENTŐSÉGŰEK.

A feltételezéseimnek megfelelően a megújuló energiaforrások hasznosításának ökológiai hatásai együttesen nagy jelentőségűek. Az üvegházgáz-emisszió és az egyéb káros környezeti hatások súlyai a szakértők döntéseiben inkább alacsonyak, de a hasznosítás területigényét jellemző attribútum jelentősége elsődleges (β koefficiens = -0,03243). Igaz, ennek az élelmiszer-gazdaságon keresztül közvetlen gazdasági és társadalmi hatásai is jelentősek, ezért ez a fenntarthatósági jellemző egyértelműen nem sorolható be egyik dimenzióba sem.

A kifejezetten társadalmi jellemzők jelentősége viszont egyértelmű: a helyi jövedelem attribútum (β koefficiens = 0,028354) és a munkahelyteremtésé súlya (0,02246) is magas. Ezek a második és harmadik legjelentősebb attribútumok a szakértői felmérés eredményei alapján. A költségek – mint egyértelműen gazdasági jellemző – közepes súllyal szerepeltek az értékelésben (β koefficiens =

-0,01656). A legalacsonyabb jelentőségű fenntarthatósági jellemző az energiahatékonyság, amit azonban az értékelésbe az alacsony szignifikancia érték miatt nem építettem be.

A fenntarthatósági értékelésben a továbbiakban ezek az értékek szerepeltek az egyes fenntarthatósági jellemzők súlyaiként, amiből az következik, hogy a magasabban értékelt jellemzők alakították elsősorban a rangsort. **A hipotézist elfogadtam.**

H2

A TECHNOLÓGIÁK KÖZÜL A BIOMASSZA ENERGETIKAI HASZNOSÍTÁSÁNAK MÓDJAI A LEGELŐNYÖSEBBEK FENNTARTHATÓSÁGI SZEMPONTBÓL.

A területigény fenntarthatósági jellemző jelentősége igen magas a szakértői preferenciák alapján. Habár ez igaz a társadalmi jellemzőkre is, a biomassa energetikai felhasználása a magas területfoglalás miatt előnytelenebb opciónak bizonyult mind a globális, mind a hazai technológia-értékelésben. A globális értékelés villamos energia célú technológiai rangsorában a bioenergetikai eljárások csupán a 7., 9. és 10. helyre kerültek. Hőelőállítás esetén is megfigyelhető a jelenség, itt a 7 technológia közül a 3. ill. a 5-7. helyre kerültek a biomassa-alapú fűtési eljárások.

Hazai tekintetben kissé árnyaltabb a kép: A biogázüzemek a rangsor élére kerültek, mivel a foglalkoztatási hatásuk a szakirodalom alapján

a legkedvezőbbnek bizonyult, további két villamos energetikai eljárás (biomassza erőmű és faelgázostás) azonban a rangsor végére, 7. és 8. helyre került. A legkedvezőbb a bioenergetikai technológiák helyzete a hazai hőellátás tekintetében, itt 2. és 3. helyen szerepel a biomassza CHP és a biomassza központos hőellátás. Igaz, itt összesen hat technológia összehasonlítására nyílt lehetőség, és a rangsor végén is szerepel két bioenergetikai fűtési mód. **A fentiek alapján jelen hipotézist elvetettem.**

H3 FENNTARTHATÓSÁGI SZEMPONTBÓL A KISLÉPTÉKŰ TECHNOLOGIÁK ELŐNYÖSEBBEK.

Ilyen irányú egyértelmű összefüggés nem figyelhető meg a kutatás alapján, ezért disszertációm alapján nem tudok állást foglalni a decentralizált vagy a centralizált energiatermelés mellett. Az eredmények mélyebb elemzésével kiderül, hogy a nagyléptékű és kisléptékű hasznosítás viszonyát alapvetően a fajlagos költségek és a fajlagos munkaerő-felhasználás határozzák meg. A vízerőművek esetében globális szinten ez jól látható, a kisléptékű hasznosítás előnyösebb; a geotermikus távfűtés esetén azonban a nagyobb rendszer költség-előnye olyan magas, hogy megelőzi fenntarthatósági szempontból a kisléptékű hasznosítást. Az egyedi villamos energia (PV) és hőellátási technológiák a globális és hazai értékelésben egyaránt inkább a rangsor végén helyezkednek el, egyedül a pellet-

tüzelés képez kivételt az értékelésben (3. pozíció mindkét értékelési szinten). **A hipotézist elvetettem.**

H4

MAGYARORSZÁG OPTIMÁLIS MEGÚJULÓ ENERGIAFORRÁSOKRA ALAPULÓ ENERGIAKEVERÉKÉBEN A BIOMASSZA KIEMELT SZEREPET JÁTSZIK.

Az általam becsült, a vizsgálat körébe bevont megújuló energiaforrásokat hasznosító technológiákra alapozott energiamix összesen 299,8 PJ primer és 149,7 PJ végső energiafelhasználás fedezésére elegendő. Látható tehát, hogy a fosszilis tüzelőanyagok kiváltása érdekében igen jelentősen csökkentenünk kell energiaigényünket, illetve a fosszilis energiahordozók közül is ki kell választani a legmegfelelőbb lehetőségeket, pl. földgáz és atomenergia-felhasználás az energiarendszer fenntarthatóbbá történő átalakítása során.

Az általam összeállított energiageverék egy közelítő becslésnek tekinthető csupán, az viszont egyértelmű, hogy a hazai technológiai, energia-felhasználási és potenciálviszonyok között a bioenergetika elsődleges jelentősége továbbra is megmarad. A biomassa primerenergia-aránya ebben a keverékben becslésem szerint 76,72%, ami bár jelentősen elmarad a mai, közel 90%-os aránytól, még mindig jelentősnek tekinthető. A biomassa-hasznosítás elsősorban a napenergia és a geotermikus energia javára csökkenthető, ezek aránya

az idealizált mixben 7,34% ill. 10,01%. **Ezt a hipotézist egyértelműen elfogadtam.**

Disszertációmban tehát minden előzetes hipotézis tekintetében sikerült megítélnem azok helyességét, helytelenségét. További fontos eredménynek tartom az **5.6. alfejezetben** ismertetett esettanulmányt is, mely bizonyítja, hogy a fenntarthatósági értékelés módszere egyedi esetekben, projektszinten is alkalmazható, fontos információkat szolgáltat a szereplők számára. 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.

4. AZ ÉRTEKEZÉS ÚJ, ILLETVE ÚJSZERŰ EREDMÉNYEI

Disszertációm témájául a megújuló energiaforrásokra alapozott technológiák fenntarthatósági értékelése szolgált. Legfőbb célom volt azok hozzájárulását mérni a fenntartható energiagazdálkodás eléréséhez, megközelítéséhez. Ennek érdekében elsődleges eredményként a technológiák relatív rangsorát állapítottam meg. A kutatás elvégzése során, illetve az eredmények feldolgozásának köszönhetően az alábbi megállapításokra jutottam. Ezek kutatásom új és újszerű eredményei.

- 1) A fenntarthatósági értékelés eddigi módszereinek elemző kritikai összehasonlításával feltártam a megfelelő módszer három alapvető követelményét: komplexitás, relatív rangsor képzése, és a súlyozás jelentősége. Ezek alapján létrehoztam egy a különböző eszközök előnyeire épülő saját eljárást, mely egy nem-kompenzatórikus többszemponútú értékelés, feltételes választásra (CE) alapozott súlyozással.
- 2) A feltételes választás módszerét (CE) alkalmaztam az energiagazdálkodás egy igen komplex kérdéskörével, a megújuló energiaforrások hasznosításával kapcsolatos szakértői preferenciák feltárására. A módszert hazánkban ritkán alkalmazták hasonló kutatásokban.

- 3) A hazai szakértők körében végzett empirikus felmérésem során 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.
- 4) A villamos energia előállítása terén a megújuló energiaforrásokra alapozott technológiák közül globálisan a koncentrált napenergia-hasznosítás, a vízerőművek és a geotermikus erőművek a legkedvezőbbek, hazai viszonylatban pedig a biogázüzemek, a szél erőművek és a vízerőművek – a helyi körülményeknek megfelelő hasznosítási módot alkalmazva.
- 5) Hőellátás szempontjából globálisan a geotermikus távfűtés és az egyedi pellet-tüzelés, hazai viszonylatban pedig szintén a geotermikus távfűtés és a biomassza CHP a legkedvezőbbek.
- 6) A jelenlegi koncepcióval ellentétben Magyarországnak fokozottan törekednie kell a szélenergia és a vízenergia hasznosítására, mivel e technológiák fenntarthatósági szempontból igen előnyösek.
- 7) Magyarország optimális megújuló energiakeveréke kétharmadát meghaladó mértékben biomassza-alapú a primer energiafelhasználást tekintve. A bioenergetika jelentősége tehát várhatóan megmarad hazánkban.
- 8) A fenntarthatósági értékelés kerete alkalmas makroszintű támogatási rendszerek megalapozására (pl. METÁR) a relatíve előnyösebb technológiák azonosítása által.

9) A disszertációban bemutatott esettanulmány révén igazoltam, hogy a fenntarthatósági értékelés általam kidolgozott módszere az egyedi projektértékelés terén is hasznosítható, akár a szereplők döntéseinek támogatására, akár a pályázatok elbírálásának szakaszában.

5. AZ EREDMÉNYEK ELMÉLETI ÉS GYAKORLATI HASZNOSÍTHATÓSÁGA

Minden megújuló energiaforrás mellett felsorolhatóak előnyök és hátrányok, így szükségesnek tartom azok egymással való összevethetőségének megalapozását. Az energiapolitikai és általános fejlesztéspolitikai prioritások meghatározásához szükség van a különböző technológiák összevetésére. A megújuló energiaforrásokat hasznosító technológiák együttes értékelése, összehasonlítása stratégiai jelentőségű feladat.

Az Európai Unió többéves pénzügyi kerete elősegítheti a stratégiai gondolkodást, tervezést a tagállamokban. A fenntarthatósági értékelés az energiagazdálkodás terén programok hatását előzetesen vizsgáló ún. ex-ante értékelés eszközévé válhat. Az ex-ante értékelést az EU elvárja a programok készítésekor, a megújuló energiaforrások tekintetében ez az esetlegesen komolyabban támogatandó technológiák felé irányíthatja a pénzügyi forrásokat, még az operatív programok kialakításának folyamatában.

A fenntarthatóság figyelembe vétele az operatív programok esetén teljesül, de van további lehetőség az energetikai projektek vizsgálatának pontosítására több szempont beillesztésével vagy a fenntarthatósági értékelés, mint horizontális szempont beépítésével, viszonylag magas pontszámon. Az operatív programok esetében a

jövőben lehetőség nyílhat 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.

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.

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. A támogatások technológia szerinti megkülönböztetésére a jövőben lehetőség nyílhat a tervezett egyéb „zöld finanszírozási formák” (pl. „zöld bank”) kialakításakor.

6. AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN KÉSZÜLT PUBLIKÁCIÓK

A szabályzat értelmében figyelembe vehető publikációk:

- 1) **Dombi M.** – Kuti I. – Balogh P. (2012): *Aspects of the sustainable utilization of renewable energy sources*. Applied Studies in Agribusiness and Commerce – APSTRACT, 2012/5-6., pp. 91-95. ISSN: 1789-7874, IF: 0,01
- 2) **Dombi M.** (2013): *A megújuló energiaforrások technológiai és a vidékfejlesztés céljai*. A Falu, 2013/2., pp. 55-69. ISSN: 0237-4323
- 3) **Dombi M.** – Kuti I. – Balogh P. (2011): *Interpretation of sustainability in the case of utilization of renewable energy sources*. Agrártudományi Közlemények (Acta Agraria Debreceniensis), 2011/44., pp. 61-64. ISSN: 1588-8363
- 4) **Dombi M.** – Kuti I. – Balogh P. (2012): *Adalékok a megújuló energiaforrásokra alapozott projektek fenntarthatósági értékeléséhez*. Gazdálkodás, 2012/5., pp. 410-425. ISSN: 0046-5518
- 5) **Dombi M.** (2012): *Környezeti hatások értékelésének lehetősége ökoszisztéma-szolgáltatások alapján*. Tér és Társadalom, 2012/2., pp. 40-56. ISSN: 2062-9923.
- 6) **Dombi M.** (2009): *Fenntartható energiagazdálkodás – a megújuló energiaforrások hasznosításának jelentősége, korlátai és lehetőségei*. Agrártudományi Közlemények (Acta Agraria Debreceniensis), 2009/33., pp. 145-154. ISSN: 1587-1282

További közlemények:

Hazai folyóiratokban megjelent, idegen nyelvű összefoglalóval rendelkező közlemények

Dombi M. (2010): *Egy fenntartható energiarendszer hatékonysági vizsgálata.* Energiagazdálkodás, 2010/4., pp. 3-9. ISSN: 0021-0757

Dombi M. – Balázs Á. (2010): *Magyarország maximális agro-erdészeti energia-potenciáljának számítása az agroökológiai lehetőségek figyelembevételével.* Gazdálkodástudományi Közlemények, 2. pp. 7-17. ISSN: 2061-2443

Nemzetközi konferenciákon tartott előadás, poszter prezentáció

Dombi M. – Kuti I. – Balogh P. (2013): *Sustainability assessment of renewable energy based power and heat generation technologies.* European Conference on Materials and Technologies for Sustainable Growth. 19-21 September 2013. Bled, Slovenia.

Dombi, M. – Kuti, I. – Balogh, P. (2012): *Sustainability assessment of certain renewable energy based projects in Hungary.* Technoport 2012 – Sharing possibilities, RERC – Renewable Energy Research Conference, Trondheim, 16-18 April 2012, poszter, Book of Abstracts, 267 p. (Poster abstract, p. 218)

http://2012.technoport.no/upload/Technoport_RERC_2012_abstract_book.pdf

Dombi M. (2009): *Analiza efektywności zrównoważonego i trwałego systemu energetycznego.* [A fenntartható energiagazdálkodás hatékonyságának kérdései]. XII. Konferencja Młodych Badaczy [XII. Fiatal Kutatók Konferenciája], Varsói Egyetem Regionális és Globális Tanulmányok Intézet, Varsó, 2009. december 7. (Előadás)

Hazai konferencián tartott előadás, konferenciakötetben megjelent lektorált tanulmány

Dombi, M. – Kuti, I. – Balogh, P. (2012): *Megújuló energiaforrásokra alapozott technológiák fenntarthatósági értékelése.* III. Települési Környezet Konferencia, Debrecen, 2012. november 22-23. In: *A környezettudatos települések felé*, Meridián Alapítvány, Debrecen, 2012, pp. 13-20. ISBN: 978-963-08-5294-4

Dombi M. (2010): *Megújuló energiaforrások – fenntarthatók és „fenntarthatóbbak”.* In: A közép-európai terület-, település-, vidék- és környezetfejlesztéssel foglalkozó doktori iskolák találkozója, és „Félidőben”c. konferenciája. Pécs, Magyarország, 2010.10.08-09. PTE KTK Regionális Politika és Gazdaságtan Doktori Iskola, pp. 263-274. ISSN: 1588-5348.

Dombi M. – Karcagi-Kováts A. (2010): *A jövő gazdaságának anyagi alapjai.* Előadás „Hitel, Világ, Stádium”, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Sopron, 2010. 11. 03. ISBN:978-963-9883-73-4

Hazai konferencián, idegen nyelven tartott előadás

Dombi, M. (2012): *General Sustainability Assessment of Renewable Energy Technologies.* Scientific Conference of University of Debrecen Centre for Agricultural and Applied Economic Sciences and University of Oradea Faculty of Environmental Protection, Debrecen, 30th November 2012, (Conference presentation)

Hazai konferencián tartott előadás

Dombi M. (2009): *Fenntartható európai energiagazdálkodás.* TézEUsz 2011 – Tézisek az EU-elnökségi stratégiához (Második országos tanulmányi diákkonferencia és verseny – Az országos döntőbe jutott pályamunkák), Külügyminisztérium Kommunikációs és Közkapcsolati Főosztály, EU Tájékoztató Szolgálat, Budapest, 2009, pp. 18-25.

Dombi M. (2008): *Megújuló energiaforrások szerepe az energiagazdálkodásban.* Előadás „A fenntartható fejlődés és a megújuló természeti erőforrások környezetvédelmi összefüggései a Kárpát-medencében” Tudományos Konferencián, MTA Pécsi Területi Bizottság – MTA Regionális Kutatások Központja Dunántúli Tudományos Intézete, Pécs, 2008. november 10-11. (Előadás)