

Szent István Egyetem

Gödöllő

Gazdálkodás és Szervezéstudományok Doktori Iskola

A „Szarvasi-1” energiafű helye a megújuló energiatermelésben

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS

SIPOS GYULA

GÖDÖLLŐ
2014.

A doktori iskola

megnevezése: Gazdálkodás és Szervezéstudományok Doktori Iskola

tudományága: gazdálkodás- és szervezéstudományok

vezetője: Dr. Szűcs István
egyetemi tanár,
az MTA doktora

Szent István Egyetem,
Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar,
Közgazdaságtudományi, Jogi és Módszertani Intézet

Témavezető: Dr. Popp József
egyetemi tanár
az MTA doktora

Debreceni Egyetem,
Gazdálkodástudományi és Vidékfejlesztési Kar,
Gazdaságelméleti Intézet

.....
Az iskolavezető jóváhagyása

.....
A témavezető jóváhagyása

TARTALOMJEGYZÉK

TARTALOMJEGYZÉK	3
ÁBRAJEGYZÉK	5
TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE	7
1. BEVEZETÉS	9
1.1 A TÉMA AKTUALITÁSA	9
1.1.1 A kutatás célkitűzései	10
1.2 HIPOTÉZISEK	11
2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS	13
2.1 A BIOMASSZA ENERGETIKAI FELHASZNÁLÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI	13
2.1.1 Napjaink kihasználható megújuló energiaforrásai	15
2.1.2 Biomassza potenciál	17
2.2 A BIOÜZEMANYAGOK JELENTŐSÉGE	19
2.2.1 Élelmiszer alapanyag vs. hulladék alapú biomassza	23
2.3 A BIOGÁZ ALTERNATÍV NÖVÉNYI ALAPANYAGA: „SZARVASI-1” ENERGIAFŰ	37
2.3.1 A „Szarvasi-1” energetikai hasznosítása	39
2.3.2 A „Szarvasi-1” egyéb hasznosítási területei	40
2.4 BIOGÁZ ELŐÁLLÍTÁS ÉS FELHASZNÁLÁS	42
2.4.1 A német biogáz-vertikum	46
2.4.2 Az osztrák biogáz-vertikum	48
2.4.3 A biogáz alkalmazása a gépjárműhajtásban	51
3. ANYAG ÉS MÓDSZER	57
3.1 ALAPADATOK FORRÁSA	57
3.2 KUTATÁSI MÓDSZEREK	59
4 EREDMÉNYEK	63
4.1 AZ ELSŐ GENERÁCIÓS BIOÜZEMANYAGOK ÖSSZEHASONLÍTÁSA	63
4.1.1 A biohajtóanyagok összehasonlítása főbb jellemzőik alapján	63
4.1.2 Biohajtóanyagok az egy kilométerre vetített energiahasználat tükrében	64
4.1.3 A biohajtóanyagok életciklusának ÜHG kibocsátása	65
4.1.4 A bioüzemanyag alapanyagok energiamérleg szerinti összehasonlítása	66
4.1.5 A biohajtóanyag finomítók beruházási költségei	67
4.2 A BIOMETÁN NÖVÉNYI ALAPANYAGAINAK ÖSSZEHASONLÍTÁSA	68
4.2.1 Szárazanyag tartalommal kapcsolatos eredmények	70
4.2.2 Friss massa tömeggel kapcsolatos eredmények	71
4.2.3 Száraz tömeg hozammal kapcsolatos eredmények	71
4.2.4 Metánkihozatal	72
4.2.5 Metánhozam	73
4.3 A „SZARVASI-1” ENERGIAFŰ TERMESZTÉSÉNEK JÖVEDELMEZŐSÉGE A SILÓKUKORICÁVAL ÖSSZEHASONLÍTVA	74
4.4 A BIOGÁZ ELŐÁLLÍTÁS JOGI ÉS ADMINISZTRATÍV AKADÁLYAI MAGYARORSZÁGON	85
4.5 A KÖZLEKEDÉSI ÁGAZAT PROBLÉMÁI MAGYARORSZÁGON	88

4.6	A BIOMETÁN VÁROSI FELHASZNÁLÁSÁNAK NEMZETGAZDASÁGOSSÁGI KÉRDÉSEI	93
4.6.1	<i>A biometán európai példája a városi közlekedésben</i>	93
4.6.2	<i>A biometán budapesti perspektívája</i>	96
4.7	„SZARVASI-1” ENERGIAFŰ: A BIOENERGIA-TERMELÉS ÉS A KÖRNYEZETVÉDELEM SZOLGÁLATA	103
4.7.1	<i>A „Szarvasi-1” energiafű szennyvíziszap dekontaminálásra vonatkozó kísérlete</i>	103
4.7.2	<i>A „Szarvasi-1” energiafű kolontári fitoremediációs lehetősége</i>	106
4.7.3	<i>Szennyvíziszap mezőgazdasági kihelyezésének lehetősége „Szarvasi-1” energiafűvel</i>	108
4.8	ÚJ, ÚJSZERŰ EREDMÉNYEK.....	119
5	KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK	121
6	ÖSSZEFOGLALÁS	123
7	SUMMARY.....	125
8	FÜGGELÉKEK.....	127
8.1	IRODALOMJEGYZÉK.....	127
9	MELLÉKLETEK.....	135
9.1	A HASZNÁLT MÉRTÉKEGYSÉGEK ÁTVÁLTÁSA	135
9.2	AZ EURÓPAI UNIÓ ENERGIA-FÜGGŐSÉGE TAGORSZÁGONKÉNT SZÁZALÉKBAN.....	136
9.3	A HATÉKONY BIOGÁZ TISZTÍTÁSI TECHNOLÓGIA.....	137
9.4	A „SZARVASI-1”ENERGIAFŰ EURÓPAI FAJTAOLTALMI TANÚSÍTVÁNYA...138	
9.5	A SZARVASI-1 ENERGIAFŰ TAKARMÁNYOZÁSI EREDMÉNYE.....	142
9.6	2013. JANUÁR 1-TŐL ALKALMAZOTT HATÓSÁGI ÁTVÉTELI ÁRAK	145
9.7	AZ ÜVEGHÁZHATÁSÚ GÁZKIBOCSÁTÁS-MEGTAKARÍTÁS JELLEMZŐ ÉS ALAPÉRTELMEZETT ÉRTÉKEI	146
9.8	ECONOMIC SPECIFICATION OF NEW RES	147

ÁBRAJEGYZÉK

1. ábra A föld hőmérsékletének emelkedése 3 scenárió szerint	9
2. ábra A világ energia fogyasztási prognózisa 2007-2035 között (kvadrillió Btu).....	13
3. ábra A kőolaj és a földgáz árának alakulása 1997-2011 között (USD/ millió Btu)	14
4. ábra a Megújuló energia részesedése az összes felhasznált	15
5. ábra A fotoszintézis útján megkötött energia csoportosítása	18
6. ábra Biomassza átalakítási lehetőségek energetikai hasznosítás szempontjából	19
7. ábra A globális CO ₂ kibocsátás alakulása 2001-2012. között.....	20
8. ábra Az EU27 tagállamok tüzelőanyag, kenőanyag és üzemanyag alapanyag kereskedelme (2000-2011)	22
9. ábra Magyarország tüzelőanyag, kenőanyag és üzemanyag alapanyag	22
10. ábra Motorhajtóanyagok előállítási lehetőségei biomasszából	23
11. ábra Üzemanyag átlagár alakulásának trendje és korrelációja az USA-ban	24
12. ábra A világ bioüzemanyag előállítása és területi eloszlása 2000-2011 között (Mtoe)	24
13. ábra A világ gabonapiacának alakulása (millió tonna)	25
14. ábra A világ olajnövény piacának alakulása (millió tonna)	25
15. ábra A bioetanol előállítás mennyiségének alakulása az Európai Unióban	26
16. ábra Élelmiszer ár-index trendje	27
17. ábra A biodízel előállítás és felhasználás mennyiségének alakulása az Európai Unióban	30
18. ábra Az EU biodízel importja származási ország szerint 2010-ben.....	31
19. ábra Hatékony biogáz felhasználási lehetőségek (vastag nyilak)	35
20. ábra Előállított biogáz mennyisége (m ³ /t) alapanyagonkénti bontásban.....	37
21. ábra A biogáz alapanyagot adó állatállomány változása Magyarországon	38
22. ábra A biogáz mennyiségének alakulása az Európai Unióban	43
23. ábra Az EU27 legjelentősebb biogáz alapú villamos energia előállítói 2011-ben.....	43
24. ábra Németország: Biogáz üzemek számának alakulása és a beüzemelt elektromos teljesítmény növekedése (MW)	47
25. ábra Ausztria: Biogáz üzemek számának alakulása és a beüzemelt elektromos	49
26. ábra Osztrák CHP biomassza erőművek elhelyezkedése.....	50
27. ábra Gázpermeációs membrán technológia folyamatábrája.....	52
28. ábra Biogáz kompresszor	52
29. ábra Biogáz tartály (95 százalék CH ₄)	52
30. ábra Biogáz töltőállomás Németországban.....	54
31. ábra Az EU 2020-ra elérendő bioüzemanyag felhasználásának összetétele	55
32. ábra Az egy hektár terület alapanyagból előállított.....	64
33. ábra A bioüzemanyag alapanyagok életciklus alapján meghatározott	66
34. ábra Szárazanyag tartalom (százalékban kifejezve).....	70
35. ábra Friss massa tömeg (t/ha).....	71
36. ábra Száraz tömeg hozam (atrotonna/ha).....	72
37. ábra Metán kihozatal 2009-2010. között (liter/kg)	73
38. ábra Metánhozam 2009-2010 (m ³ /ha).....	73
39. ábra Műtrágya árak alakulása 2006-2011 között	75
40. ábra A „Szarvasi-1” energiafű biogáz célú termesztésének diszkontálás nélküli pénzáramai	79
41. ábra A „Szarvasi-1” energiafű biogáz célú termesztésének diszkontált pénzáramai	79
42. ábra A „Szarvasi-1”energiafű biogáz célú termesztésének.....	80
43. ábra A közlekedési ágazat közvetlen energiafelhasználása Magyarországon.....	90
44. ábra Magyarország közúti gépjármű-állomány változása	90
46. ábra Gépkocsi állomány átlagos életkorának alakulása Magyarországon	91
47. ábra Magyarország (NOx) légszennyezettségének mértéke 2013 áprilisában	97
48. ábra A CNG meghajtású autóbuszok felépítése.....	98
49. ábra Alternatív hajtásmódok üzemanyagköltsége.....	101
50. ábra Tömegközlekedésben használt járművek kibocsátásának hatása	102
51. ábra Biomassza hozam egyszeres nehézfémmel kezelés esetén	104
52. ábra Klorofill tartalom egyszeres nehézfémmel kezelés esetén	101
53. ábra Transpiráció egyszeres nehézfémmel kezelés hatására	105
54. ábra Fém akkumuláció egyszeres nehézfémmel-kezelés hatására	105
55. ábra Száraztömeg többszörös nehézfémmel kezelés esetén	102
56. ábra Fém akkumuláció többszörös nehézfémmel kezelés esetén	106
57. ábra A „Szarvasi-1” energiafűvel megvalósítható megújuló energia-termelés és környezetvédelem egyesítésének sematikus ábrája.....	112

58. ábra A „Szarvasi-1” energiafű tüzeléstechnikai termelésének éves költségei és bevételei, valamint nettó pénzárama	115
59. ábra „Szarvasi-1” energiafű érzékenységvizsgálata az eladási egységár és a szolgáltatási ár változásának tükrében	117
60. ábra „Szarvasi-1” energiafű érzékenységvizsgálata a szennyvíziszap lerakási díj bevétel és a bér és annak járulékainak változása tükrében	117

TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE

1. táblázat: A világ első tíz legnagyobb energiafogyasztója és Magyarország adatai 2011-ben	14
2. táblázat: Megújuló energiaforrások az Európai Unióban és Magyarországon (2006-2010)	17
3. táblázat: A világ legnagyobb CO ₂ kibocsátó országa és Magyarország adatai (2012)	20
4. táblázat: Második generációs bioüzemanyagot előállító cégek az EU-ban	29
5. táblázat: Az Európai Unió fosszilis üzemanyag fogyasztás potenciálja és helyettesíthetősége első generációs bioetanolal és biodízzel	33
6. táblázat: A különböző alapanyagból származó biogáz és a dán/orosz földgáz összetétele	34
7. táblázat: Átvételi árak Európában	44
8. táblázat: A tisztított biogáz paramétereire vonatkozó előírások	45
9. táblázat: Az európai biogáztermelés jövője a Nemzeti Megújuló-energia Cselekvési Tervek szerint	46
10. táblázat: A biogázra vonatkozó referenciahozamok Ausztriában	50
11. táblázat: Biogáz tisztítók Ausztriában	51
12. táblázat: A biometán felhasználása a gépjárműhajtásban, a CBG, LBG, CLBG közötti különbségek	53
13. táblázat: Bio-motorhajtóanyagok főbb jellemzői	63
14. táblázat: Biomasszából előállítható bioüzemanyagok fosszilis energiahasználatára alapanyag és előállítási mód szerint bontásban	65
15. táblázat: Bioetanol, biodízel és biogáz energiaegyenlege alapanyag szerint	67
16. táblázat: Új bioüzemanyag finomítók gazdasági-technikai paraméterei	67
17. táblázat: A „Szarvasi-1” energiatüzelőanyag célú termesztésének önköltségi árai (euró)	77
18. táblázat: A „Szarvasi-1” energiatüzelőanyag célú értékesítéséből származó bevételek (euró)	78
19. táblázat: A „Szarvasi-1” energiatüzelőanyag célú termesztésének CBA számítása	78
20. táblázat: A silókukorica termesztés és biogáz alapanyag előállítás 2012/13. évi költségtételei	81
21. táblázat: A biogáz alapanyag előállítás 2012/13. évi bevételei	81
22. táblázat: A silókukorica biogáz célú termesztésének önköltségi árai (euró)	82
23. táblázat: A silókukorica biogáz célú értékesítéséből származó bevételek (euró)	82
24. táblázat: A silókukorica biogáz célú termesztésének CBA számítása (euró)	83
25. táblázat: A „Szarvasi-1” energiatüzelőanyag és a silókukorica, mint biogáz alapanyag előállításának önköltségi árai (euró/t)	85
26. táblázat: A földgáz szerepe a hazai energiaellátásban	86
27. táblázat: A megújuló forrásból származó energiák a közlekedésben Magyarországon	92

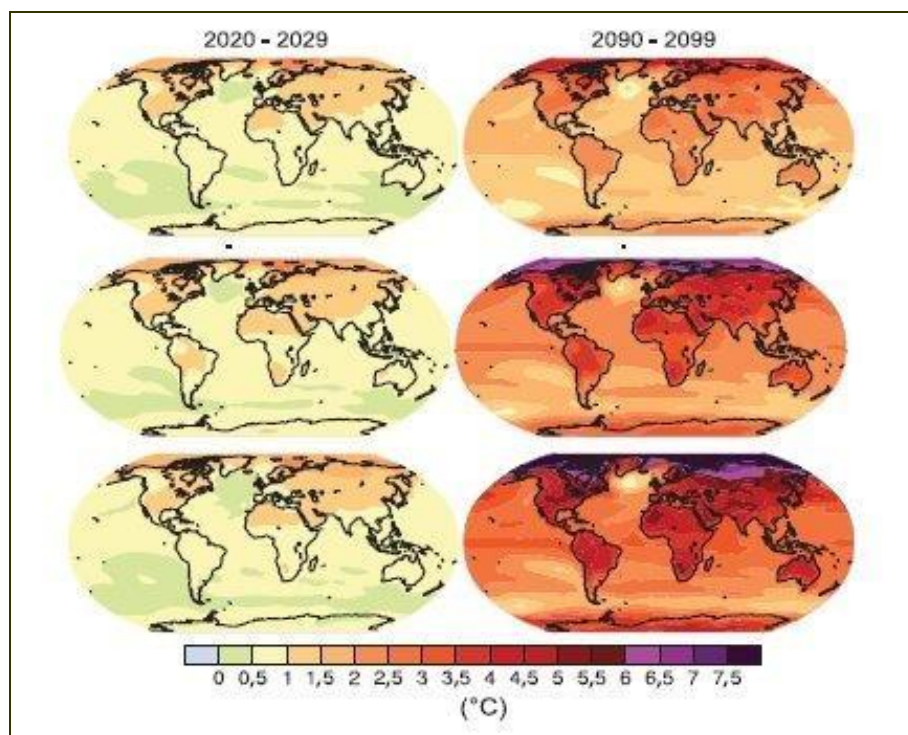
28. táblázat: Európai városok biometán hajtóanyagú járműveinek száma 2010-ben	94
29. táblázat: Európai városok CBG-vel kapcsolatosan felmerült problémái	95
30. táblázat: Európai városok biometán előállításával és felhasználással kapcsolatos támogatásai	96
31. táblázat: A BKV elavult gépjárműpark cseréjének modellje	99
32. táblázat: Motor besorolások szerinti kibocsátási teszt értékek	102
33. táblázat: A Szarvasi-1 energiatüzelő vizsgálata során mért transzlokációs indexe (TI) és fitoextrakciós (FK) kapacitása egyszeres nehézfém-kezelés mellett	105
34. táblázat: Közütemi szennyvízgyűjtő-hálózattal rendelkező települések és lakások	109
35. táblázat: A kommunális szennyvíziszap mezőgazdasági kihelyezésének paraméterei	111
36. táblázat: A „Szarvasi-1” energiatüzelő és néhány energiahordozó tütelőértéke	111
37. táblázat: A „Szarvasi-1” energiatüzelő tütelőtechnikai tütelőtésének éves költségei és bevételei, figyelembe véve a szennyvíziszap lerakási díját, valamint a tütelőtés nettó pénzárama	114
38. táblázat: Értékenységvizsgálat az alapadatok függvényében	116

1. BEVEZETÉS

1.1 A TÉMA AKTUALITÁSA

Az energia létfontosságú az élet, de különösen a fejlesztés és fejlődés számára. Ha energiáról van szó, általában az energiaforrásokra, az energia felhasználására, az energia hatékonyságára, az energia-előállításból fakadó környezet-szennyezésre összpontosítunk. Ugyanakkor a probléma megoldásán már kevesebben gondolkodnak, és még kevesebben tesznek is érte. A káros hatások egyik szembevető jele a klímaváltozás, amely a légkörbe bocsátott üvegházhatású gáz (ÜHG) és a földhasználat változása miatt következik be.

A világ legnagyobb félelme a klímaváltozás okozta jelenségek felerősödéséből fakad. Erre vonatkozóan az Éghajlat-változási Kormányközi Testület (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) (2007) különböző faktorok – a Föld népességének növekedése, a gazdasági növekedés és az ÜHG kibocsátás – alapján vizsgálta a légkör hőmérséklet-változását. Ennek eredményeképpen kutatási anyagukban 3 lehetséges scenáriót vázoltak fel, amelyek mindegyike egybehangzóan a Föld átlaghőmérsékletének növekedését vetíti előre (1. ábra). 2030-ig az északi félteke, így az USA, Európa és Kína átlaghőmérsékletének mintegy 1,5-2,0°C-kal való emelkedését prognosztizálják.



Forrás: IPCC, 2007

1. ábra A föld hőmérsékletének emelkedése 3 scenárió szerint

Az elmúlt 20 évben a fenntartható fejlődés legnagyobb kihívását és megoldandó problémakörét a globális CO₂-kibocsátás jelentette, mivel a légkörben növekvő koncentrációjú ÜHG az elsődleges felelőse a Föld hőmérséklet emelkedésének, a fokozott üvegházhatás előidézésének. Ennek a jelenségnek fő oka a fosszilis energiahordozók növekvő használata.

A XXI. század a fejlődés százada. A népesség növekedése, a technológiák fejlődése egyre több energiát igényel, ezzel párhuzamosan a fosszilis üzemanyagok használatával növekszik a légkörbe bocsátott CO₂ mennyisége. Ezért ennek káros hatásai és környezetszennyező szerepe vitathatatlan.

A Föld népességének növekedését nem lehet megállítani, ugyanakkor a gazdasági növekedés megfontolt lépéseivel jelentős eredmények érhetők el a klímaváltozás mérséklésében. Tehát mind a globális népesség gyarapodása, mind pedig a folyamatos gazdasági fejlődés nagy kihívást jelent a jövőbeni energiaforrások felhasználásával kapcsolatban. Ezért a légkörbe kerülő, a klímaváltozásért felelős ÜHG csökkentésének egyik módja az energiahatékonyság növelése mellett a megújuló energiaforrások növekvő alkalmazása. A megújuló energiaforrás olyan energiaforrás, amely természeti folyamatok során folyamatosan rendelkezésre áll, vagy jelentősebb emberi beavatkozás nélkül legfeljebb néhány éven belül újratermelődik. A környezet- és természetvédelmi lexikon szerint a megújuló energiaforrások közé tartozik a biomassza mellett a geotermikus, a nap-, a szél- és a vízenergia (LÁNG, 2007).

Magyarország a kevésbé energiahatékony országok körébe tartozik, a rendelkezésére álló megújuló energiaforrásokat csekély mértékben képes kihasználni. A megújuló energiaforrások felhasználásának ösztönzése segíthet az importfüggőség csökkentésében, az energiaellátás biztonságának növelésében és a fosszilis tüzelőanyagok használatából eredő környezet-terhelés csökkentésében.

A fenntartható fejlődés szempontjából fokozódó igény jelentkezik a megújuló energiaforrások, ezen belül a bioüzemanyagok iránt is, ami a mezőgazdaság energiatermelő jellegének erősödését eredményezi. Ez a szerkezeti átalakulás számos előnnyel jár, és különösen fontos a fosszilis energiahordozókban szegény, ám viszonylag kedvező mezőgazdasági adottságokkal rendelkező Magyarország számára (SIPOS, 2006). A megújuló energiaforrások, így a biomassza energetikai felhasználása vonzó alternatíva, hiszen Magyarországon a biomassza megfelelő mennyiségben és minőségben áll rendelkezésre. A fosszilis üzemanyagok helyettesítésére kiaknázandó lehetőséget kínál a biogáz tisztításával nyerhető biometán, amelyet gazdaságossági és környezetvédelmi aspektusai tekintetében a jövő bioüzemanyagaként tartanak számon.

1.1.1 A kutatás célkitűzései

Az EU az EURÓPA 2020 stratégia keretében meghatározta a fenntartható növekedés célkitűzéseit, amely tartalmazza a 2020-ig az EU által elérendő paramétereket. Ebben a stratégiában jelentős szerepet játszik a környezetvédelem, így a klímaváltozás mérséklése, megállítása és az energiatartalom csökkentése. Ennek értelmében az ÜHG kibocsátását 20%-kal kell csökkenteni az 1990-es szinthez képest (vagy akár 30%-kal, ha adottak az ehhez szükséges feltételek), a megújuló energiaforrások arányát 20%-ra kell növelni úgy, hogy a közlekedésben felhasznált megújuló energiák aránya minimum 10% kell, hogy legyen, valamint az energiahatékonyságot 20%-kal kell javítani (EB, 2011). Következésképp az EU egyértelmű célja egy CO₂-semleges közeli és a közlekedéstől függetlenített közlekedési rendszer kialakítása. Ugyanakkor a közlekedés célja a jövőbeni elektromos meghajtású vagy hidrogéncellás jármű jelentheti, amely jelentős, ma még fel sem mérhető infrastrukturális beruházást igényel.

Ezért kutatásom alapvető célja, hogy rámutassak a jelenleg rendelkezésre álló, a biomasszából előállítható biogáz versenyképességére, illetve a biometán, mint alternatív hajtóanyag alkalmazásának lehetőségeire. Ehhez először a biomassza alapanyagok felhasználásának elemzésére van szükség gazdasági, politikai, élelmiszer-, takarmányozás-, környezet- és energiabiztonsági szempontok figyelembevételével. Összehasonlító vizsgálat keretében a bioüzemanyagok, így az első generációs bioetanol és biodízel, valamint a biogáz jelenlegi és jövőbeni előnyeire és hátrányaira kívánok rámutatni. Mivel kutatásom egyik fő célja a biogázból nyerhető üzemanyag, vagyis a biometán felhasználhatóságának és gazdaságossági kérdéseinek feltárása, ezért fontos szempont a biometán termelés aktuális és lehetséges mezőgazdasági alapanyagainak bemutatása. A metánkihozatal, a szárazanyag tartalom függvényében részletesen vizsgálom a „Szarvasi-1” energiatartalmát, annak biogáz alapanyagként történő felhasználásának jövőjét. Kutatásom másik fő célja a „Szarvasi-1” energiatartalmú piaci körülmények között történő termesztésének gazdaságossági

elemzése komplex COSTS-BENEFITS ANALYSIS (CBA) keretében. Mivel a „Szarvasi-1”energiafű nemcsak energetikai célt képes kiszolgálni, kitérek annak egyéb irányú (takarmányozás és kármentesítés) felhasználási lehetőségeire is. A biogáz felhasználási területeit elemezve európai példák alapján mutatok rá a biometán városi felhasználásának lehetőségeire. A biometán üzemmód költségtételeit hasonlítom össze a hazánkban általánosan elterjedt dízel gépjárművek fenntartási és üzemeltetési költségeivel.

A dolgozatom célja összefoglalva tehát a környezetbarát biogáz, mint bioüzemanyag felhasználásának elemzése. A hagyományos, megújuló energiaforrások és azok alapanyagai mellett olyan alternatív alapanyagokra is kiterjed a kutatás, amelyek a vidéki lakosság számára bevételt nyújtanak, az életminőséget javítják, és környezetvédelmi problémákat oldanak meg.

Kutatásom fő irányát a következő pontok megválaszolása szabja meg:

- szükséges-e megújuló energia-előállításról és felhasználásról beszélni a közlekedési szektoron belül, azaz van-e lehetőség a fosszilis üzemanyagok hatékony helyettesítésére rövid, közép- és hosszú távon,
- melyek a jelenleg elérhető és kereskedelmi forgalomban kapható biomasszából előállítható bioüzemanyagok, ezek összehasonlítása alapanyag, élelmezés-, energia- és környezetbiztonság tekintetében;
- hogyan fejlődött a biogáz-előállítás Európában és milyen perspektívával rendelkezik Magyarországon, lehet-e a biogáz alapanyagként szolgáló, jelenleg domináns kukoricát egyéb energianövényrel, pl. „Szarvasi-1” energiafűvel kiváltani,
- lehet-e perspektíva a biogázból előállítható biometán hajtóanyag a magyar városok számára a tömegközlekedés modernizációjával,
- lehet-e energetikai hasznosítás mellett aktív környezetvédelmet folytatni a „Szarvasi-1”energiafűvel

1.2 HIPOTÉZISEK

Kutatásom során a következő hipotéziseket fogalmaztam meg:

Hipotézis 1. (H1) – A biomasszából előállítható biohajtóanyagok közül a biogázban rejlő potenciális fejlődési és fejlesztési lehetőség meghaladja az első generációs, élelmisznövényekből előállítható bioetanol és biodízel lehetőségeit. Ezért a jövőben a biometán előállítás és felhasználás ösztönzésére kell koncentrálni.

Hipotézis 2. (H2) – A biogáz mezőgazdasági alapanyagai közül jelenleg közkedvelt és leginkább felhasznált kukorica (silókukorica) biogáz előállítás szempontjából mért értékei alapján nem tekinthető a legmegfelelőbb alapanyag. Léteznek olyan kifejezetten energia előállításra szolgáló energianövények, amelyek az élelmezés- és a takarmánybiztonság veszélyeztetése nélkül képesek alternatív megoldást adni a biogáz előállításához.

Hipotézis 3. (H3) - A „Szarvasi-1”energiafű szubvenciók nélkül történő termesztése a fejlődő biogáz-ágazat igényeinek kielégítése mellett nyereséges, versenyképes a jelenleg használt kukorica alapanyaggal szemben.

Hipotézis 4. (H4) – A biogázból előállítható biometán perspektivikus jövőt kínál a nagyvárosi közösségi közlekedésben.

Hipotézis 5. (H5) – A „Szarvasi-1”energiafű biometán alapanyagként történő felhasználásán túlmenően egyéb hasznosítási iránya lehetővé teszi a szennyezett talajok kármentesítését. Ez

merőben új hasznosítási irányt adhat a megújuló energiatermeléshez kapcsolt gazdaságos környezetvédelmi tevékenységeknek.

2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1 A BIOMASSZA ENERGETIKAI FELHASZNÁLÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI

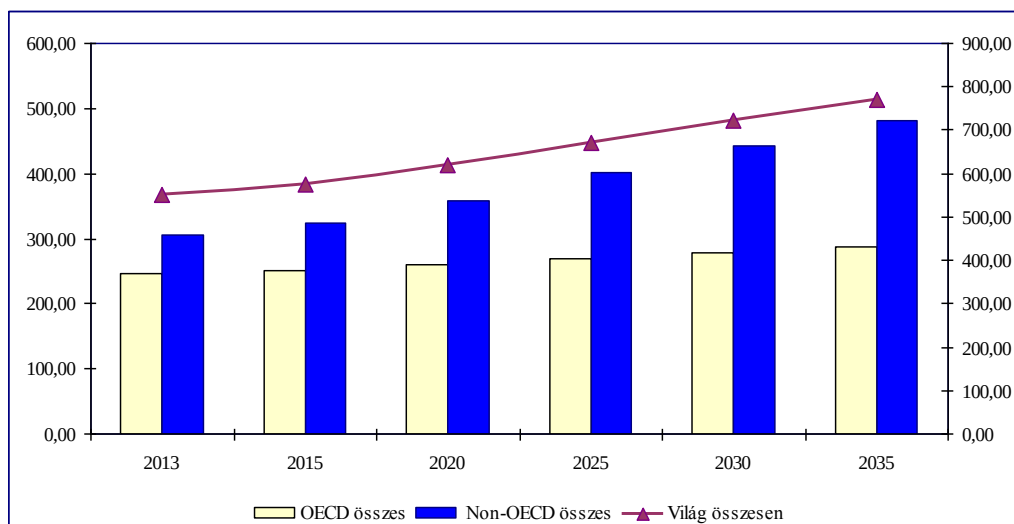
A mezőgazdaságot vizsgálva megállapítható, hogy a területek érzékenysége, sebezhetősége és alkalmazkodó képessége vonatkozhat az ökológiai, gazdasági és szociális rendszerekre egyaránt (FARKASNÉ, 2011). A mezőgazdaság szerepének átalakulása számos előnnyel jár, különösen fontos a fosszilis energiahordozókban szegény, ugyanakkor jó mezőgazdasági adottságokkal rendelkező Magyarország számára. Az említett előnyök és a mezőgazdasági eredetű energiaforrások felhasználásának jellemzői és hatásai a következők:

- keletkező melléktermékek és hulladékok hasznosítása,
- a termőföld térségi adottságokhoz illeszkedő hasznosítása,
- az energetikai hasznosítás lehetősége,
- a légkör CO₂ koncentrációjának csökkentése,
- az élelmiszer túltermelés miatti felszabaduló földterületek hasznosítása,

ezen túlmenően gazdasági értelemben képes hozzájárulni a mezőgazdasági foglalkoztatottság növeléséhez, csökkenti az importfüggőséget, kíméli az ország ásványkészleteit, valamint értékesíthető kvóta mennyiséget szabadít fel a káros anyag kibocsátási értékek csökkentésével.

Napjainkban az energia-előállítás és az energiafogyasztás döntő hányada fosszilis energiahordozókra épül. A 2010-ben összesen 12 717 Mtoe előállított energia 87%-át adta a szilárd-tüzelőanyag (szén), a földgáz, a kőolaj és kőolaj termékek, valamint a nukleáris energia. A megújuló energia primer energiaforrásként történő felhasználása 13%-ot képvisel, ennek döntő hányadát, mintegy 80%-át a biomassa és 20%-át az egyéb megújuló energia (nap, víz, szél) tett ki.

A világ folyamatosan növekvő népességének energiaigénye jelentős problémát jelent környezetvédelmi és gazdasági aspektusból egyaránt. A világ energiafogyasztása az elmúlt években átlagosan 2,6%-kal növekedett (EIA, 2011). A jelenlegi fogyasztási trendeket és tendenciákat figyelembe véve 2035-re prognosztizálható az energiafogyasztás mintegy 35%-os bővülése (2. ábra).



Forrás: EIA, 2013

2. ábra A világ energia fogyasztási prognózisa 2007-2035 között (kvadrillió Btu¹)

¹ A brit hőegység (jele BTU vagy Btu) az energia egyik hagyományos mértékegysége, mely mintegy 1055,05585 joule energiának felel meg.

A világ energia-fogyasztása 2011-ben 8 918 Mtoe² volt. Ennek csaknem felét 2 ország - Kína és az USA – fogyasztása tette ki (ENERDATA, 2012). A világ legnagyobb energiafogyasztóit és Magyarország adatait mutatja a 1. táblázat.

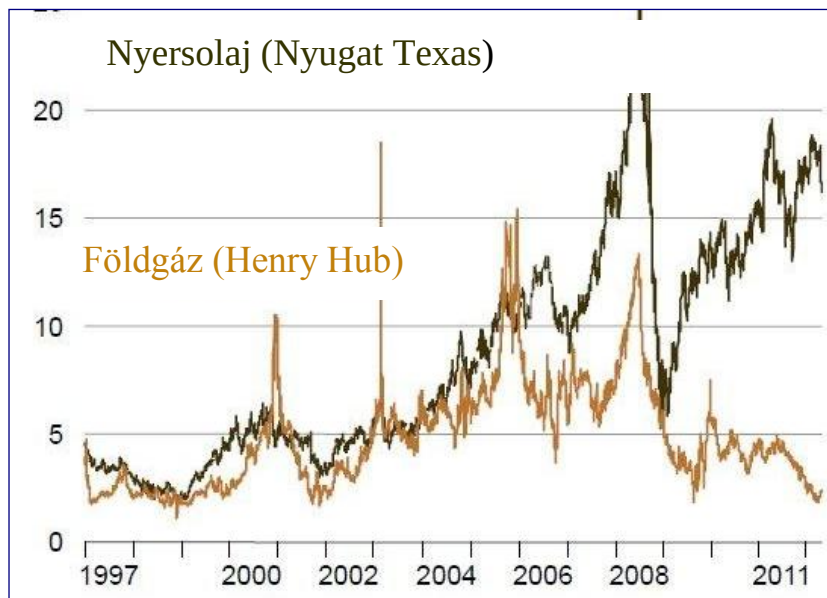
1. táblázat

A világ első tíz legnagyobb energiafogyasztója és Magyarország adatai (2011)

	Mtoe
Kína	2 648
USA	2 225
India	759
Oroszország	725
Japán	469
Németország	317
Brazília	268
Kanada	266
Dél Korea	257
Franciaország	257
Magyarország	25,5

Forrás: ENERDATA, 2012

Jelentős kőolaj kitermelés folyik a világon, és bár a kőolaj készletek kiapadását prognosztizálják, újabb és újabb olaj-lelőhelyekre bukkannak. Az elmúlt időszakban a Közel-Kelet kőolaj termelő és -exportőr országai, azaz az OPEC országok határozták meg a kőolaj árát. A kőolaj világpiaci árának 2007-2008-ban bekövetkezett ugrásszerű, valamint a 2010-től tapasztalható folyamatos növekedése az energiahordozók keresletének élénkülése mellett, Kína és India ipari termelésének fokozódó importenergia igényével is magyarázható. A növekvő kereslet értelemszerűen a kőolaj és a földgáz árának emelkedését is magával hozza (3. ábra). Az USDA (2011) prognózisa szerint ez a növekedési trend 2020-ig folytatódni fog.



Forrás: EIA, 2012

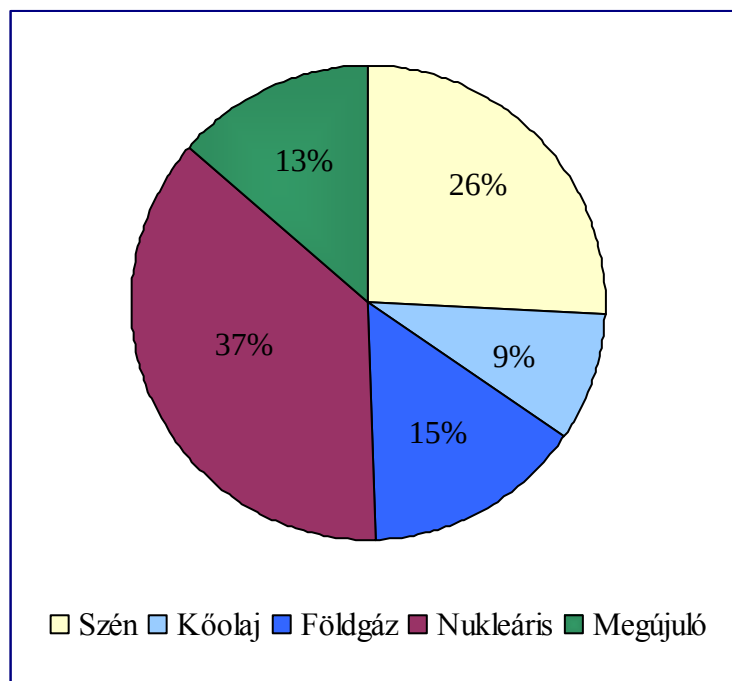
3. ábra A kőolaj és a földgáz árának alakulása 1997-2011 között (USD/ millió Btu)

² Mtoe, millió tonna olaj-egyenérték: az olajegyenérték vagy kőolaj-egyenérték az energia mértékegysége, amely az adott mennyiségű energia előállításához elégetendő nyersolaj tömegét adja meg.

A magas kőolajár értelemszerűen a mezőgazdasági termelés inputköltségeinek és a termékek szállítási költségének emelkedésével jár együtt. Ugyanakkor a kőolaj kereslete a földgáz árának alakulását is jelentősen befolyásolja, hiszen a földgáz ára késéssel ugyan, de követi a kőolaj árváltozását. A földgáz ára középtávon még szorosabban igazodik a kőolajéhoz, ugyanis a nagy földgázimportőrök jelentős kapacitásokat építenek ki a cseppfolyósított földgáz (Liquefied natural gas, LNG) tárolására. Mivel a kőolajfüggőség csökkentése stratégiai kérdés, így nem csak gazdasági, társadalmi, hanem politikai kérdéssé is vált. Az Európai Unióban használt definíció alapján az energiafüggőség a nettó energiaimport és a bruttó energiafogyasztás hányadosaként értelmezendő. Az EU primer energia termelésének csökkenése és a fokozódó energiafogyasztása magával hozza az egyre növekvő energiafüggőségét. 2011-ben az EU27 energiafüggőségének átlaga 53,84%, hazánké 52,03% volt (EUROSTAT, 2013). A hazai energiafüggőségi ráta csökkenése elsősorban az ipari termelés visszaeséséből ered. (Melléklet 9.2.).

2.1.1 Napjaink kihasználható megújuló energiaforrásai

A megújuló energiaforrások közül a víz-, szél- és az ár-apály energia villamos energia előállítás alapját képezheti, míg a nap- és geotermikus energia mind villamos, mind hőenergia előállítás bázisául szolgálhat. A biomassza pedig a legszélesebb körben felhasználható megújuló energia, melyből villamos- és hőenergia, valamint hajtóanyag egyaránt előállítható. Az energiaforrások közül a megújuló energiák szerepét mutatja az 4. ábra.



Forrás: EUROSTAT, 2012

4. ábra a Megújuló energia részesedése az összes felhasznált primer energiaforrásban az EU27-ben (2011)

Magyarországon 2010-ben a felhasznált energia mennyiségének csupán 7,39%-át (KSH, 2012) adták a megújuló energiaforrások, ami jóval az európai átlag – 13,47% – alatt maradt. Magyarországon a megújuló energiaforrások közül a napenergia hasznosítása az egyik legkézenfekvőbb megoldásnak tűnhet, mivel a napsütéses órák száma évente 1 700-2 100 óra között változik. Ugyanakkor ennek időbeli alakulását vizsgálva megállapítható, hogy ennek a mennyiségnek több mint a fele a nyári négy hónapra esik. Ennek értelmében a jelentősebb energiafelhasználással járó téli hónapokban jóval kevesebb a rendelkezésre álló napenergia-

mennyiség. Hazánkban a napenergia hasznosítása az üvegházakra, a mezőgazdasági szárítókra és a napkollektorok által előállítható meleg víz rásegítésre korlátozódik.

A szélenergia vonzó alternatíva a mezőgazdasági körzetek és a gazdálkodók számára, ahol a megtermelt energiát azonnal felhasználják. Azért fontos a helyben történő felhasználása, mert a szélenergiát nem lehet tárolni, valamint, a szél sebessége és ideje is gyakran erőteljesen változik. További problémát jelenthet, hogy a szélmotorok elméleti hatásfoka (60%) a gyakorlatban csak 45-50% körül mozog. A földrajzi adottságainkból kiindulva (a földfelszín kialakítása, műtárgyak, domborzat, a szélesebb talajfeletti változása), a szélenergia termelés változékonysága miatt (a szélkerekekben lévő teljesítmény kiaknázásához szükséges levegőmozgás nem állandó, sebessége igen változó).

Összefoglalóan mind a napenergia, mind a szélenergia előállítására vonatkozóan elmondható, hogy *„a megújuló energiák hasznosítására vonatkozó megoldások napjainkban számos hátránnyal bírnak. Ma a legnagyobb problémát a megújuló energiából előállított villamosenergia-termelésen belül a villamos energia raktározása okozza. Ugyanígy gondot jelent a rendszer szabályozhatósága, ezen belül az időjárási viszonyoknak lévő kitettség miatt a folyamatos és egyenletes rendelkezésre állás”* (FARKASNÉ, 2008).

A vízenergia szerepe a hazai energiatermelésben – különböző föld- és vízrajzi, valamint gazdasági okok miatt – nem jelentős. 2012-ben Magyarországon öt nagyobb és 32 kisebb, regionális vagy helyi vízerőmű működött aktívan, amelyek összteljesítménye 50 MW, villamos energia- termelése közel 200 GWh volt (EBRAND, 2013). Ez a teljes hazai villamosenergia-felhasználás kevesebb, mint 0,5%-a. A vízierőművek telepítése ellen hazánk esetében felhozható érvek: nagymértékű változást indukál a környezetben, magas beruházás-igény, időszakosság (hóolvadás, esőzések); bár energiahasznosítása akár 90-95%-os hatásfokú, de ez elsősorban a vízhozamtól, a terület csapadékviszonyaitól függ, továbbá a hosszú távú ingadozásoktól, domborzattól, folyóvíz kihasználtságtól. A meglévő két vízerőmű (Tiszalök 11,4 MW, Kisköre 28 MW) teljesítménye az ország potenciális villamosenergia-teljesítményéhez képest – 8 860 MW elenyésző (STRÓBL, 2010). Figyelembe véve az ország természeti adottságait, valamint a vízierőművekkel szembeni társadalmi ellenállás mértékét a vízenergia arányát érdemben aligha tudjuk növelni.

A geotermikus energia hasznosításának erőműi felhasználására Magyarországon nincs példa. Bár próbálkozás volt Magyarországon geotermikus erőmű telepítésére, a projekt azonban nem valósult meg. Ennek gazdasági magyarázata a következő: hazánkban elektromos áramot gazdaságosan nem lehet geotermikus energiából előállítani, mivel a reálisan megközelíthető mélységben a hő viszonylag alacsony hőmérsékleten van jelen, további mélységből történő felszínre hozatala exponenciálisan drágítja az előállítási költségeket. Hangsúlyozni kell azt is, hogy az energetikai célú vízhasznosításra kiadott vízjogi engedélyek 2012. december 22-én hatályukat veszítették, így további felhasználási problémát jelent a visszasajtolási kötelezettség. Mivel a termálvíz a benne lévő magas sótartalom miatt veszélyes hulladéknak minősül, természetes vizekbe be- és leengedni nem szabad, az energiaátalakítás után vissza kell préselni a föld rétegeibe, ez azonban tovább drágítja az ebből nyerhető energia előállítás költségét. Az erre vonatkozó jogszabályi kötelezettség 2015. június 30-tól áll fenn, amennyiben a víztest a vízgyűjtő-gazdálkodási tervekben gyenge vagy romló mennyiségi állapotúnak lett minősítve és 2020. december 22-től alkalmazandó, ha a víztest jó mennyiségi állapotúnak lett minősítve (VM, 2012). Ennek ellenére a távfűtőrendszeren belüli használatára már akad példa.

A mezőgazdaságban is gyakran alkalmazzák a geotermikus energiát fóliasátrak és növénytermesztésre használt épületek fűtésére. Azonban a porózus homok-homokkő rétegekből (Alföld) felszínre hozott, mezőgazdasági felhasználásra alkalmazott termálvíz energetikai hasznosításakor 2020. december 21-ig nincs visszasajtolási kötelezettség (VM, 2012). Mivel a geotermikus energiából nyert közvetlen hő hasznosítás lehetősége adott, fejlesztése és terjesztése új lehetőséget teremt a megújuló energiák hasznosításában.

Ma hazánkban a biomassza az egyetlen olyan megújuló energiaforrás, amely megfelelő mennyiségben áll rendelkezésre és felhasználási területeit figyelembe véve érdemben csökkenthető az ország kőolajfüggősége, energetikai kitettsége (2. táblázat).

2. táblázat

Megújuló energiaforrások az Európai Unióban és Magyarországon (2006-2010)

Me.: ezer toe

	EU27					Magyarország				
	2006	2007	2008	2009	2010	2006	2007	2008	2009	2010
Megújuló összesen	123 507	134 057	142 037	148 776	166 647	1 242	1 337	1 610	1 851	1 922
Nap	988	1 264	1 730	2 498	3 686	2	3	4	5	5
Biomassza	83 222	91 401	96 112	100 765	112 725	1 134	1 221	1 474	1 702	1 756
- Fa	65 077	67 322	70 261	73 279	80 769	1 065	1 146	1 244	1 471	1 524
- Biogáz	4 769	7 028	7 312	8 176	10 964	12	17	22	31	36
- Egyéb (MSW) ³	5 341	7 316	7 609	7 484	8 052	47	40	46	46	53
Geotermikus	5 582	5 723	5 733	5 814	5 881	86	86	96	96	99
Víz	26 594	26 652	28 145	28 218	31 492	16	18	18	20	16
Szél	7 077	8 972	10 273	11 439	12 817	4	9	18	28	46

Forrás: EUROSTAT alapján saját összeállítás, 2012

Messzemenőig egyetérttek POPP-POTORI szerk. (2011) tanulmányában foglaltakkal, miszerint *”A hazai primerenergia-felhasználásnak jelentős része megtermelhető lenne biomasszából – még a mai technológiai szint mellett is. Annak ellenére is, hogy a biomasszából előállított villamos energia önköltségi ára jelenleg még lényegesen meghaladja a hagyományos energiaforrások árát, amelyet csak célzott támogatásokkal érdemes kompenzálni, előre vetítve ezzel a biomassza társadalmi, politikai és környezetvédelmi fontosságát. Ennek akadályát alapvetően a gazdaságossági és fenntarthatósági szempontok jelentik”.*

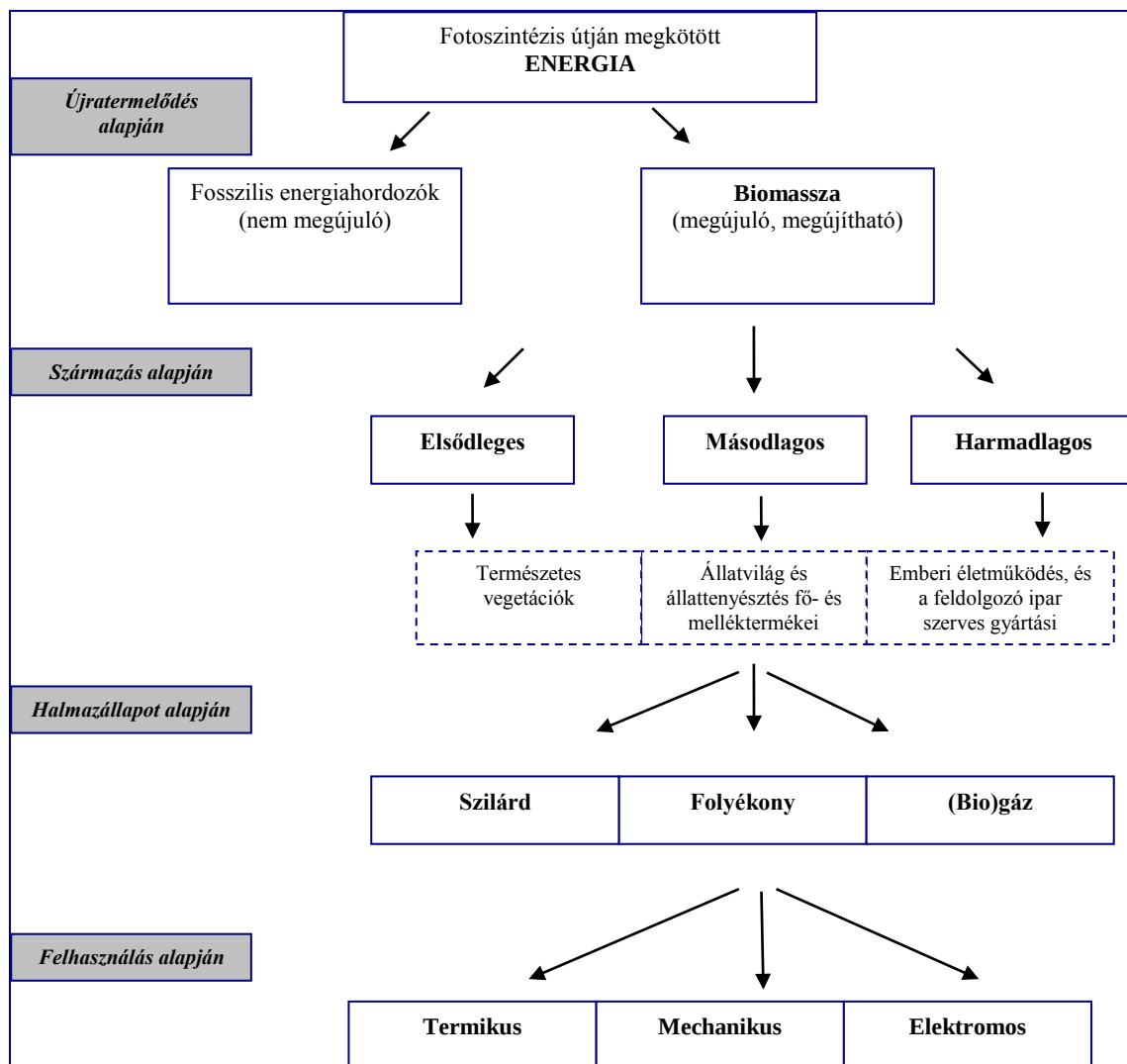
2.1.2 Biomassza potenciál

A biomassza alapvető definíciója: a növényi és állati szervezetek által termelt szerves anyag átalakított formája. Eredete alapján megkülönböztetünk elsődleges, másodlagos és harmadlagos biomasszát. Az elsődleges biomassza származhat szántóföldi növényekből, erdőkből és vízben élő növényekből. A másodlagos biomassza a hagyományos mezőgazdasági termények melléktermékei és hulladécai vagy kimondottan energetikai célból termesztett növények (fűfélék, fák, takarmánynövények) és az állattenyésztés fő- és melléktermékei (trágya). A növénytermesztés és az erdőgazdálkodás a befektetett összes energia négy-ötszörösét termeli meg biomasszaként. Az emberi életműködés melléktermékeit (szennyvíziszap) és a feldolgozóipar szerves gyártási melléktermékeit a harmadlagos biomasszákat körébe helyezzük (5. ábra).

³ Az MSW – Municipal Solid Waste, azaz a települési szilárd hulladékok mindazok a különböző méretű és összetételű szerves és szervetlen anyagok (ill. ezek keverékei), amelyek

- a települések lakóépületeiben (lakóházi szemét),
- közintézményeiben (intézményi szemét),
- közforgalmi és zöldterületeken (utcai, piaci stb. szemét, kerti hulladék) keletkeznek.

Ezeket felül az egyes gazdasági vállalkozásoknál keletkező, a háztartási hulladékhoz hasonló jellegű és összetételű, veszélyesnek nem minősülő hulladékok is ide tartoznak.

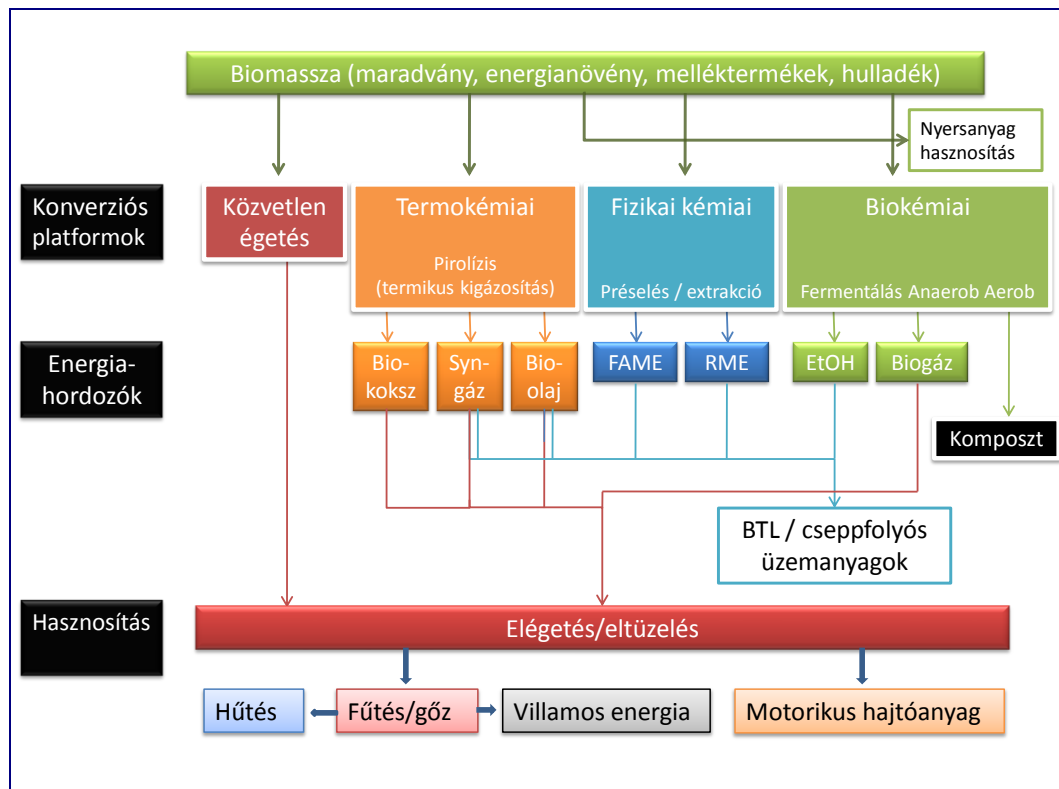


Forrás: Popp-Potori (szerk.), 2011

5. ábra A fotoszintézis útján megkötött energia csoportosítása

Az első-, másod- és harmadlagos biomassza alapvetően öt nemzetgazdasági ágból származhat: növénytermesztés, állattenyésztés, élelmiszeripar, erdőgazdaság és kommunális ágazat. Az előállított biomassza halmazállapota alapján megkülönböztetünk szilárd (pl. pellet), folyékony (pl. bioüzemanyagok) vagy gáz (pl. biogáz) biomasszát. Felhasználása szerint termikus, mechanikus vagy elektromos hasznosításról beszélhetünk. Közvetlen elégetéssel hőenergia termelésére, levegő jelenlétében erjesztve motorhajtásra alkalmas alkoholok (pl. bioetanol) előállítására, levegő kizárásával erjesztve hő és áram termelésére lehetőséget nyújtó biogáz gyártására, átészterezéssel dízelhelyettesítő alapanyaggá (POPP-POTORI szerk., 2011).

Hasznosításának fő irányai az élelmiszertermelés, a takarmányozás, az energetikai hasznosítás és a talajerőpótlás. Az energetikai hasznosításon belül kiemelendő az eltüzelés, a pirolizálás, továbbá a biogáz, és a biohajtóanyagok előállítása (bioetanol- és a biodízel) (6. ábra).



Forrás: Popp-Potori (szerk.), 2011

6. ábra Biomassza átalakítási lehetőségek energetikai hasznosítás szempontjából

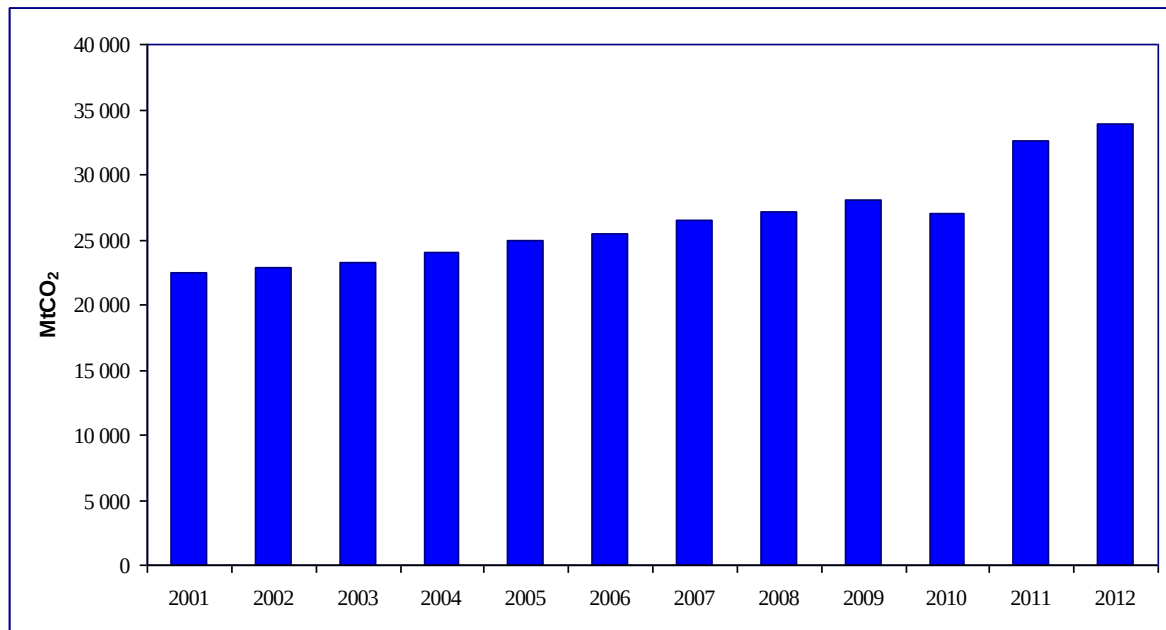
A biomassza növekvő jelentőségét mutatja, hogy a globálisan felhasznált primer energia mintegy 10%-a származik biomasszából. POPP (2013) szerint „a biomassza aránya az elmúlt két évtizedben stabil maradt globális szinten, ugyanakkor az utóbbi években gyorsan csökkent Kínában és folyamatosan emelkedett az EU-ban”. Az energiaforrásként hasznosított biomassza 87%-a fa és 10%-a mezőgazdasági termék. A globális primer energiaellátásban 2035-ben a biomassza térnyerésének eredményeképpen mintegy 2% pontos növekedés prognosztizálható (az egyéb megújuló energiaforrás 4%-ponttal nő), míg a fosszilis energia aránya 81%-ra csökken (POPP, 2013). A biomassza energetikai célú hasznosításakor egyrészt számolni kell azzal, hogy egyes biomasszaféleségek a korlátozottan rendelkezésre álló termőföldért versenyeznek és hosszabb, vagy rövidebb időre kizárják annak egyéb célú hasznosítását. Ugyanakkor figyelembe kell venni azt is, hogy egy-egy biomasszaféleség többféle módon is előkészíthető, feldolgozható, így abból különböző végső felhasználásra alkalmas energiahordozó alapanyagok állíthatók elő (SOMOGYI, 2012).

Magyarországon a biomassza előállítása versenyképes lehet, hiszen az élelmezési és takarmány szükségletet jóval meghaladó mennyiségben vagyunk képesek biomasszát fenntartható módon előállítani. Ebből jelentős mennyiségű bioüzemanyagot és biogázt lehet gyártani. Ugyanakkor ma Magyarországon a biomassza felhasználás kisebb részben „zöld áram”, nagyobb részben hő előállítására (98%-a meleg vízre) korlátozódik. A tisztán zöldáram hasznosítás hatásfoka igen alacsony, mindössze 43%, kapcsoltan villamos és hőenergia termelési rendszerek esetén megemelkedhet 50-60%-ra (JOBBÁGY et al., 2010).

2.2 A BIOÜZEMANYAGOK JELENTŐSÉGE

A közlekedésben felhasznált, évről évre növekvő mennyiségű fosszilis üzemanyagok környezetszennyező szerepe ma már nem kérdéses. A 2001. évihez képest globális átlagában 30%-

kal, 2011. évihez képest 3,2%-kal emelkedett a CO₂ kibocsátás 2012-re, elérve a 34 milliárd tonna értéket (ENERDATA, 2012) (7. ábra).



Forrás: ENERDATA, 2013.

7. ábra A globális CO₂ kibocsátás alakulása 2001-2012. között

Kína a világ legnagyobb CO₂ kibocsátója 2010-2011 között 9,3%-kal növelte a légkörbe juttatott CO₂ mennyiséget. Japánban a 2011-es Fukushimai baleset után 2,4%-kal növekedett a CO₂ kibocsátott mennyisége az előző évihez képest (3. táblázat). A legnagyobb tíz ország által kibocsátott CO₂ mennyiség (21 milliárd tonna) a világ összes kibocsátásának majdnem két harmadát teszi ki.

3. táblázat

A világ legnagyobb CO₂ kibocsátó országai, az EU27 és Magyarország adatai (2012)

	MtCO ₂	A világ össz kibocsátásának százalékában
Kína	7 673	22,57
USA	5 056	14,87
India	1 889	5,55
Oroszország	1 620	4,76
Japán	1 161	3,41
Németország	736	2,16
Dél Korea	572	1,68
Irán	533	1,56
Szaúd Arábia	524	1,54
Kanada	514	1,51
EU27	3 930	11,55
Magyarország	59	0,17

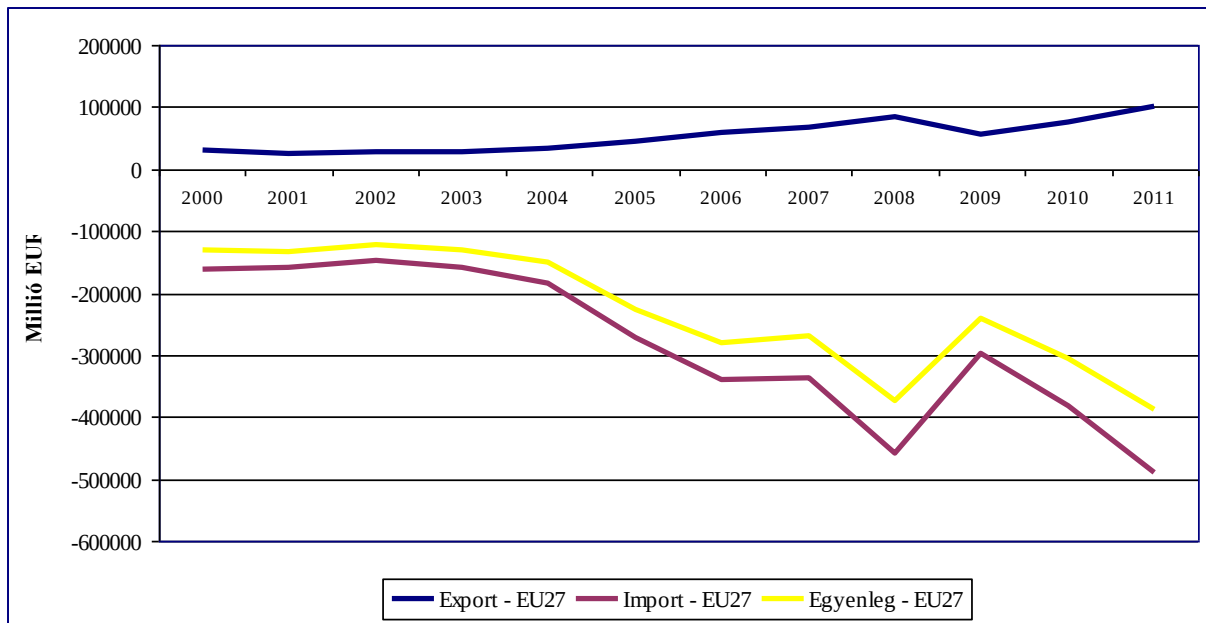
Forrás: ENERDATA, 2013

Az ágazati energia felhasználást vizsgálva elmondható, hogy a növekvő CO₂ kibocsátás fő felelőse a fejlett országokban a közlekedési szektor.

Az USA, mint az egyik legnagyobb CO₂ kibocsátó ország az 1992. évi Energia Törvényben már nevesítette az alternatív hajtóanyaggal működő (E85, CNG, hidrogén cellás, elektromos, propán és metanol -M85) gépjárművek létjogosultságát, azonban a hidrogén és elektromos meghajtású járművek technológiai és infrastrukturális hiányosságok miatt egyáltalán nem kerültek forgalomba. A bioetanol és a biodízel hajtású gépjárművek a promóció hiánya miatt nem tudtak megfelelő ütemben elterjedni. A 2005-ben felülvizsgált Energia Törvényben az alternatív hajtóanyagú járművekre vonatkozóan már részletes intézkedéseket, elterjedésük ösztönzésére pedig támogatásokat (pl. adókedvezmény, beruházási támogatás stb.) fogalmaztak meg. Az US Department of Energy (USDE) 2012. évi publikációja szerint a hidrogénüzemű járművek képesek az USA közlekedési rendszerének forradalmasítására, mivel hatékonyabbak, mint a hagyományos belső égésű motorral üzemelő járművek, ráadásul nincs káros anyag kibocsátásuk. Cél, hogy 2020-ig 2,5 millió hidrogéncellás gépjárművet helyezzenek forgalomba, melyet megfelelő üzemanyag-töltő állomások kiépítésével és államonként eltérő, közvetlen támogatási ösztönzők bevezetésével kívánnak elérni. Azonban addig az USA-ban megújuló energiával működő gépjárművek közül az E85-tel üzemelő gépkocsik további terjedésével lehet számolni. 2012-ben az összes alternatív hajtóanyaggal működő gépjárműpark több, mint 50%-át adta az E85, ezt követően a hibrid járművek (25%), a CNG és a hidrogéncellás gépjárművek (1% alatt) következtek (AFDC ENERGY, 2012). Ez egyrészt a még mindig hiányos üzemanyag-elosztó rendszernek tudható be, hiszen az USA államaiban összesen csak 63 hidrogén töltőállomás működött 2012-ig (EIA, 2012), másrészt az USA-ban kapható 123 különböző, megújuló energiával működő gépkocsi modellből 62 etanol-benzin üzemelésű. Ez is alátámasztja az E85 jövőbeni térnyerésének prognózisát.

Az Európai Unióban az összes energia 31,7%-át a közlekedés, utána a háztartások összessége (26,6%) használja fel. Ezután következik az ipar a valamivel több, mint 25,3%-os felhasználásával. Magyarországon az energia ágazatonkénti bontása kicsit más képet mutat, hiszen a legnagyobb energiafogyasztó ágazatot a háztartások jelentik (34,4%), és csak második helyen szerepel a közlekedés (31,7%), harmadik az ipar (17,4%) (EUROSTAT, 2012). Bár Magyarországon a közlekedési ágazat csak a második legnagyobb energia-felhasználó, de az elöregedett járműpark technológiai szintjének elmaradottsága miatt napjaink légszennyezettségének fő kiváltója. Az ágazat kőolaj iránti kiszolgáltatottsága is jelentős (a globális kőolajfogyasztás 60%-át használja fel, ráadásul az üzemelés 96%-ban kőolaj alapú), ezért az ágazat kitettségét tovább súlyosbítja, hogy a kőolajárak növekedése közvetlenül és széles körben fejti ki kellemetlen hatását. Megoldást a közlekedési ágazat modernizálása, fejlesztése jelenthet, ezért dolgozatomban az üzemanyagok felhasználására vonatkozóan felmerülő problémákra keresem a választ.

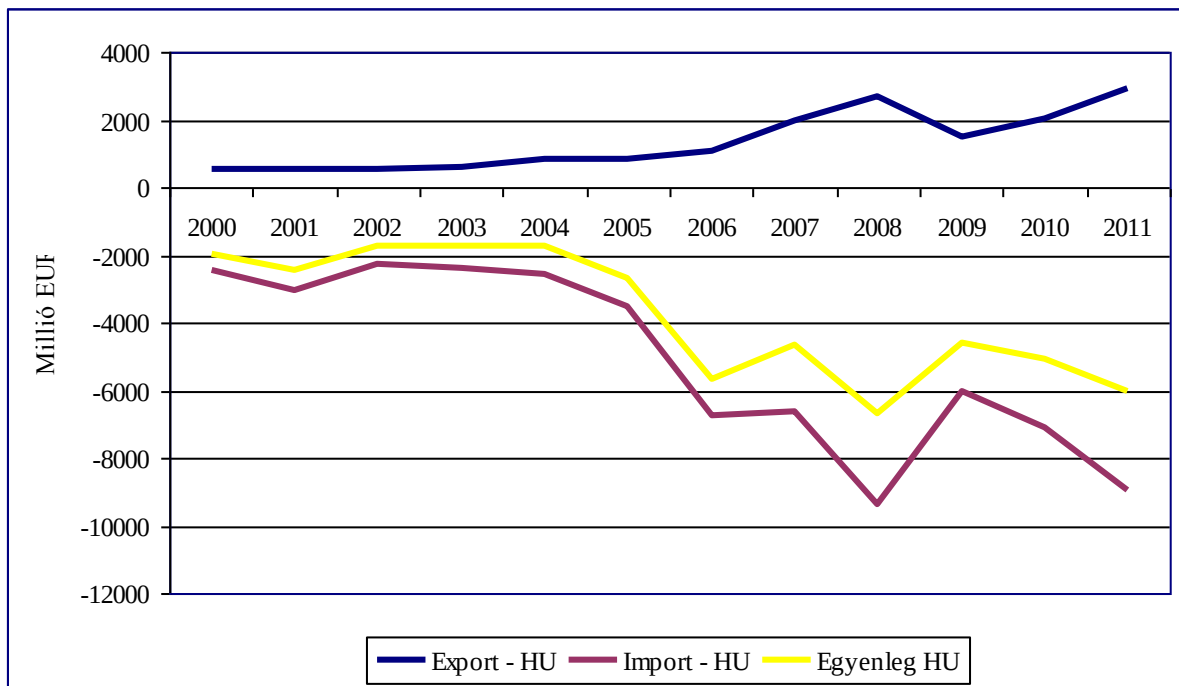
A megújuló energiák térnyerésének ellenére a pénzügyi-gazdasági válság hatására az energiafüggőség folyamatosan növekszik, az EU energiafüggése jelentős. A fosszilis energiától való függés csökkentése mind gazdasági, mind pedig környezetvédelmi szempontból elengedhetetlen. Az EU tüzelőanyagok, kenőanyagok és üzemanyag alapanyag exportját, importját és kereskedelmi egyenlegét elemezve kiderül, hogy míg az euróban kifejezett export mennyiség értéke 2000-2011 között alig emelkedett, addig a behozatal csaknem háromszorosára nőtt, így az EU kereskedelmi egyenlege a tüzelőanyagok és az üzemanyag alapanyagok tekintetében 2000. évi adathoz képest jelentősen romlott (8. ábra).



Forrás: EUROSTAT alapján saját összeállítás, 2013

8. ábra Az EU27 tagállamok tüzelőanyag, kenőanyag és üzemanyag alapanyag kereskedelme (2000-2011)

Az EU27 szintjén tapasztalt tendencia figyelhető meg Magyarországon is, ahol a vizsgált időszakban az import mértéke még drasztikusabban emelkedett, volumenében ötszörösére növekedve (9. ábra).



Forrás: EUROSTAT alapján saját összeállítás, 2013

9. ábra Magyarország tüzelőanyag, kenőanyag és üzemanyag alapanyag kereskedelme (2000-2011)

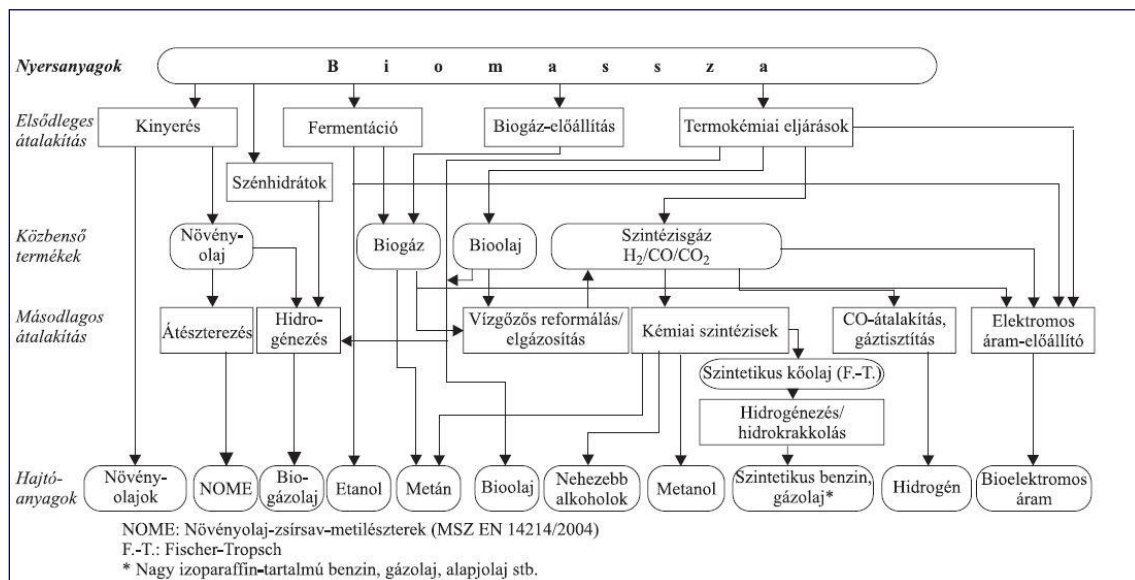
A biomasszából előállított első generációs bioetanol és biodízel vagy a biogáz, mint alternatív hajtóanyagok közvetlenül képesek helyettesíteni a közlekedésben felhasznált fosszilis tüzelőanyagokat. A bioetanol és biodízel kötelező felhasználása, bekeverése az EU-ban segített a fosszilis üzemanyag helyettesítésében, mivel egy meghatározott százalékig (bioetanol esetében 10, biodízelnél 7 százalékig) a fosszilis üzemanyaghoz keverhetők a motor károsítása nélkül. A

biometán, mint bioüzemanyag egyszerűen integrálható a sűrített földgáz (Compressed Natural Gas, CNG) már meglévő energiaellátó és -elosztó rendszereibe, így leküzdhető a biometán elterjesztése előtt álló infrastrukturális hátrány. A közlekedésben használatos megújuló energiák használatának elősegítésére az EU politikai és jogszabályi keretet határozott meg. Ennek értelmében a megújuló forrásokból származó energia támogatásáról szóló irányelv (Renewable Energy Directive, RED) (2009/28 EK) konkrét intézkedéseket fogalmaz meg a bioüzemanyagok előállítására és felhasználására vonatkozóan, továbbá kötelező célértéket rögzít a közlekedésben felhasznált megújuló energiaforrások részarányát illetően (SOMOGYI, 2012).

2.2.1 Élelmiszer alapanyag vs. hulladék alapú biomassa

Első generációs üzemanyagnak tekinthető a biomasszából nyerhető bioüzemanyag, amely folyékony vagy gáz halmazállapotú, és amely gépjármű-hajtóanyagként hasznosítható (10. ábra). A helyettesített üzemanyag fajtája szerint megkülönböztetünk:

- bioetanolt, amely benzin-helyettesítőként alkalmazható 100%-ban vagy benzinhez keverve, továbbá izobutillennel történő reakció során ETBE-ként (etil-tercier-butil-éter), 10%-ban oktánszámnövelőként MTBE (metil-tercier-butil-éter) helyett. Napjaink bioalkohol előállításának alapanyagait nem csupán a keményítő (kukorica, burgonya, búza) és a cukor tartalmú (cukorrépa, cukornád) mezőgazdasági termékek jelentik. A fejlettebb, második generációs bioetanol esetén számításba jöhet a magas cellulóztartalmú (szalma, fa, nád, energiafű) biomassa is.
- biodízelt, amely gázolaj helyettesítőként alkalmazható, nagy olajtartalmú növényi (elsősorban repce, szója, pálma, napraforgó) részek feldolgozásával nyert növényi olaj, amelyből észterezés útján a gázolajhoz hasonló kémiai tulajdonsággal rendelkező anyagot lehet előállítani,
- biogázt, amely szerves anyagok mikrobák által anaerob körülmények között történő lebontása során képződő gázelegy, amely villamosenergia-termelésre valamint tisztítása és kompressziója után üzemanyagként hasznosítható.

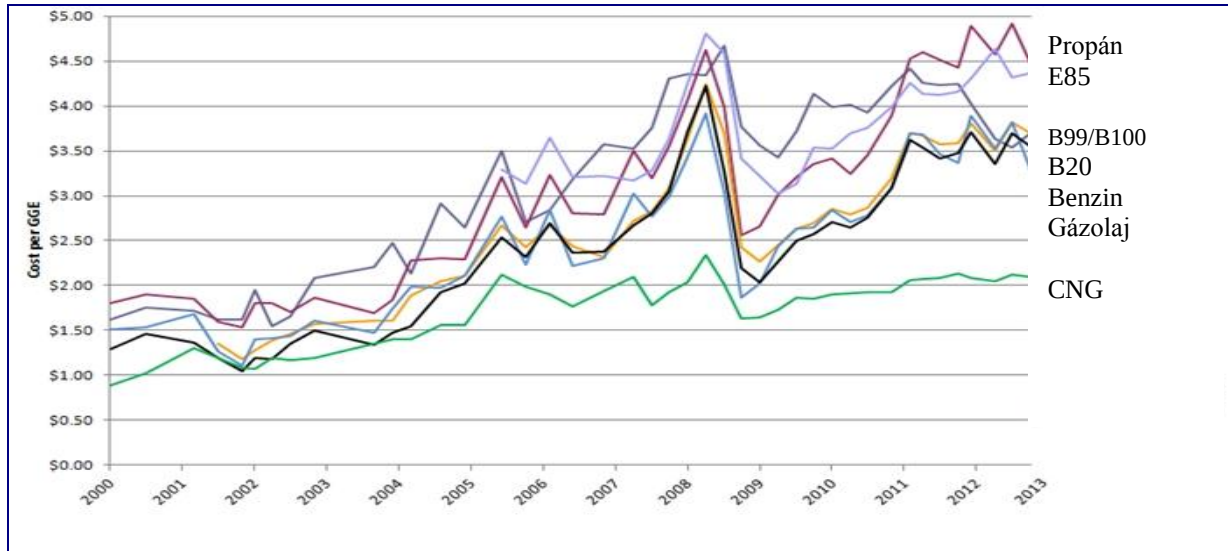


Forrás: HANCSÓK et al., 2006.

10. ábra Motorhajtóanyagok előállítási lehetőségei biomasszából

„A világ dilemmája az élelmiszer célú nyersanyagokért folytatott verseny az élelmiszer-, a takarmány-, bioüzemanyag és környezetipar között. A világ népességének növekedésével párhuzamosan nő a takarmány, illetve a hús iránti globális kereslet is” (POPP-SOMOGYI-BÍRÓ, 2010). Mivel az első generációs bioetanol és biodízel nyersanyaga élelmiszer-alapanyag, így a

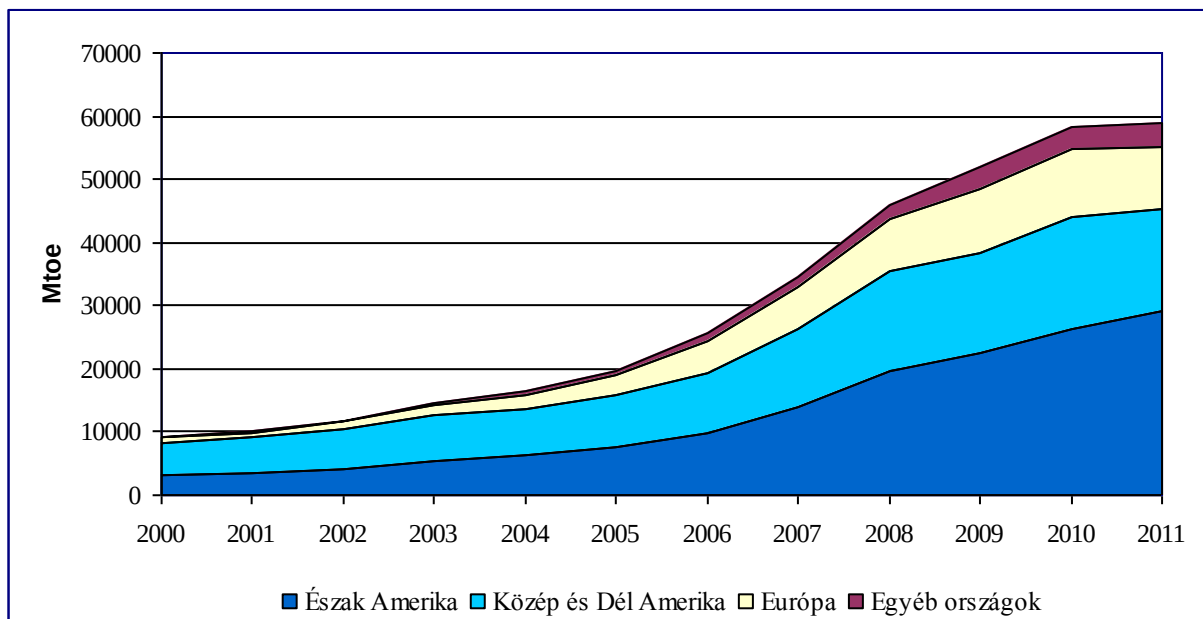
mezőgazdasági termékek árának alakulása parallel módon befolyásolja az első generációs hajtóanyagok árát is. Ezzel párhuzamosan leszögezhető az a tény is, hogy a bioetanol és a biodízel piaci ára követi a nyersolajból előállított fosszilis üzemanyag költségét, sőt drágábbak fosszilis megfelelőjüknél. Ugyanakkor a CNG ára jóval a benzin és gázolaj ára alatt marad (11. ábra). Ebből következően kijelenthető, hogy a hulladék alapú biometán hajtóanyag ára is versenyképes lehet a fosszilis hajtóanyagokkal szemben.



Forrás: AFDC ENERGY, 2012

**11. ábra Üzemanyag átlagár alakulásának trendje és korrelációja az USA-ban
(a gallon benzin-egyenértéken számolva)**

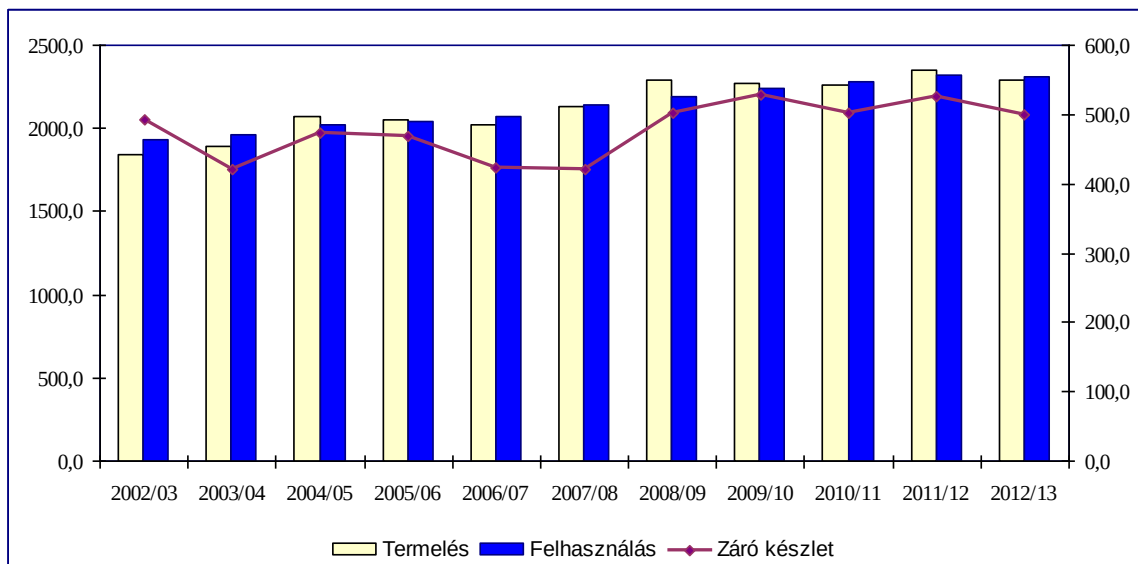
A bioüzemanyag előállítás stagnálását lehetett tapasztalni 2011-ben. 2010-2011. között világszerte csak 0,7 százalékkal emelkedett az előállított bioüzemanyag mennyisége. Ez a jelenség 2000 óta először fordult elő, hiszen 2000-2010 között a gyártott mennyiség évről évre dinamikusan, összesen mintegy 600%-kal emelkedett (BRITISH PETROL, 2012) (12. ábra).



Forrás: BRITISH PETROL, 2012

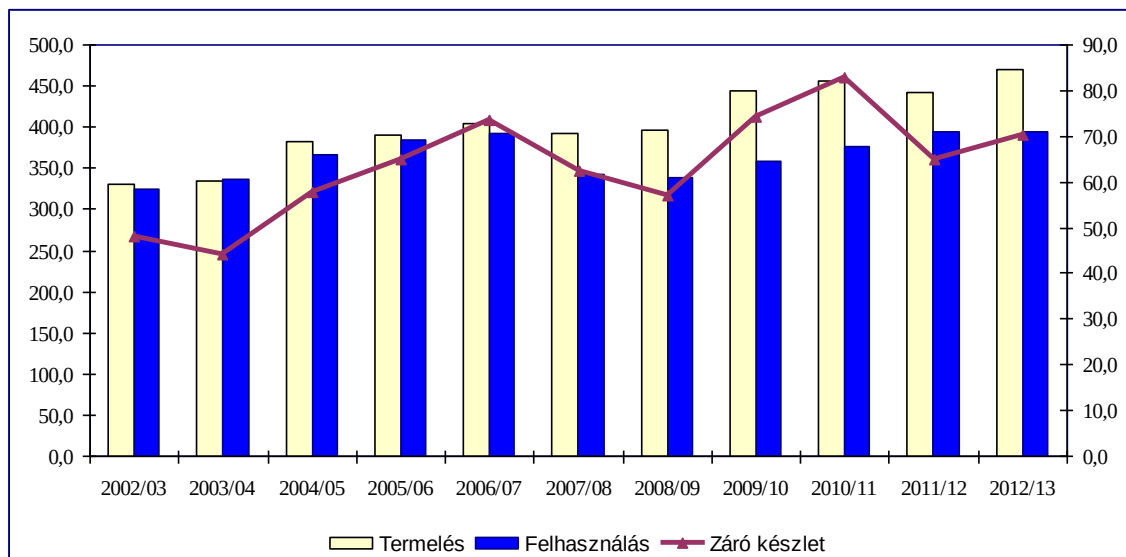
12. ábra A világ bioüzemanyag előállítása és területi eloszlása 2000-2011 között (Mtoe)

Az első generációs, gabona-alapú bioüzemanyag (etanol és biodízel) fokozatos térnyerése nagy kihívás elé állítja a világ gabona- és olajnövény, valamint növényolaj kereskedelmét. A világ bioüzemanyag előállításához felhasznált termények aránya az összes gabona- és olajnövény termeléshez viszonyítva relatíve alacsony (6-11%), ráadásul megfelelő készletekkel rendelkeznek a világ exportőrei (13. és 14. ábra). Ugyanakkor az intenzív népességnövekedéssel (2011-ben a Föld lakossága meghaladta a 7 milliárd főt) és a változó étrenddel párhuzamosan emelkedik az élelmiszerfogyasztás, ami leginkább befolyásolja a kereslet-kínálat alakulását, így az élelmiszerek árát. Az élelmiszerár-emelkedés viszont visszahat az alapanyag árára, ami az árspirál kialakulásához vezethet.



Forrás: FAO, 2012

13. ábra A világ gabonapiacának alakulása (millió tonna)



Forrás: USDA, 2013

14. ábra A világ olajnövény piacának alakulása (millió tonna)

Mivel a cellulóz alapú bioetanol vagy a fejlett biodízelgyártás még nem rendelkezik kiforrott technológiával, az elkövetkezendő 10 évben a hagyományos technológiával, mezőgazdasági alapanyagokból előállított első generációs bioetanol és biodízel fogja uralni a közlekedésben felhasznált megújuló energiát. Ugyanakkor érdemes rámutatni, és kiemelni az első generációs

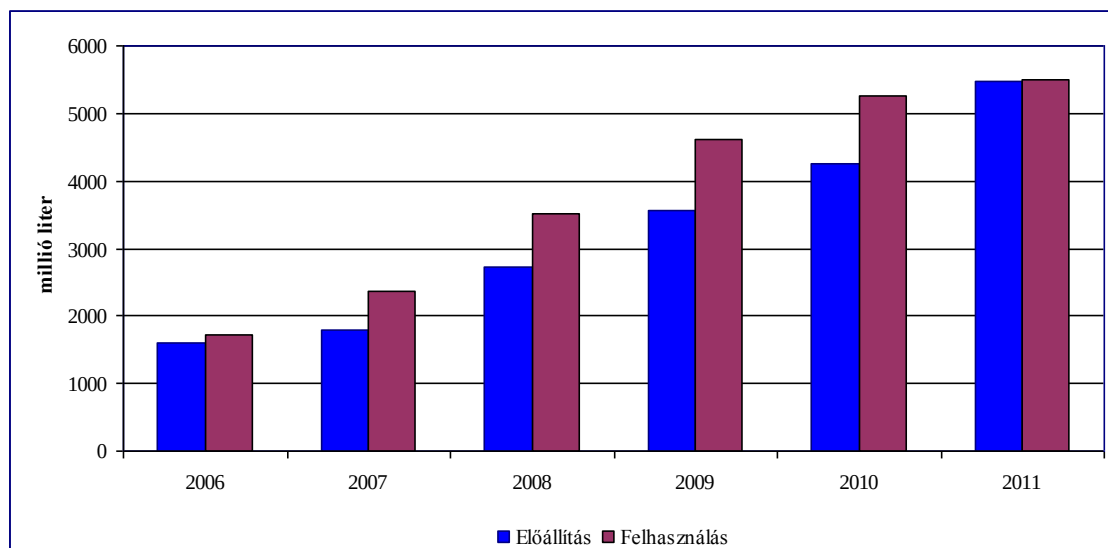
bioetanol és biodízel gyenge pontjaira, amelyek kérdéssé teszik gazdaságosságukat, környezetvédelmi szerepüket, és negatív hatást gyakorolnak egyéb ágazatokra.

2.2.1.1 Az első generációs bioetanol vs. élelmezés, takarmányozás

Az etanol (más néven etil-alkohol) a benzinhoz hasonló szénhidrogén vegyület. Kémiai úton etilénből, biológiailag nagy cukor-, keményítő- és cellulóztartalmú növényekből állítható elő. Az üzemanyag célú etanol (bioetanol) előállításának alapanyagai a magyarországi éghajlati viszonyok között elsősorban a kukorica és a búza, másodsorban a gyökér- és gumós növények (pl. a cukorrépa vagy a burgonya) lehetnek (POPP-POTORI szerk., 2011).

2012-ben a globális gabonatermelés 2 286 millió tonna volt (FAO, 2013). Világviszonylatban valamivel több, mint 10%-át használták fel etanol előállításra, amelyből 85%-ot a biohajtóanyagként alkalmazott bioetanol tesz ki (az egészre vetítve 9%), a fennmaradó részből szeszesital és ipari alkohol készül. Ha figyelembe vesszük a melléktermékek takarmánycélú hasznosítását, elmondható, hogy az etanolipar nettó gabona-felhasználása a globális termelés 5-6%-át jelenti (F.O. LICHT, 2013).

2012-ben előállított 86 milliárd liter üzemanyag célú etanol a világ benzinfogyasztásának 3 százalékát jelenti (térfogat-egyenértékben) (F.O. LICHT, 2013). Ezzel szemben érdekességgépen megjegyzendő, hogy ugyanebben az évben USA benzinpiacából a bioetanol 10,56%-os részesedéssel bírt (USDA, 2013). Az üzemanyag célú etanolgyártás alapanyagának közel 60%-át a kukorica teszi ki. Az üzemanyag célú bioetanol legnagyobb előállítója az USA (51 milliárd liter) és Brazília (21 milliárd liter) a globális termelés több mint 80 %-át képviseli. Észak-Amerikában kukoricából és búzából, míg Dél-Amerikában cukornádból nyerik az etanolt. 2012-ben a 4,3 milliárd liter (F.O. LICHT, 2013) első generációs bioetanol Európában elsősorban gabonából (búzából és kukoricából), valamint cukorrépából állították elő. A 2020-as uniós célérték elérése érdekében tett tagállami erőfeszítéseknek köszönhetően 2007-től folyamatos termelésnövekedés volt tapasztalható (15. ábra). A világ negyedik legnagyobb termelője Kína 2,1 milliárd liter etanol előállításával, majd Kanada, Ausztrália, India és Thaiföld bioetanol előállítása is említésre méltó (F.O. LICHT, 2013). Magyarországon első generációs bioetanol két üzem (Hungrana és Pannónia Ethanol) gyárt.



Forrás: F.O. LICHT, 2013

15. ábra A bioetanol előállítás mennyiségének alakulása az Európai Unióban

A második generációs bioetanol gyártása kísérleti stádiumban van, kereskedelmi forgalomba hozatalára várni kell. Világszerte csupán néhány üzemben alkalmazzák ezeket, ezért az így előállított üzemanyagok – mai ismereteink szerint – várhatóan csak töredékét lesznek képesek

fedezni a 2020-ban szükséges bioüzemanyag-mennyiségnek, ami önköltségük és fajlagosan nagy beruházási költségeinek tudható be (BAI, 2011). Ezért a kutatásomat, így összehasonlító vizsgálataimat az első generációs bioetanolokra alapozom. Az első generációs bioüzemanyag-előállítás befolyásolhatja az élelmiszerárakat. Az élelmiszerárak számos tényező együttes hatásaként 2008-ra kiugróan magasak voltak, majd a 2008-ban kirobbant pénzügyi és gazdasági válság hatására visszaestek ugyan, de 2011-re rekordszintet értek el (16. ábra).



Forrás: FAO, 2012

16. ábra Élelmiszer ár-index trendje

Az alapanyag árának emelkedése Európában is tapasztalható, mivel az EURÓPA 2020 stratégia mentén a bioetanol bekeverés kötelező érvényű a tagországokra nézve. A bekeverési kötelezettség magával hozta a folyamatosan növekvő nyersanyag igényt, így az alapanyag árának növekedését is. Az európai nyersanyag árának emelkedése miatt ugrásszerűen nőtt az EU USA-ból és Brazíliából származó bioetanol importja, mely 2009-ben még csak 102 millió liter volt, de 2011-ben már 1,1 milliárd litert tett ki (MBSZ, 2013). Az import jelentős bővülése az európai fejlődési trend gátját jelentette. Ezért az EU a „felhasználók és a termelők védelme érdekében a dömpingszerűen érkező etanol visszaszorítását tűzte ki célul” (MBSZ, 20113). Mivel az Európa Tanács 2013 márciusában hozott rendelete az elkövetkezendő 5 évben az import bioetanol mennyiség után 62,9 euró/tonna vám megfizetésére kötelezi az importőröket, várhatóan csökkeni fog az olcsóbb, importból származó bioetanol bekeverése, így tovább fejlődhet az európai etanolipar, ami a nyersanyagárak további emelkedését hozhatja magával.

Az első generációs bioetanol terjedése önmagában nem lenne ekkora hatással az árak növekedésére, mert számos környezeti feltétel és gazdasági tényező együttállása befolyásolja azokat:

- az élelmiszerárak változhatnak az alapanyag termelőnek nyújtott támogatások,
- valamint a kereslet-kínálat változása miatt is,
- ROSSET in GYULAI (2009) szerint „a korábbi, három évtized neoliberális gazdaságpolitikája, a privatizáció, és a szabadpiaci megállapodások kumulatív hatásai állnak az árak emelkedése mögött. Az egyes nemzetek élelmiszer-önellátása szinte mindenhol felbomlott, helyét a növekvő agrárexport vette át, amelyet óriási állami támogatások kísérték az adófizetők pénzéből”.

GYULAI (2009) szerint, ha az összes cukor-, keményítő- és olajtartalmú mezőgazdasági alapanyagot bioüzemanyaggá alakítanánk át, úgy az összes felhasznált fosszilis üzemanyag alig több, mint 10%-át helyettesíthetnénk. Az első generációs bioetanol alapanyaggal kapcsolatos összefüggései alapján levonhatjuk azt a következtetést, hogy **az alapanyag árát befolyásolja**

ugyan a bioetanol terjedése, de a kiugróan magas élelmiszerárakért nem a bioetanol ágazat felelős. Viszont a **bioetanol mindenkori árát** az alapanyagár mellett **elsősorban a primer energiaárak határozzák meg**, mivel korrelál a benzin árának változásával.

A bioetanol előállítása során keletkezett melléktermékek hasznosítása takarmánybiztonsági szempontból lehet kérdéses. Ezért a bioetanol előállításának élelmezésbiztonságra vonatkozó kockázati tényezői közé kell sorolni az alkohol előállításból visszamaradó melléktermékeket is.

Az alkohol előállítása három módon történhet:

- cukor kivonásával és fermentációval,
- keményítő hidrolízisével és fermentációval,
- cellulóz hidrolízisével és fermentációval.

Jelenleg a keményítő hidrolízisén és fermentációján alapuló eljárást alkalmazzák a legszélesebb körben. Ezen belül 2 különböző technológia létezik (SIPOS-SOMOGYI, 2009).

- A száraz őrléses bioetanolgyártás során minden 100 kg kukoricából 30-32 kg etanol, 30 kg CO₂ és 29 kg DDGS (szárított gabonamoslék vagy gabonatörköly) keletkezik. A DDGS fehérjében, energiában, ásványi anyagban és vitaminban gazdag, hasznosítható szarvasmarha (különösen a húsmarha) takarmányozásban főképp a tenyészállatok kondíciójának feljavítása céljából, másrészt a vágóállatok feljavítására aszályos években, illetve mérsékelten, a sertéstakarmányozásban, ott pedig a növendék és részben a tenyészok takarmányozásában.
- A nedves őrléses eljárással gyártott bioetanol melléktermékei a DDGS-nél értékesebb, piacképes takarmány- és élelmiszer-alapanyagok. Ezzel a technológiával 100 kg kukoricából 29 kg etanol, 20 kg glutén, 5 kg kukoricahéj, 3 kg kukoricacsíra nyerhető.
 - A kukoricacsírából kukoricacsíra olaj állítható elő, ami magas vitamintartalmú, értékes növényi olaj.
 - A glutén magas fehérjetartalmú takarmány-alapanyag,
 - A harmadik melléktermékként keletkező kukoricahéjat a hobbiállat eledelt gyártók vásárolják.

Az alkalmazott technológiákat elemezve megállapítható, hogy a hasznosítható melléktermékek mennyisége összesen meghaladja az előállított bioetanol mennyiségét. Ezért különösen fontos e melléktermékek felhasználási problémakörének megoldása. Ezért az élelmezés-biztonsági kérdéskör vizsgálatakor ki kell térnünk a takarmányozás biztonságára is. A bioetanol-előállítás technológiája során jelentős – a képződött etanol mennyiségét meghaladó – mennyiségű, nagy fehérjetartalmú, biomassza eredetű melléktermék keletkezik, amelynek elhelyezése, újrahasznosítása mind környezeti, mind gazdasági szempontból fontos kérdés. Az energetikai célú felhasználás mellett e melléktermékeknek nemcsak az import takarmányok kiváltásában lehet szerepük, hanem – az állati eredetű takarmányokkal szemben – garantálhatják a kérődzőállomány betegség mentességét is (SIPOS et al., 2007).

A bioetanol gyártás során keletkezett melléktermékek további felhasználásának problémái elsősorban az állati takarmányozásban rejlenek, hiszen ezeknek a melléktermékeknek változó a táplálóanyag és nyersrost tartalma. A takarmánybiztonsági kérdések jelentősen képesek befolyásolni a humán egészségügyi kérdéseket is. Ezért fontos a melléktermékekből származó takarmány élelmiszerbiztonsági kérdéskörének vizsgálata is, mivel a bioetanol gyártásakor a gyártók nem elemzik az alapanyag fertőzöttségét. Ugyanakkor a különböző toxinokkal fertőzött gabonából sok esetben állítanak elő bioetanol, aminek eredményeképpen a képződött szennyezett melléktermék gyakran takarmányozási célokat szolgál. Ennek egy példája, hogy Magyarországon a tavalyi szárazság miatt a betakarított kukoricatermés penészesebb lett, a gombával szennyezett takarmány állati feletetése 2013 februárjában és márciusában a takarmánykukorica és nyerstej aflatoxin-szennyezettségét okozta, ami jelentős humán-egészségügyi kockázati tényező.

Ugyanígy nem vizsgálják a növénytermesztésben használt műtrágyák és növényvédőszer, valamint a bioetanol gyártási technológiájában felhasznált vegyszerek melléktermékekben feldúsuló koncentrációját. Fentiek okán, a takarmányozási célú felhasználás előtt, mind környezetbiztonsági, mind humán-egészségügyi okokból feltétlenül indokolt a keletkezett melléktermékek ökotoxikológiai és toxikológiai vizsgálata, továbbá mikroszennyezők analízise és nem utolsósorban mikrobiális vizsgálata, melyek eredményeképpen megerősíthető, illetve elvethető a közvetlen takarmányozási célú felhasználás (SIPOS et al, 2007).

Mind a közvetlen takarmányozási célú felhasználás esetén (pl. rostmaradványok feltárása), mind abban az esetben, ha a melléktermékeknek valamilyen előkezelésen kell átesniük, az egyik leggazdaságosabb és leginkább környezetbarát megoldás a magas hőmérsékletű komposztálás lehet, amely értelemszerűen drágítja a melléktermékek előállításának költségeit. Bár kétségtelenül a magas hőmérsékletű komposztálás során egyrészt elpusztulhatnak az esetlegesen jelenlévő patogén és fakultatív patogén mikroszervezetek, másrészt lebontásra kerülhetnek a szerves mikroszennyezők. További költségnövekedést idézhet elő, ha a komposztálás folyamatát gyorsítani és intenzifikálni akarjuk különböző termofil mikroszervezetek hozzáadásával, amelyek mind a rostmaradványok, mind az esetleges szerves mikroszennyezők degradálására képesek. Amennyiben a komposztálás folyamata teljes, a bioetanol előállítás során keletkezett nagy szerves anyag tartalmú melléktermékből jó minőségű talajtermékenységet növelő adalékanyag állítható elő, amely akár értékesíthető, akár visszajuttatható az alapanyag termesztésbe. Ezen termék előállítása során a komposztált melléktermék beoltható nitrogénkötő és egyéb baktérium kultúrákkal, amelyek jelentősen csökkenthetik a talajerő más, kevésbé környezetbarát módon történő pótlását, azaz a műtrágyázást (SIPOS et al, 2007).

Az első generációs bioetanolnak nem csak élelmezés-, környezet-, és takarmánybiztonsági kockázati elemei vannak. Megkérdőjelezhető a bioüzemanyag gazdaságossága is. Ebből kifolyólag az újabb generációs bioüzemanyagok kutatását nem csak a kőolajfüggőség, hanem az élelmiszer- és bioüzemanyag ipar árversenye is kikényszeríti (SOMOGYI, 2012). A cél az élelmiszercélú alapanyagok felhasználása helyett modernebb, második vagy harmadik generációs bioüzemanyag fejlesztése, vagy egyéb, hulladékból vagy energianövényi alapanyagból származó biomassza termékek kereskedelmi szintű előállítása. Erre vonatkozó kísérletek már folynak Európában, összesen hat kiskapacitású demonstrációs üzem létesült 2011-ig (4. táblázat). A kísérleti üzemek közül néhány a cellulóz alapú bioetanol fejlesztésével foglalkozik, mások modern termokémiai eljárást használnak.

4. táblázat

Második generációs bioüzemanyagot előállító cégek az EU-ban

Ország (vállalat)	Bio- üzemanyag típusa	A hagyományos alapanyag mellett- második generációs alapanyag	Összes kapacitás (millió l/év)
Svédország (Chemrec)	bio-dimetil-éter	szulfid szennylég, cellulóz-előállítás hulladéka	2
Finnország (Neste Oil, Ensol)	Cseppfolyós biomassza (BtL)	erdészeti hulladék	na.
Németország (Choren, VW, Daimler)	Cseppfolyós biomassza (BtL)	gyorsan növő fafajok	18
Svédország (Sekab)	Etanol	erdészeti hulladék	0,12
Spanyolország (Abengoa)	Etanol, Biodizel	szalma	5, 10
Dánia (Inbicon)	Etanol	szalma	5

Forrás: POPP-POTORI szerk, 2011, SOMOGYI, 2012

Ugyanakkor, ha az első generációs, gabonaalapú üzemanyagokat felváltja a nem élelmezési célú alapanyagból készült üzemanyag, ennek hatását elsősorban a gabona, az olajosmagvak és cukor árán lehet lemérni (BAI, 2010). A bioetanol, mint hajtóanyag kapcsán megfogalmazott pro és kontra érvek figyelembe vételével osztom POPP-SOMOGYI (2007) véleményét, miszerint

„Tényként fogadhatjuk el azt is, hogy a fosszilis üzemanyag 5%-nál nagyobb arányú helyettesítésére szolgáló bioüzemanyag-gyártáshoz, valamint a szükséges élelmiszer-, takarmány-előállításához ma nincs elegendő nyersanyag a világon, mert az élelmiszernövények ilyen arányú bioüzemanyag célú felhasználása már akkora területet vonna el az élelmiszer-, takarmány- és rostnövények termelése elől, ami veszélyeztetné a globális élelmezés-biztonságot”.

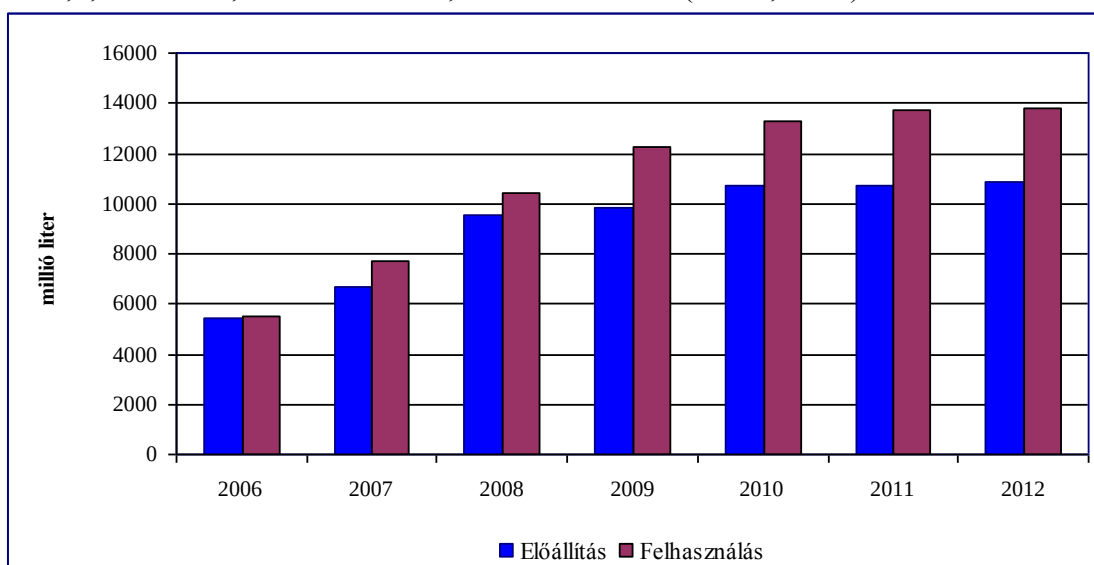
2.2.1.2 Az első generációs biodízel vs. élelmezés- és környezetbiztonság

A biodízel nagy olajtartalmú növényi részek feldolgozásával nyert, a gázolajhoz hasonló hajtóanyag. Több, a dízelmotor növényi olajokkal történő üzemeltetési kísérlete bebizonyította, hogy a biodízel és a hagyományos gázolaj fizikai tulajdonságai nagyon hasonlóak. 2010-ben a világ biodízel termelése az összes biohajtóanyag előállításának 27%-át és a világ dízelfogyasztásának 1%-át tette ki térfogat egyenértékben számolva (BRITISH PETROL, 2012).

A biodízel alkalmazása történhet a nehéz mezőgazdasági gépek meghajtásánál tiszta formában, illetve a maximum 20%-ig hagyományos fosszilis gázolajba történő keveréssel, amelyhez még nem szükséges a motor átalakítása. Európában a B7 (7% biodízel és 93% gázolaj) az elfogadott szabvány, bár a kötelező bekeverésnél ezt az arányt kevés európai tagállam tartja. 2012 elején Ausztria, Belgium, Franciaország, Hollandia, Németország, Spanyolország, Svédország és az Egyesült Királyság alkalmazta a B7 üzemanyag bekeverését.

Az első generációs biodízel előállításához elvben bármely növényi olaj (napraforgó, repce, szója stb.) alkalmas, a biodízel-iparág nyersanyagforrása Európában a repceolaj, a pálmaolaj és kisebb mennyiségben a napraforgóolaj, az USA-ban a szója- és a napraforgóolaj, Kanadában a repceolaj, Indonéziában és Malajziában a pálmaolaj. A növényi olajokat dízelmotorok működtetésére csak tisztított, gyantamentes állapotban lehet használni. A hagyományos finomítással kapott biodízel ("zöld dízel") mellett metanollal észtereszített változatát (repceolaj esetében: RME, szójaolajnál: SME) is előállítják.

2012-ben a világ legnagyobb biodízel előállítója és felhasználója az EU volt, amely a globális biodízel termelés (18 millió tonna) több mint 40%-át, 7,9 millió tonnát tett ki. Legnagyobb biodízel előállítói Németország, Franciaország és Olaszország (EUROSTAT, 2013). Kiemelendő, hogy míg az EU biodízelgyártása csökken, növekszik az unió biodízel importja. Az EU27-ben előállított és felhasznált biodízel mennyiségét mutatja a 17. ábra. Második helyen szerepelt az USA 2,9, Argentína 2,4, Brazília 2,2 és Indonézia 1,2 millió tonnával (POPP, 2013).

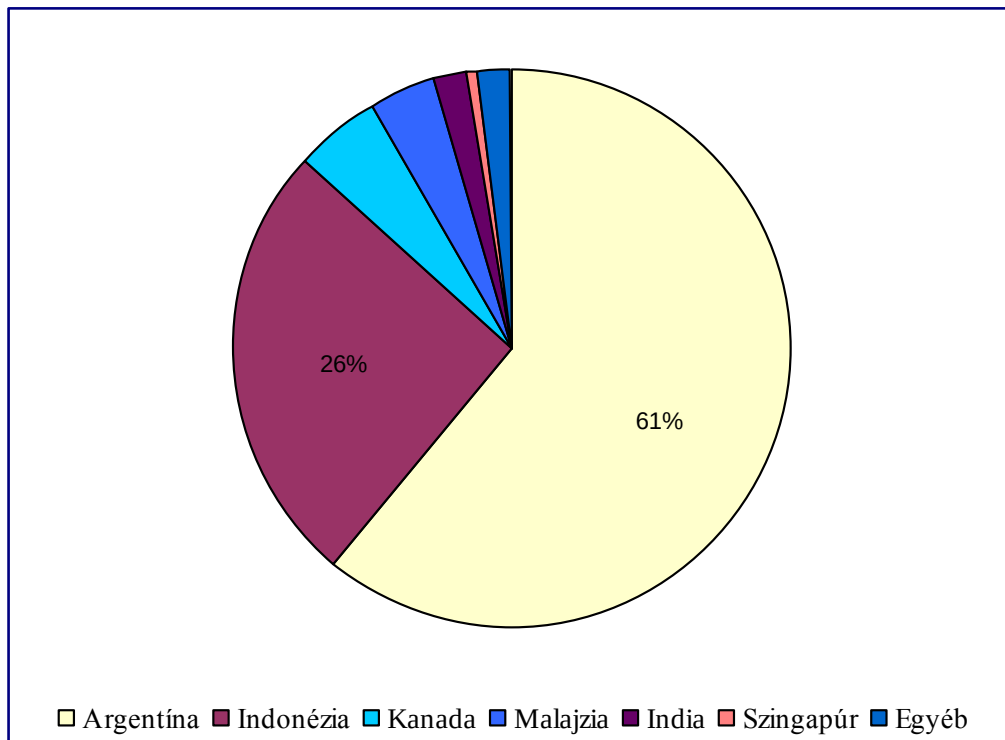


Forrás: EUROSTAT, 2013

17. ábra A biodízel előállítás és felhasználás mennyiségének alakulása az Európai Unióban

POPP (2013) cikkében rámutat, hogy az EU biodízelgyártás alapanyagigénye mintegy 17 millió tonna növényolaj, amely meghaladja az évente előállított növényolaj 12-13 millió tonna közötti mennyiségét növényolaj –egyenértékben kifejezve. Az EU-ban 2012-ben előállított 5,4 millió tonna repceolaj (EU-27 teljes repceolaj felhasználásának 60%-át meghaladja) és az 1,4 millió tonna pálmaolaj nem elégítette ki a biodízelgyártás alapanyag szükségletét, ezért mintegy 4-5 millió tonna növényolaj vagy ezzel egyenértékű olajosmag importja szükséges.

Az importra vonatkozó mennyiségi és származási ország szerinti EUROSTAT adatok csak 2010-ből állnak rendelkezésre, azonban ez jól mutatja a legfőbb importőröket. A behozott 1,9 millió tonna biodízel 61%-a Argentínából, 26%-a Indonéziából származott (18. ábra). Ennek alapján nyilvánvaló, hogy az EU növekvő biodízel kereslete már jelenleg sem, de hosszú távon egyáltalán nem elégíthető ki az itt termesztett olajnövényből. Az import pálmaolaj volumene fokozatosan emelkedik. A szója- és a pálmaolajból előállított és a repceolajból gyártott biodízelbe keverésének 25%-os aránya rendkívül fontos, mivel a pálma- és szójaolajnak magasabb a dermedéspontja.



Forrás: EUROSTAT, 2012

18. ábra Az EU biodízel importja származási ország szerint 2010-ben

Anomáliaként fogalmazható meg az a jelenség, hogy míg az EU biodízel előállítása mennyiségileg csökken, addig az összes biodízelgyártó kapacitása évről évre növekszik. 2010-ben az összes biodízelgyártó kapacitása 21,9 millió tonna, 2011-ben a 254 üzem már 22,117 millió tonna kapacitást jelentett. 2012-ben az EU biodízelgyártó kapacitása tovább növekedett 23,538 millió tonnára (EBB, 2013). Annak ellenére, hogy a gyártó kapacitás kiépült, az előállított biodízel mennyisége az elmúlt 3 évben stagnált, illetve csökkent. Ennek az a magyarázata, hogy az aktuális gazdasági és politikai helyzetben, számos üzem már 2010-ben sem üzemelt. Következésképpen a 2011-12-re kiépített 23 millió tonnás kapacitás nagy részét úgy kell tekinteni, mint inaktív biodízelgyártó kapacitás. Ezen adatoktól függetlenül általánosságban is elmondható, hogy az EU biodízelgyártó kapacitásának kihasználtsága igen alacsony, megközelítőleg 44%, aminek elsődleges oka a viszonylag alacsony biodízel-felhasználás (EBB, 2012). Ahhoz, hogy az EU tagállamai teljesítsék az EURÓPA 2020 stratégiában előírt vállalásaikat, összességében mintegy 24 millió tonna biodízelt kell közösségi szinten felhasználni, amihez a gyártó kapacitás elviekben rendelkezésre áll. Ehhez az EU biodízel-termelését 18,5 millió tonnára kell emelni, a fennmaradó

mintegy 6 millió tonna növényolaj vagy biodízel importból fog származni, ami jelentős környezetbiztonsági kockázatot jelent.

Hazánk agroökológiai adottságai alapján a legfontosabb termesztett első generációs biodízel alapanyag a repce és a napraforgó lehet, amelyekből biodízel állítható elő. E növényeknek a magja 45-50% olajat tartalmaz, melynek 85-90%-a nyerhető ki, a többi a préselés után az olajpogácsában marad vissza.

A biodízel előállításának gazdaságossága nagyban függ a megfelelő technológiai lépésektől. A növénytermesztésben előállított olajmag tárolása az első technológiai lépés, mely a folyamatos alapanyag ellátás miatt szükséges. Hiányában csökken a feldolgozó kihasználtsága, nő a fajlagos állandó költség és emelkedik a végtermék ára. A biodízel előállítása során a meleg sajtolást alkalmazzák, amely a termés hőmérsékletének 25-30°C-ra történő emelése után, nagy fordulatszám mellett 55-75 °C-os olajhőmérsékleten az olaj kinyerhető (HANC SÓK et al., 2006). A nyersolajból szűréssel és észterezéssel biodízel állítható elő. A **biodízelyártás folyamata jelentős** általában fosszilis **primer energiát igényel**, amely rontja a nettó energiamérleget és az ÜHG-kibocsátás megtakarítást. JOBBÁGY (2013) szerint a biodízel energiamérlege 3,5 körül alakul, azonban jelentős szórást mutat alapanyagonkénti bontás szerint vizsgálva. Ebből következően a bioetanolhoz hasonlóan az **első generációs biodízel elsősorban a primer energiahordozók árától**, nem pedig a nyersanyag árától **függ**. Előállításának gazdaságossága és energiamérlege nagyban függ a keletkezett melléktermékek értékesítési lehetőségeitől. A biodízel előállítás során három melléktermék keletkezik, melyek mindegyike hasznosítható, javítva ezzel a biodízel előállítás energiamérlegét és gazdaságosságát. Az első melléktermék a repceszalma, melyet tüzelőanyagként lehet hasznosítani. A második a repcemag dara, mely az állati takarmányozásban használható. A takarmányként hasznosítandó melléktermékek külön élelmiszerbiztonsági analízist igényelnének, amelyet a gyártók gazdaságilag nem vállalnak fel. Így aztán nem lehet tudni, hogy az esetlegesen fertőzött vagy koncentrált műtrágyamaradványt tartalmazó takarmány-helyettesítő milyen humán-egészségügyi kockázatot hordoz magában. A harmadik melléktermék a glicerín, amely a vegyipar fontos alapanyaga. Ha a keletkező melléktermékek közül a darát, mint takarmányt és a glicerint, mint vegyipari alapanyagot hasznosítani tudjuk, akkor a biodízel előállítás környezeti mérlege is pozitív lehet, hiszen ha a takarmány és a glicerín hagyományos vegyipari előállításakor használt fosszilis energiahordozót megújulóra cseréljük, széndioxid megtakarítást könyvelhetünk el, így a megtakarítás kiegyenlíti az észterezésnél befektetett energiát.

Takarmánybiztonsági szempontból kiemelendő, hogy a takarmánykínálat alakulását, így a takarmány árának változását a gabonafélék és olajnövények bioüzemanyag célú felhasználása mellett a klímaváltozás is befolyásolja, mivel szélsőséges időjárási viszonyok után az árak robbanásszerű növekedése tapasztalható. A legfontosabb fehérjetakarmány, a szója mellett másik fontos fehérjehordozó, a halliszt termelése évről évre csökken. Ez is jelzi, hogy már középtávon is alternatív fehérjetakarmányra és/vagy a DDGS felhasználás maximalizálására lesz szükség (POPP et al., 2010).

Az EU növekvő biodízel alapanyag importjával kapcsolatosan az első generációs bioüzemanyag ellenzői a pálmaolaj növekvő keresletét teszik felelőssé az esőerdők kiirtása miatt. Ezzel kapcsolatosan BAI-JOBBÁGY (2011) cikkében úgy fogalmaz, hogy „*Amennyiben az EU által maximálisan engedélyezett 25 százalék PME-t (pálmaolaj-metilészter) bekevernék a biodízelbe, ez a 2010. évi tényadatok alapján mintegy 500 ezer ha termőterületet igényelne a két fejlődő országban, ami a jelenlegi őserdőknek még mindig csak a 0,5 százalékát tenné ki. A jelenlegi tényleges részarány a repce-helyettesítést is figyelembe véve 0,2 százalék körül alakul*”.

A bioüzemanyagok felhasználása azzal a lehetőséggel kecsegtet, hogy általa az ÜHG csökkentésének köszönhetően mérsékelhető a szén-dioxid-háztartásra nehezedő nyomás, az alapanyag termelése azonban hatással van az élelmezés és a vízellátás biztonságára. Ugyanis egy liter bioüzemanyag előállításához (fajta, alapanyag, helyszín, eljárás függvényében) 1 000-4 000 liter vízre van szükség, a nyersanyag és a bioüzemanyag előállítás során (EB, 2012). A biomassza

átlagos vízlábnyoma mintegy 70-szer akkora, mint a kőolajé. A bioüzemanyagok (pl. etanol) vízlábnyoma eltér az egyes országok és termelési környezetek között.

Az első generációs bioetanollal és biodízzel kapcsolatos összes aggály egy kérdésben foglalható össze: Mennyi bioetanol és biodízel képes helyettesíteni az Európai Unió országaiban felhasznált összes fosszilis üzemanyagot (5. táblázat). 2011-ben az EU közúti közlekedésben felhasznált összes fosszilis üzemanyag fogyasztása 309 715 ezer toe volt (EUROSTAT, 2012). Az EU gépkocsialományának fosszilis hajtóanyag szerinti megoszlása alapján 36% a benzines és 64% a gázolaj meghajtású gépkocsik aránya (ERTRAC, 2010). Ennek megfelelően benzinből 116 578 ezer toe, gázolajból 193 137 ezer toe fogyott.

5. táblázat

Az Európai Unió fosszilis üzemanyag fogyasztás potenciálja és helyettesíthetősége első generációs bioetanollal és biodízzel

Bioetanol alapanyag	Kukoricatermő terület 2011		Összes gabonatermő területen kukorica termesztés		Fosszilis üzemanyag fogyasztás	Bioetanollal kiváltható
	Ezer ha	Ezer toe	Ezer ha	Ezer toe	Ezer toe	%
Kukorica (1,5 toe/ha)	13 000	19 500	55 523	83 284,5	116 578	71,44

Biodízel alapanyag	Repcetermő terület 2011		Összes olajosmag területen repce termesztés		Fosszilis üzemanyag fogyasztás	Biodízzel kiváltható
	Ezer ha	Ezer toe	Ezer ha	Ezer toe	Ezer toe	%
Repce (1,2 toe/ha)	6 700	8 040	11 124	13 348,8	193 137	6,91

	Összes gabona/olajosmag terület		Fosszilis üzemanyag fogyasztás	Bioüzemanyag-gal kiváltható
	Ezer ha	Ezer toe	Ezer toe	%
Bioetanol és biodízel összesen	66 647	96 633,3	309 715	31,20

Forrás: EUROSTAT, USDA-FAS, CEPM alapján Saját összeállítás, 2012

A kukoricából készült bioetanol energiatartalma a statisztikai adatok szerint 1,0-1,5 toe/ha (CEPM, 2012). A repceből készült biodízelé pedig 0,8-1,2 toe/ha (USDA-FAS, 2012). Mindkét alapanyagnál a nagyobb értéket figyelembe véve kalkuláltam az 5. táblázat adatait. A bioetanol gyártáshoz szükséges kukorica területe az EU27-ben 2011-ben 13 millió hektár volt, az energiatartalommal megszorozva mintegy 19 500 ezer toe-t jelent (CEPM, 2012). Ha az összes gabonaterületet, 55 millió hektárt (búza, kukorica és rozs) kukoricával vetnénk be, akkor mintegy 83 284 ezer toe fosszilis benzint lenne képes helyettesíteni. Ez az összes benzinfogyasztásnak mintegy 71%-át jelenti (EUROSTAT, 2012).

A biodízelgyártáshoz felhasznált repce területe 6,7 millió hektár, ami a hektáronkénti 1,2 toe-vel megszorozva mintegy 8 040 ezer tonna olajegyenértéknek felel meg. Ha az EU27 összes olajosmag területét, 11 124 hektárt (repce, napraforgó és szója) csak repccével bevetve mintegy 13 348 ezer toe fosszilis gázolajat lenne képes helyettesíteni. Ez az összes gázolajfogyasztásnak csak elenyésző hányadát, valamivel kevesebb, mint 7%-át teszi ki (EUROSTAT, 2012).

Összefoglalva megállapítható, hogy az EU27-ben a szántóterületen bioüzemanyag alapanyagokat természetesen sem lennének képesek a fosszilis benzin és gázolaj 32%-nál nagyobb mértékű helyettesítésére. Az első generációs bioetanol- és biodízel-előállítás átgondolatlan növelése a mai technológiai szint mellett az olajfüggőség helyett/mellett bioüzemanyag- vagy élelmiszerfüggőséget is előidézhet, jelentős környezeti károkat okozhat, valamint a bioüzemanyagok termelésének fokozása a fentiek szerint veszélyt jelenthet társadalmaink fenntarthatóságára az élelmiszertermelés és takarmánykínálat ellen ható tendenciaként (SZÚCS et al., 2006).

2.2.1.3 A biometán hajtóanyag

A biogázt, mint másodlagos energiahordozót különböző szerves anyagokból lehet előállítani, felhasználása sokoldalú. A biogáz a biomassza anaerob bomlása, azaz biológiai folyamatok eredményeként keletkezik. Biogáz előállítására valamennyi szerves anyag /kivéve a szerves vegyipar termékei/ alkalmas. Ennek értelmében a „biogáz” kifejezés magába foglalja az összes, szerves vegyületek anaerob bomlásából keletkező gázt. Oxigén hiányában különböző baktériumok lebontják a nyersanyagot, hogy így egy másodlagos gáz halmazállapotú energiahordozót alkossanak, amely éghető gáz főleg metánból és széndioxidból áll (6. táblázat). Minél magasabb az alapanyag metán kihozatala, annál értékesebb biogáz állítható elő belőle.

6. táblázat

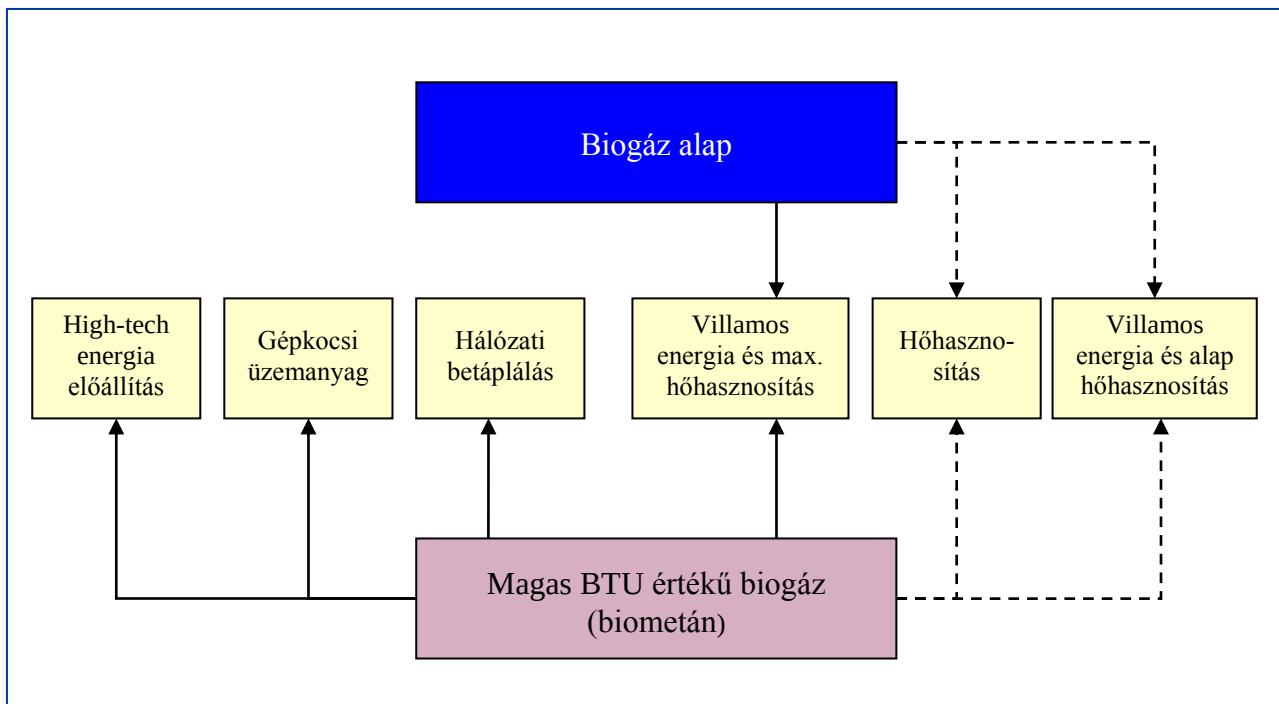
A különböző alapanyagból származó biogáz és a dán/orosz földgáz összetétele

Paraméter	Biogáz	Depónia gáz	Földgáz (Dán)	Földgáz (orosz)
Metán (vol%)	60-70	35-65	89	97,9
Egyéb szénhidrogének (vol%)	0	0	9,4	1,2
Hidrogén (vol%)	0	0-3	0	0
Szén-dioxid (vol%)	30-40	15-50	0,67	0,1
Nitrogén (vol%)	1-ig	5-40	0,28	0,8
Oxigén (vol%)	0,5-ig	0-5	0	0
Kén-hidrogén (ppmv)	0-4000	0-100	2,9	1,5
Ammónia (ppmv)	100-ig	5-ig	0	0
Alsó hőérték (kWh/m ³ (STP))	6,5	4,4	11,0	9,5
(MJ/m ³)	23,4	15,8	39,6	34,2

Forrás: TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN (TUW), 2012

A keletkezett biogáz felhasználása széleskörű lehetőségeket kínál (19. ábra). Egyrészt a keletkezett biogázból kogenerációval villamos energiát és hőt lehet termelni, vagy önmagában csak villamos energiát, vagy csak hőt. Másrészt további tisztítással magas BTU (British Thermal Unit) értékű biometánt lehet előállítani, amelynek további felhasználási lehetőségei:

- A már kiépített, működő földgáz hálózatba könnyedén csatlakoztatható, mivel a magas BTU értékű biogáz paraméterei nagyon hasonlóak a földgázhoz,
- A közlekedésben hajtóanyagként hasznosítható, a CNG (LPG) üzemű gépjárművekbe tölthető,
- A magas BTU tartalmú biogáz lehetővé teszi az ipar által használható high-tech energia előállítását,
- Alapanyagot biztosít a vegyipar részére,
- A biogáz termelése során visszamaradt szervesanyag közvetlenül tápanyag utánpótlásra felhasználható /biotrágya/.



Forrás: Saját összeállítás, 2013

19. ábra Hatékony biogáz felhasználási lehetőségek (vastag nyílak)

A biogáz/biometán egy olyan energiahordozó (magas exergy⁴ értékű), amelynek sokoldalúságából eredően nem csak hő hasznosításra, hanem villamosenergia-termelésre és kapcsoltan hő hasznosításra is alkalmas, valamint a biohajtóanyag előállításakor a keletkezett mellékterméket a vegyipar tudja alapanyagként felhasználni. A magas BTU tartalmú biogáz előállítása az EU-nak különösen fontos lehet a jövőben, mivel ez által tovább csökkenhet kőolajfüggősége.

A biogáz fajlagos energiatartalmának növelésével, azaz a nyers biogázban lévő CO₂ eltávolításával, valamint a biogáz további tisztításával biometán nyerhető, amely alkalmas a földgázhálózati betáplálásra vagy bio-motorhajtóanyag előállítására. A tisztításra többféle eljárás létezik (vizes mosás, szerves fizikai mosás, aminos mosás, nyomásváltásos adszorpció-PSA, membrán szeparáció), amelyet mindig az adott üzem helyi és környezeti sajátosságai, valamint az alkalmazható technológiák határoznak meg (Melléklet 9.3).

A tisztítás végeredményeképpen a keletkezett biogáz általánosságban 95-99% metánt tartalmaz, ezt nevezzük biometánnak. A megfelelően előkészített és tisztított biogáznak csak ez a fajtája alkalmas a villamos energia és hőtermelés mellett a földgázhálózatba injektálásra, így a meglévő földgázfogyasztó készülékek üzemanyag ellátására azok (kismértékű) módosításával, mivel a biometán és a földgáz főösszetevőik és mellékösszetevőik tekintetében hasonlóak. A két energiahordozó fajlagos energiatartalma is közel azonos (TIHANYI et al., 2012). A biometán ugyanúgy hasznosítható gépjármű hajtásra is, helyettesítve a földgáz alapú CNG motor üzemanyagát. Mindkét hasznosítási formára számos referencia található Európában (KAPROS et al., 2009).

A biogáz tisztításával készült biometán alternatívát jelenthet a hagyományos, fosszilis üzemanyagok helyettesítésében. A sűrített biometán (Compressed Biomethan Gas, CBG) előnyei hasonlóak, mint a gépjárműhajtásban már alkalmazott sűrített földgáznak (CNG). Ugyanakkor a hulladékból előállított bioüzemanyag további előnye:

⁴ Exergy: az exergy értéke a különböző energia-fajták értékét írja le. Például az elektromos energia magas energia értékű, mivel könnyen lehet egyéb energiatípusokat előállítani belőle. Ugyanakkor a hőenergia alacsony energia értékű.

- Fokozott energiabiztonság – A biogáz széleskörű felhasználhatósága miatt képes helyettesíteni a nem megújuló erőforrásokat, mint például a szén, a kőolaj és a szintén fosszilis származású földgáz. Egy olyan megújuló energiahordozót állíthatunk elő a hulladékokból, amely a bioetanollal és a biodízzel ellentétben nem jelent veszélyt más ágazatokra.
- Kevesebb ÜHG kibocsátás – A biogáz előállításával és felhasználásával csökken a légkörbe bocsátott metán mennyisége, ami a trágya tárolásakor keletkezik, és jut a levegőbe. Ugyanakkor képes csökkenteni a fosszilis energiahordozók használata során kibocsátott CO₂ mennyiséget. Megjegyzésként a metán 21-szer erősebb szennyező ÜHG gáz, mint a széndioxid.
- Jobb gazdasági mutatók – A biogáz előállításával a hulladékból lehet energiát előállítani, szinte nulla forint alapanyagköltséggel. Ugyanakkor a biogáz előállítás mellékterméke értékes trágyaként hasznosítható, csökkentve ezzel a műtrágyázás költségeit.
- Tisztább környezet – Anaerob lebontású biogáz előállításakor, szemben az aerob komposztálókkel jelentősen csökkenthető a hulladék mennyisége, és a rothadás miatt keletkező kellemetlen szag.

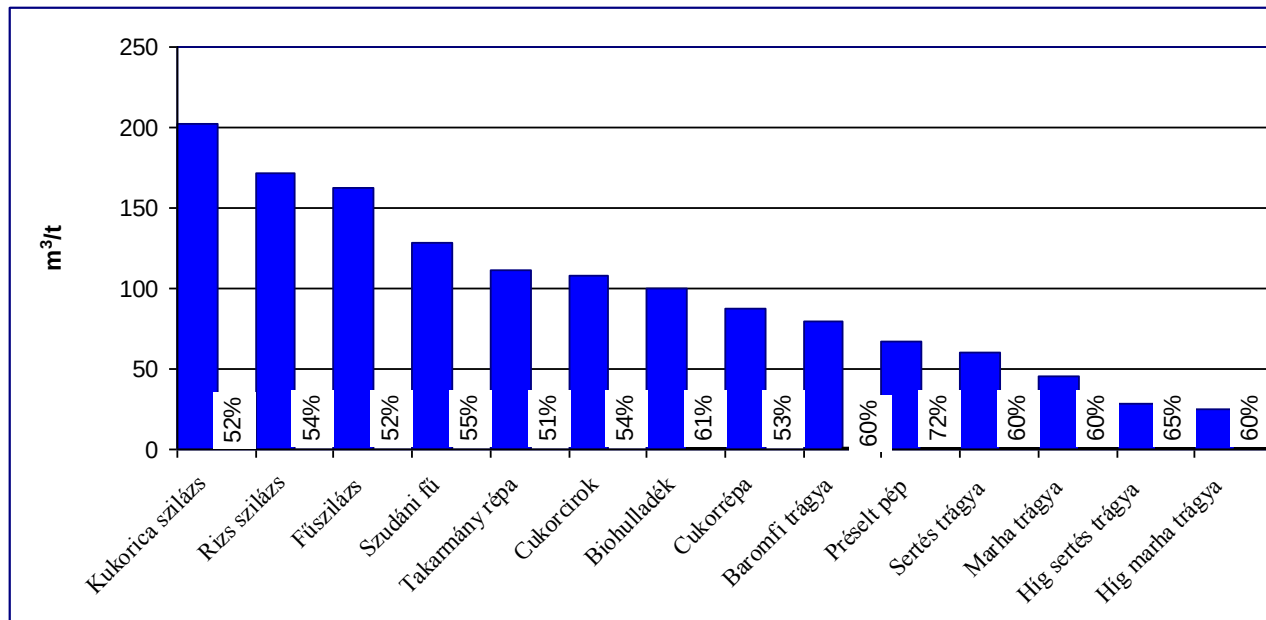
A biogáz előállítása, és annak CBG-ként történő hasznosítása a többi biohajtóanyaghoz képest viszonylag fiatal iparág. Ezért a bioetanolhoz vagy biodízelhez hasonló összefoglaló, globális statisztikai adat a biometánra vonatkozóan nem áll rendelkezésre.

Ennek ellenére a biogáz általános statisztikai adatait az USA és az Európai Unió évről évre közzéteszi, amelyből következtetni lehet a biometán felhasználás mértékére. Az USA-ban a biogázra vonatkozó első szabályozás 1996-ban fogalmazódott meg. 2004-ben 49 biogáz üzem működött USA szerte, valamivel több, mint 59 GWh energiát termelve [ROOS, 2005]. 2012-ben a 786 biogáz üzemről származó villamos energia évente 586 GWh, ami az USA összes villamos energia felhasználásának 0,02%-át teszi ki. Ezen túlmenően számos kazánt, csővezetékkel táplálnak további 55 GWh egyenértékű energia- mennyiséggel [EPA, 2012]. Az USDA [2012] számításai szerint a biogáz üzemek által hasznosított 62 000 tonna metán, 1,3 millió tonna CO₂ egyenértékkel csökkenti a légkörbe bocsátott ÜHG mértékét, ami az USA összes ÜHG kibocsátásának 0,019%-át jelenti.

Az EU27-ben a biogázból előállított „zöld áram” 2011-ben 35 856,4 GWh volt, ez az EU27 összes villamos energia fogyasztásának 1,36%-át biztosította [EUROSERVER, 2012]. Az EU ÜHG kibocsátása 2011-ben 4 601,6 millió tonna CO₂ egyenérték volt [EUROSTAT, 2013]. Mivel az USA-hoz hasonló, a megkötött metán mennyiségére vonatkozó konkrét adat nem áll rendelkezésre, ezért az USA adatok alapján, extrapolálva lehet becsülni biogáz üzemek által hasznosított metán ÜHG csökkentő képességét. Ennek értelmében a 2011-ben működő európai biogáz üzemek által megkötött metán megközelítőleg 72 millió tonna CO₂ egyenértékkel egyenlő, ami az EU27 ÜHG kibocsátásának mintegy 1,56%-át teszi ki.

Napjainkban számos, különböző alapanyagot használnak biogáz előállítására. Egy igen jól definiálható különbséget lehet tenni az alapanyagok tekintetében. Megkülönböztetünk mezőgazdasági hulladék alapanyagot (állati trágya, energianövények, egyéb melléktermékek), illetve a hulladék áramban megjelenő alapanyagot (hulladéklerakó, szennyvíz, lakossági szilárd hulladék). BIRKMOSE et al. (2007) tanulmányában kísérletet tett arra, hogy az Európában előállított biogázt nyersanyagoként és országoként határozza meg. Mivel tanulmánya leginkább 2005-2007-es adatokra támaszkodik a nyersanyagok vizsgálatakor szembetűnő, hogy a legnagyobb arányt az állati trágya (55%), majd az energianövények és az egyéb, az élelmiszeriparból származó szerves hulladék képviseli, míg a lakossági hulladékból előállított biogáz mennyisége az összesből csak 1%-ban részesül. Biogázból előállítható energiamennyiség tekintetében Németország mutatta a legkimagaslóbb értékeket (41,06 PJ), messze mögötte lemaradva Ausztria (4,33 PJ), említést érdemel még Dánia (1,7 PJ), Olaszország (1,76 PJ) és Görögország (1,6 PJ) energia-termelése.

A mezőgazdasági szántóföldi növényi alapanyagok közül a legnagyobb biogáz kihozatal a kukorica szilázsából nyerhető (20. ábra). Ennél magasabb metánhozamot csak a zsírokból (vágóhídi melléktermékek 65-75% metánkihozatal) és a melaszából (88-90%-os szárazanyag-tartalmú répaszeletből 72%-75%-os metánkihozatal nyerhető (HAJDÚ, 2009). A biogáz alapanyagok közül a legalacsonyabb kihozataalt az állati trágya adja, annak magas nedvességtartalma miatt. Ezért ezt az alapanyagot a szállítási költségek csökkentése érdekében helyben vagy vezetéken keresztül betáplálható biogáz üzemben érdemes csak feldolgozni.



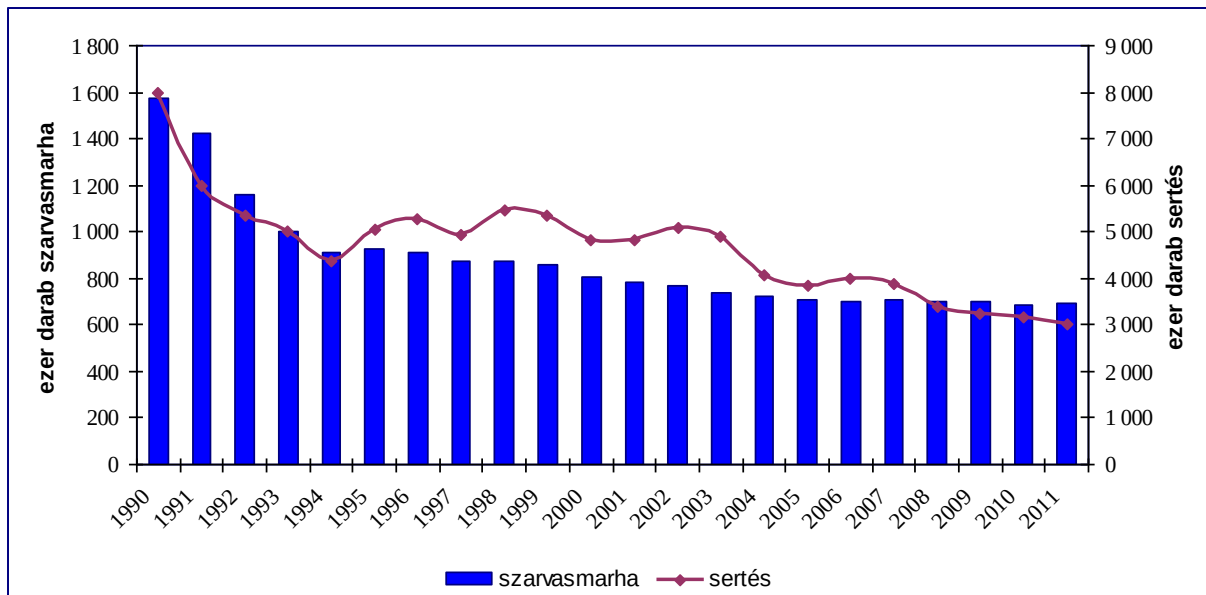
Forrás: Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, 2008

20. ábra Előállított biogáz mennyisége (m³/t) alapanyagankénti bontásban és metántartalom (%) alapján

2.3 A BIOGÁZ ALTERNATÍV NÖVÉNYI ALAPANYAGA: „SZARVASI-1” ENERGIAFŰ

Az Európai Unió agrárpolitikájának köszönhetően a mezőgazdasági termelés egyértelműen a GOFER növények termesztésére állt rá. A megtermelt kukorica és búzatöbbltet az intervenció keretén belül értékesítették a termelők. 2010-ben azonban megszűnt az intervenció rendszer. Ezért is érthető, hogy sok helyen egyre több és nagyobb fenntartással kezelik a fokozódó mértékű kukoricatermesztést.

Magyarországon a biogáz egyik fő mezőgazdasági alapanyaga a trágya, amelyhez növényi maradványokat is kevernek. Hazánk állatállománya 1990-es évektől fokozatosan csökken, ezért a jövőben az új és már meglévő biogáz üzemek trágya alapanyagának növelése nem lehetséges (21. ábra).



Forrás: KSH, 2012

21. ábra A biogáz alapanyagot adó állatállomány változása Magyarországon

Ebből kifolyólag ugyanígy problémát jelenthet a már működő gázüzemek folyamatos és biztonságos alapanyag ellátása is. A megfelelő mennyiségű és minőségű biogáz előállítása céljából a jövőben számítanunk kell a bekevert növényi alapanyagok mennyiségének növekedésére. Mivel biogázt jelenleg kukorica hozzáadásával állítanak elő, e növény iránti növekvő kereslet emelkedő piaci árakhoz vezet. Ezért a biogáz üzemek alternatív megoldást fognak keresni. Ugyanakkor az alternatíva nem csak vállalatgazdasági szempont, hanem nemzetgazdasági is, mivel a növekvő kukoricaigény a németországihoz hasonló jelenséget idézhet elő Magyarországon is. Ezért fontos, hogy a biogáz alapanyagok vizsgálatakor szem előtt tartsuk az alábbiakat

- a biogáz előállításban a kukorica túlságosan domináns szerepet kap,
- és a kukoricatermesztés jelentős kockázatokat hordoz, pl. időjárási viszonyok miatt a folyamatos és biztonságos alapanyag-ellátás kérdéses lehet,

és keressük a tradicionális kultúrák lehetséges alternatíváját úgy, hogy eddig nem hasznosított, állandó kultúrákat vonjunk be. A biogáz szempontjából különleges tulajdonságok mérése a cél, mint például a termeszthetőség, a szárazságtűrés, a tápanyag-hatékonyság, az energiahozam és a hozambiztonság. E feltételeknek az energiaültetvények maradéktalanul megfelelnek, kérdés azonban, hogy valós alternatívája-e a kukoricának a biogáz termelésben. Kijelenthető-e, hogy a **biogáz előállításához** használandó kukorica helyettesítésére **egyértelmű alternatívát az energianövények, azon belül is az energiafűvek jelentik.**

„A magyar energiafűvet (*Thinopyrum ponticum*) népszerűbb nevén pontius taracknak is nevezik. Nem pusztán egy tarackról van azonban szó, hanem egy magasra növő búzafűről” (GEIßENDÖRFER, 2010).

A Bikazugi Mezőgazdasági Nonprofit Kft. jogelődje, a Szarvasi Mezőgazdasági Kutató-fejlesztő Közhasznú Társaság tevékenysége keretében az 1980-as években merült fel, hogy a fosszilis energiahordozók felhasználásának környezeti ártalmait hazai nemesítésű energianövény létrehozásával kellene tompítani. Kettő évtized fajtanemesítési munkái során sikerült az igénytelen sztyeppe-fűvek keresztezésével létrehozni a „SZARVASI-1”energiafűvet. A nonprofit társaság piacvezető a fű fajták magyarországi nemesítésében, közel 20 fajtaoltalommal rendelkezik. A társaság napjainkban mintegy 1 800 hektár területen végez mezőgazdasági tevékenységet. Saját raktár- és magtisztító kapacitása van, valamint a minősítésekhez szükséges feltételei is adottak.

Valamennyi birtokában lévő fűfajta piacképes és keresett a vevői piacokon, de potenciális kitörési lehetősége ma az **energiafű** terjedésének van.

Származása:

Az Alföld szikes talajú területeiről illetve a Közép-Ázsiai térségeiből begyűjtött növényanyagok keresztezésével jött létre, 20 évi nemesítő munka eredménye a fajtát jellemző genotípus.

Botanikai és agronómiai jellemzése:

Évelő, bokros szálfű. Tövéből erőteljes, nagy tömegű gyökérzet hatol mélyen /1,8-2,5 m/ a talajba. Szürkészöld színű szára gyéren leveles, egyenes, sima felületű, kemény 180-220 cm magas. Április közepén hajt, június végén - július elején virágzik. Július végén - augusztus hónap elején érik meg szemtermése a betakarításra.

A "Szarvasi-1" energiafű fontosabb agronómiai jellemzői:

- Szárazság, só és fagytűrése kiváló, jól tolerálja a szélsőséges termőhelyi körülményeket,
- Hosszú élettartamú, egy helyen akár 15 évig is termeszthető,
- A telepítés költsége mindössze 20%-a az erdőtelepítési költségeknek,
- Hasznosítása évenként történik, így rendszeres bevételt biztosít a termelőnek,
- Termesztése és betakarítása nem igényel drága célgépeket, a gabona, ill. szalastakarmány gépsorral megoldható,
- Szárazanyagtermése: 15-23 t/év, 10-15t/ha az első növedék,
- A szilárd tüzelőanyag fűtőértéke: 14-17 MJ/kg szárazanyag, amely eléri, illetve meghaladja a hazai barnaszenek, az akác, a nyár, valamint a fűzfa vonatkozó értékét,
- Zöldsarj termése: 25-30 t/ha 2., 3. növedék, mely legeltetésre, szenázs, szilázs készítésre, biogáz termelésre alkalmas,
- Előnyösen változhat a vidék kultúrártéke, a vadak számára megfelelő életteret biztosít,
- Biogáz alapanyagként zöldszenája évente kétszer kaszálható
- Kiváló biomelioratív növény (biológiai talajvédelem, talajjavítás), mert mélyreható gyökérzettel rendelkezik (1,8-2,5m), nagy mennyiségű szerves anyaggal gazdagítja a talajt, erózió, defláció elleni védelem, szikes, szódás talajok rekultiválására is alkalmas,

A növény kimondottan magas éghajlati és talajerő hiány tűrőképessége és 1,8-2,5 méterre nyúló gyökérzete nagyon jó környezeti, talaj rekultivációs felhasználást biztosít. A „Szarvasi-1”energiafű európai fajtavédelmi leírása a 9.4 mellékletben található.

A "Szarvasi-1" energiafűvet az utóbbi évtizedben folytatott kísérletek eredményei, illetve a gyakorlati tapasztalatok alapján ipari fűnek is nevezhetnénk, hiszen hasznosításának lehetséges területei az ipar számos ágazatát érinthetik.

2.3.1 A „Szarvasi-1” energetikai hasznosítása

Az energiafű és származékai hagyományos és automatizált tüzelőberendezéseknél, hő hasznosítóknál, gáz és villamos energia fogyasztóknál jelenthetnek perspektivikus megújuló energiaforrást (szilárd, folyékony, gáz halmazállapotú energiahordozóként).

Hasznosításának várható területei:

- Lakások, középületek, mezőgazdasági épületek-építmények /növényházak, üvegházak, fóliaházak, állattartó telepek, stb./ fűtése,
- A mezőgazdaság területén hűtőberendezések, terményszárítók üzemeltetése,
- Fűgáz, illetve fűgázból /fermentációs eljárások, pirolízis/ villamos energia termelése,
- Bioalkohol és biogáz előállítása /járműipar/.

A szilárd tüzelőanyag hasznosításának ajánlott formái:

Bálás betakarítás – bálás tüzelés: Speciálisan kialakított tüzelőberendezésekkel a bála jó hatásfokkal elégehető. Folyamatos üzemben a teljesítmény csak kismértékben változtatható meg.

Bálás betakarítás – bontott, aprított anyagok tüzelése: A szecskázott termék önállóan vagy más hasonló méretű nyersanyaghoz keverve égethető el (pl. hőerőművek).

Bálás betakarítás - brikett tüzelés: A biobrikett illetve a biopellet gyártás célja az, hogy az alapanyagot az energetikai hasznosításhoz komfortosabbá tegyék, továbbá, hogy olyan tüzelőanyagot hozzunk létre, amely a szénnél egyszerűbben, tisztábban kezelhető és tárolható, kényszerű és környezetbarát.

Bálás betakarítás – pellet tüzelés: A tüzelésre gyártott pellet 6-8 mm átmérőjű, 20-30 mm hosszúságú. Nagy nyomással, kötőanyag hozzáadása nélkül készül. Az Európai Unióban (pl.: Németország, Ausztria, Svájc, Svédország) nagy tömegben hasznosítják tüzelőanyagként. A pellet tüzelés Európában, Észak-Amerikában dinamikusan fejlődik. Pellet gyártására önálló cégek jöttek létre, melyek több millió tonna pelletet gyártanak és forgalmaznak évente.

A "Szarvasi-1" energiafűvel végzett pellet gyártási kísérletek (Dánia, Svédország, Ausztria, Magyarország) kiváló eredményeket adtak (KAMARÁS, 2005).

Biogáz termelése

Pirolízis eljárás: Az energiafű termikus bontása során a fűvet hevítik, melyből éghető gázok szabadulnak fel. Az így képződött gáz hasznosítása többirányú lehet. Belsőégésű motorokkal hajtott generátorokkal elektromos áram termelhető, vagy a keletkezett gáz hőerőművekben közvetlenül elégehető (JANOWSZKY, 2003).

Fermentációs eljárások: Ezekkel az eljárásokkal az energiafű zöldállapotban - tisztán, vagy szarvasmarha illetve hígtrágyával, szennyvízzel keverve használható biogáz előállítására. A keletkezett biogáz felhasználása széleskörű lehetőségeket kínál. A biogáz termelése során visszamaradt szerves anyag közvetlenül tápanyag utánpótlásra felhasználható (biotrágya).

Biometán előállítása

A járműipar egyre nagyobb figyelmet fordít a jövő üzemanyagaként számon tartott, perspektivikus biometán felé. Ezért érdemes azt vizsgálni, hogy a „Szarvasi-1” energiafű milyen eredménnyel hasznosítható a biometán gyártásban, illetve termesztésének gazdaságossági kérdései valódi alternatívát jelent-e a jelenlegi silókukoricából előállított biogáznak.

2.3.2 A „Szarvasi-1” egyéb hasznosítási területei**Papíripari felhasználás**

A Papíripari Kutatóintézettel közösen végzett kutatások eredményei biztatóak voltak. A laboratóriumi vizsgálatok eredményei alapján megállapítható, hogy a "Szarvasi-1" energiafűből készített izodimenziós lapok lapképző tulajdonságai kedvezőek. Az energiafű ilyen irányú hasznosítása nagy kiterjedésű erdők megmentésére adna ésszerű alternatívát, illetve olyan területeken is lehetővé tenné a papíripar telepítését ahol erdők nincsenek (JANOWSZKY, 2003).

Ipari rostanyagként történő hasznosítás

A Mohácsi Farostlemezzgyár Rt-ben az eddig alkalmazott technológiával a farostlemezzel egyenértékű fűrostlemezz lehet előállítani a "Szarvasi-1" energiafűből. Magyarország legnagyobb farostlemez gyárában (Mohácsi Farostlemezzgyár Rt) a lehetséges alapanyag felhasználás mennyisége 70 000 – 100 000 tonna szárazanyag/év. A farostlemezek illetve az eltérő alapanyag kombinációjú rost lemezek nagy felületek burkolásának (építőlemezek), a bútortipar, az előre gyártott faházak, a belső építészet és a járműipar nélkülözhetetlen alapanyagai.

Takarmányozási célú hasznosítás

A "Szarvasi-1" energiafű első növedékének (első kaszálásának) virágzás fenofázisában betakarított terméstömegét energetikai alapanyagként javasolt hasznosítani. A második, harmadik növedék (vízellátottságtól függően) zöldsarjú termése ugyanakkor legeltetésre, széna-szenázs készítésére ajánlott. A fajta az energetikai, a papír- és rostipari hasznosítás mellett legelők, illetve kaszálók telepítésére is javasolható olyan semi arid - arid termőhelyi viszonyok mellett, ahol az elismerten jó gazdasági értékkel rendelkező mérsékelt égövi takarmány típusú fűfajok változatai öntözés nélkül már eredményesen nem termesztethetők. A száraz, csapadékszegény tenyészidőszakban is jó minőségű zöldtakarmányt terem (40,0-60,0 t/ha). Ugyanakkor megfelelő vízellátottság (600-700 mm/év) esetén kiemelkedően magas zöldtermést ad (60,0-80,0 t/ha). Zöldterméséből ízletes széna készíthető, ha azt a virágzás előtti fenofázisban takarítják be. Szenázs, illetve takarmány pellett készítésére is jól hasznosítható. Igen hosszú vegetációs periódusa révén késő őszig, amíg a talaj fizikai állapota megengedi legeltethető. Legelőnek, kaszálónak önmagában, vagy legfeljebb 1-2 fű, illetve pillangósvirágú növényfajjal (lucerna) társítva javasolt vetni (JANOWSZKY, 2003). A takarmányozási célú felhasználásra vonatkozó vizsgálati jegyzőkönyv a Melléklet 9.5 fejezetében található.

Biológiai talajvédelem - talajjavítás

A fűfajta jól tolerálja a szikes - szódás talajú termőhelyi adottságokat, kedveli a sós vizű vízállásos területeket, következésképpen e talajok rekultiválását, javítását is szolgálhatják. Nagy tömegű, 1,8-2,5 m mélyre hatoló gyökérzetet fejleszt, amely nemcsak a talaj fizikai tulajdonságait javítja, hanem jelentős mennyiségű szerves anyaggal /humusszal/ is gazdagítja. A gyenge termőképességű (5-15 AK értékű) talajokon végzett kísérleteink eredményei arra utalnak, hogy e fűfajta jól használható a szikes talajok mellett a homoktalajok ésszerű hasznosítására, javítására is (1. kép).



Fotó: Bikazugi Mezőgazdasági Nonprofit Kft, 2011

1. kép: A „Szarvasi-1” energiafű aratás előtt

Összességében megállapítható, hogy a "Szarvasi-1" energiafű agronómiai, energetikai, ipari tulajdonságai az agroökológiai, környezetvédelmi, talajhasznosítási, energetikai és a gazdaságossági szempontok figyelembevételével rendkívül perspektivikusak, több vonatkozásban egyedülállóak a többi, az erre a célra alkalmas növénykultúrákhoz viszonyítva.

Mivel a doktori disszertációm témaköre a megújuló energia, azon belül a biogáz köré összpontosul, ezért a „Szarvasi-1” energiafű biogáz hasznosítási lehetőségeire összpontosítok. Az energiafű legjobb ismérve, hogy rossz minőségű termőhelyeken, szélsőséges időjárási körülmények között is eredményesen termeszthető. A növény 10-15 éves ciklusban tervezhető újratetés nélkül, normál gabona gépsorral termesztendő, az energianövények között a telepítési költségeket tekintve a legolcsóbb megoldás. A biomassa különböző megjelenési formáiból, így az energiafűből is előállíthatók gáz halmazállapotú alternatív energiahordozók, melyek energiafüggőségünk tudatában egyre növekvő jelentőséggel bírnak. A „Szarvasi-1” energiafű nagy szárazanyag hozama, kedvező anyagösszetétele, valamint termesztésének és betakarításának mérsékelt agronómia és technikai igénye miatt a növényi eredetű gáz előállításának egyik legolcsóbb alapanyaga lehet. Betakarítása szántóföldi növényekhez igazított betakarító gépekkel lehetséges. Az éves betakarítható zöld széna mennyisége metán tonnában számolva a ma piacon lévő növények közül a legmagasabb mennyiségi határfokú. Ezért a „Szarvasi-1” energiafű zöld állapotban valamint, szarvasmarha és a hígtrágyákkal keverve jó határfokkal hasznosíthatók biogáz termelésre. Ez a tulajdonsága a növényt a legjobb adalék anyaggá emeli a biogáz előállítása során. Az energiafűből vagy a trágya és az energiafű keverékéből előállított biogáz mellékterméke biotrágyaként kiválóan alkalmas a talajerő visszapótlására.

A növény iránti kereslet élénkülését a német atomerőművi paradigmaváltás eredményezte, melynek eredményeképpen egyetemi kutatásokkal igazolták, hogy a növény képes kiváltani az energetikai alapanyag-ellátásban a takarmánynövényeket (silókukorica), enyhítve az állattenyésztés takarmányhoz jutásának nehézségeit. Az állati trágya légkör kímélő feldolgozásának segédszerepe mellett nagy felületű lélegző területek hozhatók létre azokon a területeken is, melyek korábban alkalmatlanok voltak mezőgazdasági kultúra létrehozására. Ezért a németországi triesdorfi mezőgazdasági tanintézet (LANDWIRTSCHAFTLICHEN LEHRANSTALTEN, LLA) kimondottan ajánlja biogáz üzemek alapanyagaként. Mára a biogáz üzemek alapanyag felvételi igényei okán hosszútávra tervezhető, a mai kapacitásokat sokszorososan meghaladó keresleti piac alakult ki. Középtávon akár több tízezer hektárra felfejleszhető lenne a magtermelés üzemi tevékenysége, ami teljesen új, a kimondottan Magyarországhoz köthető növénykultúra mezőgazdasági exportágazattá emelését eredményezné. A vetési év és a kétévenként esedékes talajerő visszapótlás igényli a jelentősebb finanszírozást, ezt követően a művelési költségek elenyészőek, a betakarítás és feldolgozás pedig biztos hasznot hoz a termelőknek, és mezőgazdasági többletfoglalkoztatást jelent a képzetlen vidéki lakosság körében.

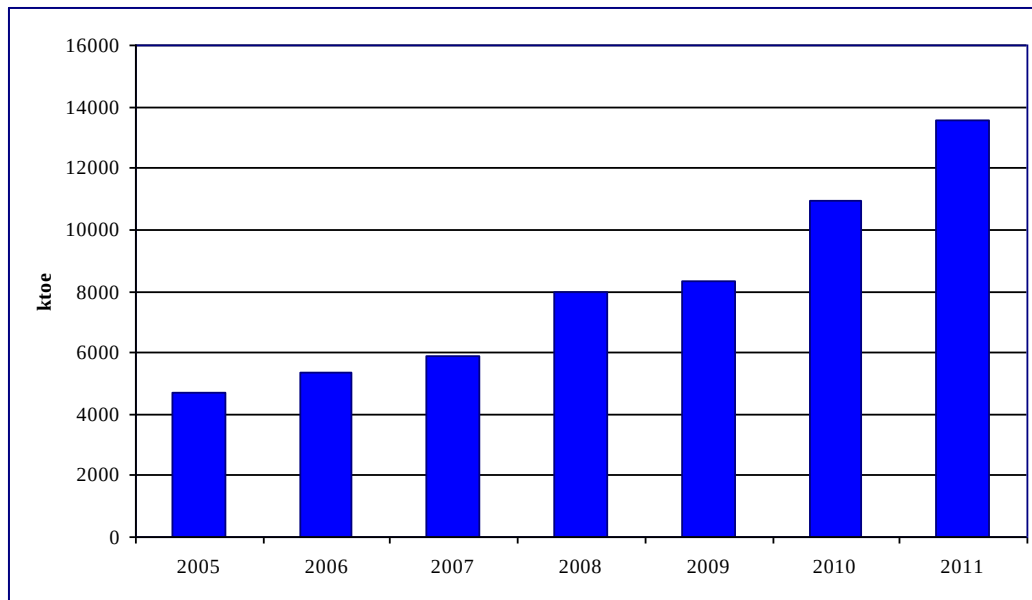
2.4 BIOGÁZ ELŐÁLLÍTÁS ÉS FELHASZNÁLÁS

Az EU szinte minden tagországában állítanak elő biogázt, amelynek nagy részét nyersgázként vagy alap biogázként, a helyi szükségleteket kielégítő energiaforrásként használják fel.

A biogáz előállításra vonatkozó jogszabályi környezet az Európai Unió tagállamai számára egységes, amelyet a megújuló energiaforrásból előállított energia támogatásáról szóló 2009/28/EK irányelv határoz meg. Az említett jogszabály a következőképp nevesíti a biogázt, mint energiahordozót: „A mezőgazdasági anyagok, így pl. a trágya, az iszap és egyéb állati vagy szerves hulladék biogáz előállítására történő használata az üvegházhatású gáz kibocsátás-megtakarítás lehetősége fényében a hő és villamos energia előállítása, illetve bioüzemanyagként történő felhasználása szempontjából jelentős környezeti előnyökkel jár. Decentralizált jellegűknél és a

regionális befektetési szerkezetnél fogva a biogáz-gyártó beruházások meghatározó módon hozzájárulhatnak a fenntartható fejlődéshez a vidéki térségekben és a mezőgazdasági termelők számára új jövedelemszerzési lehetőségeket teremthetnek” (EURÓPAI BIZOTTSÁG, EB, 2010).

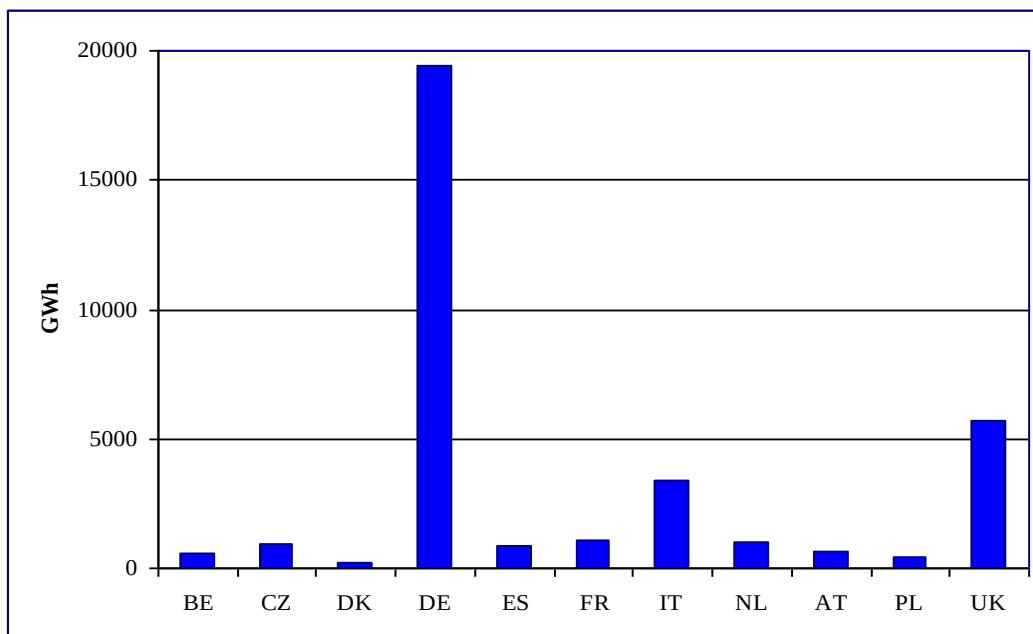
Az Európai Unió biogáz termelésében Németország jár az élen. Az EU-ban előállított biogáz mennyiségének évenkénti dinamikus emelkedéséhez főleg a német piac járul hozzá. A különböző támogatásoknak, a kötelező átvételi rendszernek és az átvételi árak szabályozásának köszönhetően a biogáz előállítás 2009-2011. között megközelítőleg 60%-al emelkedett (22. ábra).



Forrás: EUROBSERVER, 2012

22. ábra A biogáz mennyiségének alakulása az Európai Unióban

A biogázból előállított villamos energia előállításában Németország kiemelkedik, az Egyesült Királyság a második, Olaszország pedig a harmadik a sorban (23. ábra). Említést érdemel még Franciaország 1 117 GWh, Hollandia 1 027 GWh és Csehország 929 GWh teljesítménye, amelyek a 2007-2011-es időszakban rendkívül dinamikus fejlődést mutattak (EUROBSERVER, 2012).



Forrás: EUROBSERVER, 2012

23. ábra Az EU27 legjelentősebb biogáz alapú villamos energia előállítói 2011-ben

Az átfogó és valamennyi tagországra érvényes uniós szintű szabályozás több hiányosságot is tartalmaz (pl. a biogáz betáplálás folyamatát szabályozó eszközök), amelyet a tagországok a nemzeti szintű jogszabályokban orvosolnak. A nemzeti jogalkotók kitértek a K+F tevékenység támogatására, a biogázzal kapcsolatos lakossági információra, de a nemzeti intézkedések elsősorban az adózási feltételeket, a hozzáférhetőséget és a támogatási rendszert érintik (KAPROS et al., 2009).

Az EU tagországai egymástól nagyon különböző – politikai és gazdasági értelemben egyaránt – megújuló energia stratégiát készítettek arra vonatkozólag, hogy az uniós irányelv által megszabott határértékeket elérjék. Közvetlen összefüggés figyelhető meg a biogáz üzemek száma és a kormányok gazdaságpolitikája között. A biogáz ipar elsősorban azokban az országokban fejlett, ahol a kormányzat határozott célkitűzése a megújuló energiahordozók használata. Ezért ezek fokozott felhasználását és a környezetvédelmi célok megvalósítását célzott állami beruházások, adókedvezmények és jelentős támogatásokkal (pl. az érintett városok ingyenes parkolási lehetősége) ösztönzik (Németország, Ausztria, Dánia, Csehország). Más európai országokban, így Angliában és Franciaországban elvétve találni mezőgazdasági biogáz üzemeket, viszont nagyon fejlett a depónia-gáz hasznosítása és a szennyvíziszap rothasztása. Érdekességképpen 2009-2010-ben Franciaországban jelentős kísérlet folyt a szennyvíziszapból előállított és tisztított biometán, mint gépjármű üzemanyag előállítására (Lille) és felhasználására, azonban a politika az elektromos gépjármű bevezetése és terjedése mellett tette le a voksát (BIOGAZ EUROPE, 2012). A magyar nagyvárosokban a biogáz hasznosítása nem terjedt el. Zalaegerszeg 2012-ben megpróbálkozott a helyben képződött szennyvíziszapból biometánt előállítani, amelyet a helyi víz- és csatornázási művek flottája (12 db személyautó), valamint a városi helyi tömegközlekedésbe beállított 1 db autóbusz használja fel. Kaposvár a cukorgyártól vásárolt biogázzal a városi fürdőt fűti.

Számos tagország megteremtette a biogázból előállítható villamos energiatermelés kedvező anyagi feltételeit, kidolgozva a hálózatba táplálás technikai feltételeit. Ehhez megalkották a villamos energia átvételi rendszert, amelyhez az alapanyag, az üzemméret függvényében hozzárendelték az átvételi árakat. Több ország (Németország, Franciaország) fizet további speciális prémiumot a kisebb üzemeket előnyben részesítve. Ausztriában 2013-tól csökkentik a kötelező átvételi árat. Míg Ausztria, Németország és Hollandia az átvételi árban különbséget tesz a biogáz eredete szerint (szennyvíz, kommunális hulladék vagy mezőgazdasági hulladék), addig Franciaország, Olaszország és Spanyolország csak az üzemméret szerint különbözteti meg a biogáz üzemeket (7. táblázat).

7. táblázat

Átvételi árak Európában

	Ausztria	Németország	Franciaország	Olaszország	Spanyolország	Hollandia
	euró cent/kWh					
Szennyvíziszap	2012: 6 2013:5,94	5,89-6,79	8,121	28	8,87-14,50	7-9,6
Hulladéklerakó	2012: 5 2013: 4,95	5,89-6,79	8,121	28	8,87-14,50	na
Mezőgazdaság 100KW	2012: 19,6 2013: 19,5	25	9,745	28	8,87-14,50	19,2-30,8
Mezőgazdaság 1000 kW	2012: 13 2013:12,93	6	8,121	28	8,87-14,50	19,2-30,8
Megjegyzés	CHP erőmű hatásfoka min. 60% s	üzemméret támogatás: 3,4- 12,7 ec/kWh, alapanyag bónusz: 2,5-8 ec/kWh	üzemméret támogatás: 4,34 ec/kWh, prémium: 7,71 ec/kWh	kötelező átvétel vagy zöld tanúsítvány		
Garantált évek száma	10	20	15	20	15	10

Forrás: RES-LEGAL, 2012

A legnagyobb eltérést az 1000 kW vagy afeletti mezőgazdasági üzemek villamos energia átvétele mutatja. Míg Németország 6 euró cent/kW árat fizet a betáplált villamos energiáért, addig Hollandia a legnagyobb átvételi összeget, 30,8 euró cent/kW is megadhatja. Ez is igazolja azt, hogy a biogáz stratégiai ágazat.

Azok a tagállamok, amelyek már kiforrott gáz betáplálási rendszerrel rendelkeznek, a gázszolgáltatással kapcsolatosan saját határértéket állapítottak meg a betáplált gáz minőségére vonatkozóan (8. táblázat).

8. táblázat

A tisztított biogáz paramétereire vonatkozó előírások

Műszaki paraméter	A	D	F	NL	S
Fűtőérték MJ/m ³	38,5-46,1	30,2-47,2	38,5-46,1	31,6-38,7	39,6-43,2
Wobbe szám MJ/m ³	47,9-56,5	46,1-56,5	38,5-46,1	43,5-44,4	45,4-48,6
Metán tf%	>96				>97
Hidrogén tf%	4	5	6	12	0,5
Szénmonoxid tf%			2	1	
Kén mg/m ³	10	30	30	45	23
Víz mg/m ³					<32
Sziloxán mg/m ³	<10			5	

Forrás: KAPROS-CSETE-SZUNYOG, 2009

Hazánkban kormányzati célkitűzésként szerepel a német modell alapján a biogázból nyert energia előállításának és felhasználásnak támogatása, a 2011 végén azonban megszűnt a Kötelező Átvételi Tarifa rendszer (KÁT), ami egyébként sem formailag, sem mértékében nem lett volna elégséges lényegi előrelépésre. 2012. január óta a KÁT utáni adminisztratív és pénzügyi ürt a kormányzat nem tudta megszüntetni, jelenleg a biogáz üzemek által előállított villamos energia jövője kérdéses annak ellenére, hogy a szerződéses viszonyban lévő biogáz üzemek által előállított energiára vonatkozó átvételi ár meg lett határozva. A 2013. évre vonatkozó kötelező átvételi árak a 2012. évre vonatkozó árak és

- a KÁTR 4. § (1) bekezdése alá tartozó termelők esetében a fogyasztói árindex (1,058),
- a KÁTR 4. § (2) – (6) bekezdései alá tartozó termelők esetében a fogyasztói árindex egy százalékponttal csökkentett értékének (1,048) szorzataként alakultak ki.

Ennek alapján a biogázból előállított villamos energia után 2013. január 1-től csúcsidőszakban 32,19 forintot, völgyidőszakban 23,24 forintot és mélyvölgy időszakban 12,13 forintot fizet az állam kWh-ként. A többi tagországgal történő összehasonlíthatóság érdekében, 295 HUF/€ árfolyamon számolva, átlagosan ez 7,6 euró cent/kWh átvételi árat jelent.

A tagországok Nemzeti Megújuló Energia Cselekvési Tervét (NREAP) összehasonlítva megállapítható, hogy a jelentős biogáz termelői kapacitásokkal rendelkező Franciaország és a dinamikus növekvő Dánia 2020-ig elérendő biogáz teljesítményként ambiciózus célokat fogalmazott meg, a 2010-es értékeknek mintegy négyszeresét (9. táblázat). Ugyanígy ugrásszerű, valamivel több, mint 300%-os növekedést kíván elérni Csehország is. Véleményem szerint az Egyesült Királyság, Olaszország és Németország szerint megfogalmazott célok sokkal realitásabbak, azok biztosan teljesíthetők a vállalási időszakon belül. Ugyanakkor Ausztria és Svédország alulértékelt gazdasági és környezetvédelmi lehetőségeiket, vagy egyszerűen óvatosan közelíti meg a 2020-ig teljesítendő, az NREAP-ban vállalt kötelezettségeket és a biomassza felhasználás helyett egyéb megújuló energiaforrások fejlesztésére (szélenergia) koncentrálnak.

9. táblázat

Az európai biogáz termelés jövője a Nemzeti Megújuló-energia Cselekvési Tervek szerint

Jelentősebb biogáz termelők Európában			
	Biogáz termelés	Biogáz termelés (NREAP)	Növekedési faktor
	2010	2020	
	GWh	GWh	2010-hez képest
Csehország	1 510	5 282	3,5
Dánia	1 165	4 325	4
Franciaország	3 300	12 023	4
Olaszország	5 360	9 484	2
Egyesült Királyság	4 500	8 887	2
Németország	43 500	73 240	1,7
Ausztria	1 870	1 840	1
Svédország	1 360	1 272	1

Forrás: tagállami NREAP alapján Saját összeállítás, 2012

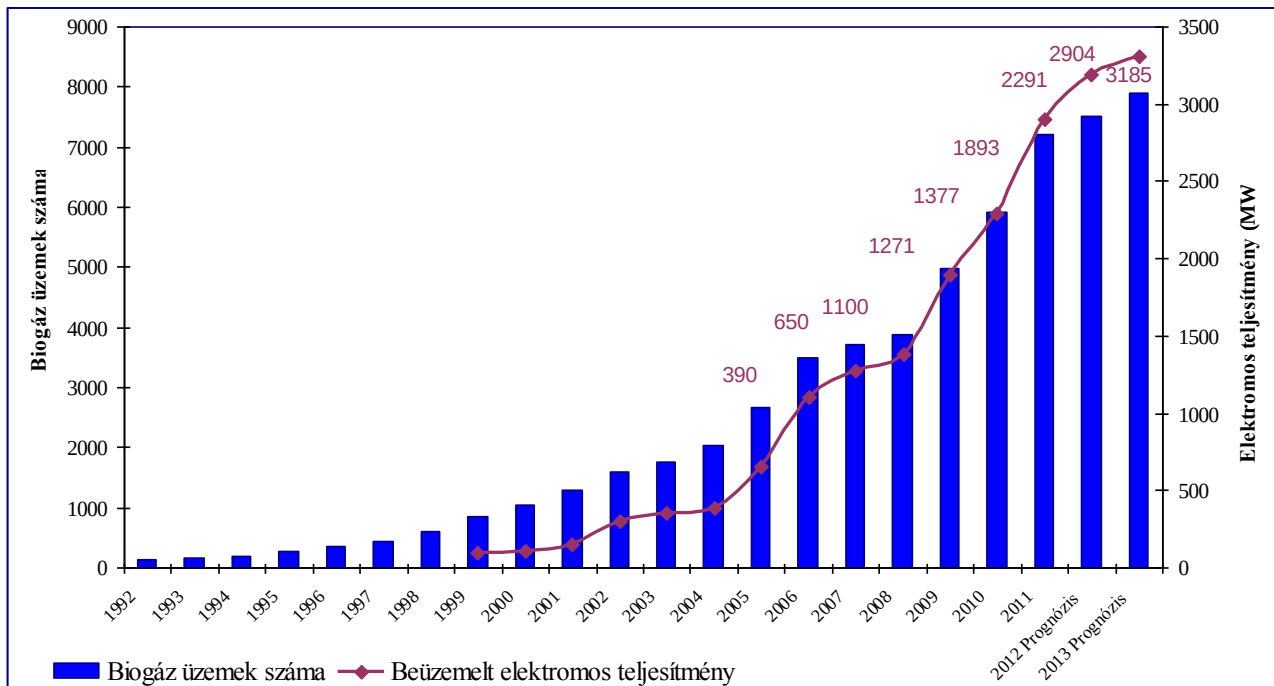
Míg a biogázból előállított villamosenergia-termelés évről évre növekszik, a biogázból előállítható biometán hajtóanyag, az abban rejlő lehetőségek még nem kaptak kellő figyelmet. Az európai lakosság nagy része nem is tudja, hogy gázüzemű gépjárművek régóta léteznek, ezek biogáz hajtóanyaga jelentős szerepet játszhatna a fenntartható közlekedésben. Egyedül Svédországban alakult ki és nyert teret a biometán hajtóanyag piaca (AEBIOM, 2010).

2.4.1 A német biogáz-vertikum

Németország minden kétséget kizáróan a legnagyobb biogáz termelő Európában, úgy a növénytermesztési és állattenyésztési hulladékok feldolgozásából előállított biogáz, mint a szennyvíztisztításból keletkezett gázhasznosítás tekintetében. Biogáz előállítási modellje a mezőgazdasági és állattenyésztési telepek közelében létesült kisméretű biogáz üzemeken alapul, amelyek az ország biogáz előállításának mintegy 70%-át adják. A fejlett német biogáz ipar alapanyagait elsősorban az energianövények és a hígtrágya jelentik.

A német szabályozási környezetet – az uniós direktíván túlmenően – a 2012-re átdolgozott és hatályba lépő Megújuló energia törvény adja (*Erneuerbare Energien Gesetz, EEG*). A törvény magas elérendő értékeket fogalmaz meg a megújuló energiák felhasználása terén. 2020-ig a teljes elektromos energiafogyasztáson belül a megújuló energiahordozók arányát 35%-ra, a nemzeti energiafogyasztáson belül 18%-ra tűzi ki. A céldátum után is dinamikus növekedést irányoz elő, 2050-ig elérve a teljes elektromos energiafogyasztáson belüli 80%-os részesedést. A törvény egyértelműen kimondja a megújuló energiákból előállított villamos energia szükségességét, szemben a fosszilis energiahordozókból nyert villamos energia helyett, amely megújuló alapú villamos energia előállítását vonzó gazdasági prémiumokkal, valamint a hálózati kapcsolódás könnyítésével ösztönzik. Ezen túlmenően a helyi hatóságok előnyben részesítik azokat a szolgáltatókat, amelyek a hálózatukon megújuló energia szállítását és elosztását biztosítják (BUNDESNETZAGENTUR, 2012). Meg kell jegyezni, hogy az üzemeknek jutott támogatás mértéke 2011-ben sem érte el a többi tagország biogáz támogatásának átlagát, ezért az új, 2012. január 1-től hatályba lépett törvény a támogatások mértékét jelentősen megemelte a beruházások körének szélesítése mellett. A biogáz üzemek számának 2010-2012 között tapasztalható ugrásszerű

emelkedése a helyi és a regionális hatóságok által nyújtott biogáz támogatásoknak és kedvezményeknek, valamint a felhasználást ösztönző marketingnek volt köszönhető (24. ábra).



Forrás: FACHVERBAND BIOGAS e.V., 2012.

24. ábra Németország: Biogáz üzemek számának alakulása és a beüzemelt elektromos teljesítmény növekedése (MW)

Az EEG alapján nyilvánvaló, hogy a legnagyobb biogáz előállító Németország olyan megújuló energia politikát folytat, amelyben mind a biogáz előállító üzemet, mind pedig az elosztó hálózat üzemeltetőjét is premizálja.

Németország biogáz üzemeknek nyújtott támogatásai:

- Az EEG hatálya alá tartozó létesítmények üzemeltetőit **optimális piaci támogatással** ösztönzik arra, hogy létesítményeiket piacorientált módon üzemeltessék. Az ösztönzésbe az EEG hatálya alá tartozó összes létesítményt bevonják. 2014-től kezdődően a 750 kW és annál nagyobb kapacitású új biogáz üzemekre kötelezően érvényes a piaci jutalék. A szűkebb értelemben vett piaci jutalék a létesítménynek megfelelő díjazás és az utólag meghatározott havi tőzsdei átlagár közötti különbség. Ez utóbbit a szél- és fotovoltaikus (PV) energiával termelt áram esetén egy olyan, a konkrét technológiára vonatkozó értéktényezővel korrigálják, amely tükrözi a tőzsdén érvényes mindenkor piaci értéket. Ezen túlmenően igazgatási jutalékkal kompenzálják többek között az előrejelzésekből eredő hibák kiegyenlítésének költségeit.
- A **"rugalmassági jutalék"** célzottan támogatja azokat a beruházásokat, amelyek a **biogáz üzemek** piacorientált villamosenergia-termeléshez való képességét mozdítják elő. Ez a bevezetésre kerülő jutalék mind az új, mind a meglévő létesítményekre vonatkozik, ahol nagyobb gáztárolókat és generátorokat kívánnak beüzemelni, amelynek köszönhetően mintegy 12 órával eltolható a villamosenergia-termelés.
- A **tárolóknak** a hálózati díjak alóli mentesítésével, valamint egy, a szakpolitikai területek között szervezett, tárolókkal kapcsolatos kutatóprogrammal – demonstrációs erőműveket is beleértve – a tárolók fejlesztését támogatják. Ebben az összefüggésben vizsgálják a tárolók iránti jövőbeni szükségletet, a megfelelő keretfeltételeket, valamint a hagyományos és az új tárolási technológiák (pl. szivattyús energia-tárolás) megvalósításával kapcsolatos problémákat is.

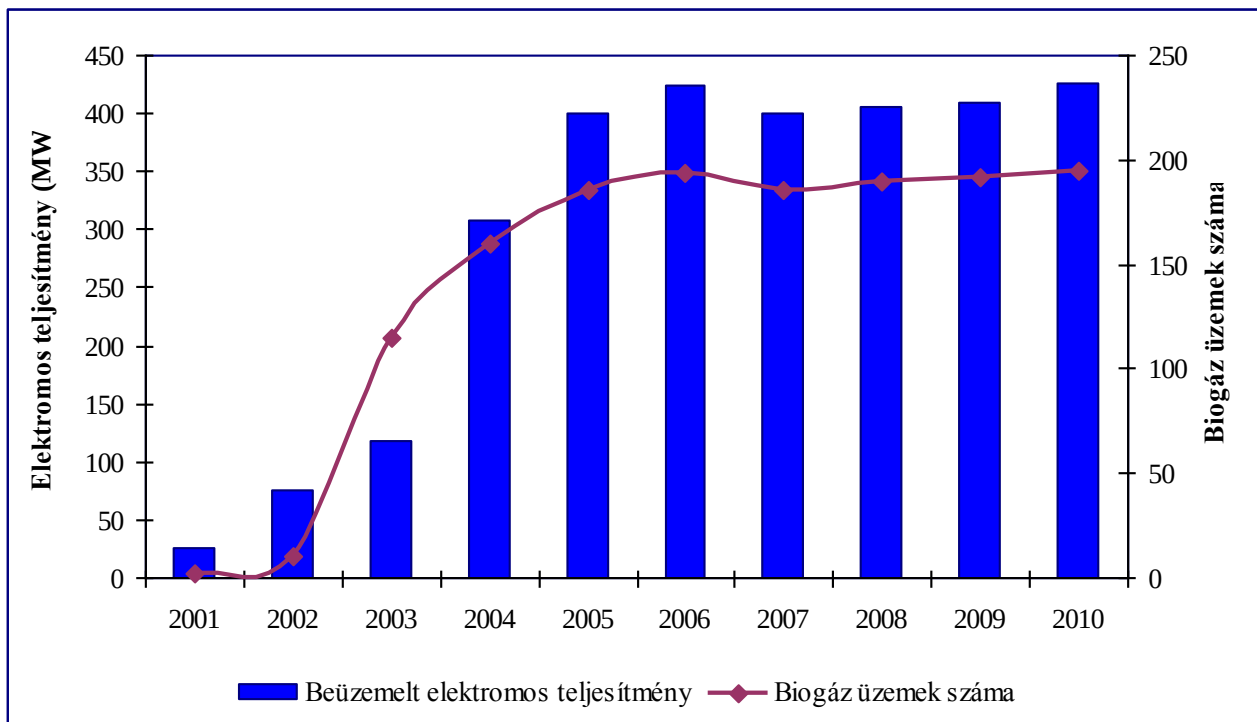
- A „zöldáram-kedvezmény” érvényben marad (2 euró cent/kWh). Ezzel párhuzamosan, kiegészítésképpen bevezetik az időszakosan megújuló energiaforrások minimum 20 százalékos részarányát.
- A **kiegyenlítő villamosenergia-piacokon** való részvétel az EEG hatálya alá tartozó létesítmények számára csak a közvetlen értékesítés keretében (pl. piaci jutalék, zöldáram-kedvezmény) lehetséges.
- Arra irányuló ösztönzést léptetnek életbe, hogy az új létesítmények elhelyezésének kiválasztásakor a hálózati helyzetet is figyelembe vegyék. Eszerint leszabályozás esetén, a **kártérítések arányát** 95%-ra korlátozzák. Egyúttal a szabályozásnak az éves bevételek maximum 1%-ára korlátozás révén biztosított marad a beruházás biztonsága.

A németországi biogáz előállításra vonatkozó aggályokat SCHUMACHER (2012) fogalmazott meg tanulmányában, amelyben rámutat, hogy Európában a feleslegként jelentkező kukoricamennyiség egyik felvevő piaca a bioetanol gyártás lehet, másik a biogáz ipar, hiszen a biogáz üzemek is gyakran használnak kukoricát az állati trágya mellett. Mindez Németországban a kukoricaterületek gyors növekedéséhez vezetett. Mivel a biogáz üzemeket a szállítási költségek optimalizációja miatt az alapanyag termőterület közvetlen szomszédságába telepítik, a biogáz üzemek számának növekedésével egyre több kukorica alapanyagra van szükség, amelyet Oldenburger Muensterland tartományban csak a gyümölcsösök kárára lehetett előállítani. A növekvő kukoricaterület a biológiai sokféleségre, a tájképre, valamint a rekreációs lehetőségekre nézve kedvezőtlen hatást gyakorolt.

A német szövetségi „Természetvédelmi törvényben” (Bundesnaturschutzgesetz), valamint a Biológiai Sokféleség Nemzeti Stratégiájában (Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt) nevesítik a tájkép fenntartására vonatkozó elvárásokat. Céljuk ökológiailag hatékony intézkedések mentén a tájkép fenntartása, amelyhez kárenyhítési és kompenzációs juttatásokat biztosítanak. Ennek értelmében 2011-től silókukoricára alapozott biogáz üzemek nem telepíthetők Németországban (DVL, 2013).

2.4.2 Az osztrák biogáz-vertikum

A biogáz ausztriai modellje a szektor optimális fejlődését mutatja. Biogáz előállításával és felhasználásával 2000-ben kezdtek foglalkozni. A biogáz üzemeket fejlett, illetve már kiforrott technológiával szerelték fel, ezzel egy időben fejlődött a hulladékból és a szennyvíziszapból előállított biogáz felhasználása (HOPFNER-SIXT, 2010). A biogázra, illetve biometánra vonatkozó osztrák jogi keretek Kormány határozat (OVGW G31 és G33), illetve minisztériumi „Klíma aktív” program formájában fogalmazódnak meg. Ugyanakkor a gázhálózatba bevezetett biometánra vonatkozó egyértelmű ösztönző rendszer hiányzik (INTELLIGENT ENERGY EUROPE, IEE, 2012). 2002-ben, a Zöld Villamos Energia (Ökostromgesetz) törvénnyel egy új tarifa és ösztönző rendszert és ehhez kapcsolódóan a nem teljesítésre vonatkozó szankciókat vezettek be országos szinten, ami a biogáz üzemek számának ugrásszerű növekedéséhez vezetett (25. ábra).

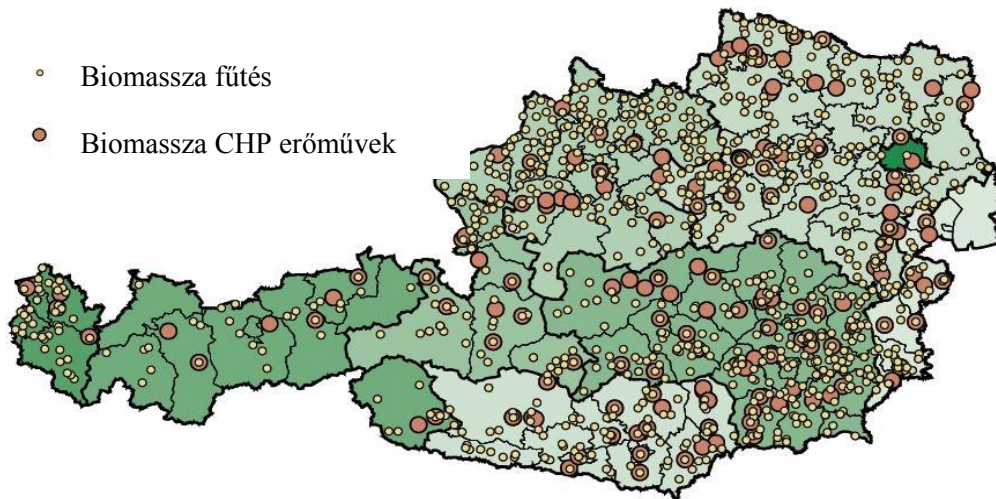


Forrás: ENERGIE-CONTROL, 2012

25. ábra Ausztria: Biogáz üzemek számának alakulása és a beüzemelt elektromos teljesítmény növekedése (MW)

Ausztriában a kombinált hő- és villamos energia technológiájú (Combined Heat and Power, CHP) erőművek biomassza elgázosításával termelnek rendkívül hatékonyan és olcsón villamos- és hő energiát. A fogyasztás helyén a biogáz nagyobb összhatásfokkal alakítható át a szükséges energiaformára, mint a biogáz villamos energiatermelés céljából történő átalakítása során; az elégetésre ugyanis ott kerül sor, ahol a hőre szükség van; a villamos energiatermelés ott történik, ahol villamos energiára és hőtermelésre, illetve hűtésre van szükség.

A biomassza CHP erőművek alapját az Ausztriában elterjedten használt fagáz generátor jelentette. Eredetileg arra a célra hozták létre, hogy kiterjedt válság időszakában az üzemanyaghiány hatásait mérsékelni tudják, illetve fenntartható legyen a mobilitás akkor is, ha kőolajszármazékok beszerzése lehetetlenné, vagy nagyon nehézvé válik. Az erőmű külön előnye, hogy a működéséhez felhasznált villamos energia nagyon alacsony, mindössze 5-8%-a a termelt energiának (GREENPEACE, 2011). A biomassza erőműveket ott hozták létre, ahol rendelkezésre áll nagy mennyiségű biomassza hulladék, az osztrák legelők és szántóföldek közelében (26. ábra). Ez a technológia összehasonlítva egyéb erőművekkel a bekerülési költség alacsonyabb szintje miatt igen versenyképes. A berendezést biztonságosan és megbízható módon lehet működtetni, a karbantartási és javítási munkálatok hasonlóak, mint a hagyományos dízel generátoroknál. Ezeken a területeken a biogáz hozzájárul az energiahatékonyság növeléséhez, mivel a biogáz energiataralmának nagy része a viszonylag kicsi szállítási távolság miatt veszteség nélkül szállítható el a fogyasztóhoz.



Forrás: BIOMASSE-VERBAND, 2012

26. ábra Osztrák CHP biomassza erőművek elhelyezkedése

Mivel az osztrák biogáz ágazat növekedését példaként hozzák fel Európában, célszerű megvizsgálni a biogáz üzemek ellátásához szükséges alapanyagokra vonatkozó referenciahozamot (10. táblázat). Ausztriában külön vizsgálatot végeztek az állattenyésztési ágazaton belül. Ennek eredménye, hogy a tehén trágyából előállított biogáz mennyisége és az abból termelt elektromos teljesítmény kiugróan a legmagasabb az összes alapanyag közül. A növényi alapanyagokat illetően itt is bebizonyosodott, hogy a kukorica (silókukorica), illetve lucerna értékei bizonyultak legjobbnak.

10. táblázat

A biogázra vonatkozó referenciahozamok Ausztriában

	100 tehén	100 hízó marha	100 hízósertés	100 tenyészkoca	1 hektár legelő	1 hektár silókukorica (18t TS)	1 hektár lucerna (14t TS)
m ³ biogáz/nap	210	60	15	20	14	32	20
kW _{el}	17	5,3	1,2	1,9	1,2	2,5	1,5
kW _{el} /év	150 000	46 000	10 500	16 500	10 000	21 000	13 500

Forrás: BIOMASSE-VERBAND, 2012

2006-ban az osztrák biogáz addig töretlen fejlődése megállt, stagnálni kezdett, ami mind a beüzemelt üzemek számában, mind pedig a beüzemelt villamos energia teljesítményben megmutatkozott. Ennek egyik oka a biogáz üzemek hatékonyságának hiánya, a másik az osztrák betáplálási rendszer problémája, amelynek megoldása az elmúlt években a tudományos élet szereplőit foglalkoztatta. Érdekes megállapítást tett KIRCHMAYER (2010) az osztrák biogáz üzemek hatékonyságára vonatkozóan, mikor bemutatta, hogy a 2009-ben a földgáz hálózatba betáplált biogáz mennyisége (918 000 m³) az összes gázfogyasztásnak (9,5 milliárd m³) csak 0,01%-át képes helyettesíteni. Az osztrák biogáz beruházások stagnálásának ellenére még számos elkezdett és be nem fejezett biogáz projekt fut Ausztriában, ebből kettő a biogáz előállításán belül biometán, azaz a gépjármű hajtóanyag gyártásával fog foglalkozni. A két új üzemmel együtt Ausztriában összesen 11 biogáz üzem fog CBG-t előállítani 2013. végére.

Az osztrák Szövetségi Környezetvédelmi Hivatal (Umweltbundesamt) által kiadott tanúsítvánnyal rendelkező biogáz üzemek a biometánt az általános földgáz-hálózatba táplálhatják be, vagy alternatív üzemanyagként értékesíthetik. A jelenleg működő 9 biogáz tisztító üzem elhelyezkedését,

az általuk alkalmazott technológiát és az üzem biometán előállítási kapacitását szemlélteti a 11. táblázat. Az osztrák Energia Ügynökség kampányok keretében hirdeti a sűrített földgáz (CNG) és a sűrített biometán (CBG) üzemanyagokban rejlő lehetőségeit a környezetvédelem, ezen belül az ÜHG csökkentés, a környezetszennyezés csökkentése, és az energiatakarékosság területén. Ugyanis a tisztított „nemesített” földgáz minőségűre javított biogáz (biometán) – üzemanyagként felhasználva (CBG) – más megújuló energiahordozókhoz viszonyítva kiugró értékeket képes elérni. A biometán tüzelőanyag használatával a gázüzemű jármű akár 1 360 MWh utaskilométerenkénti többletteljesítményre képes (PUCKER et al., 2010).

11. táblázat

Biogáz tisztítók Ausztriában

Helység	Indítás éve	Alkalmazott technológia	Kapacitás (m ³ /h)
Pucking	2005	adszorpciós nyomás	6
Bruck an der Leitha	2007	membrán	100
Margarethen am Moos	2007	membrán	35
Eugendorf	2007	adszorpciós nyomás	40
Schwaighofen	2008	adszorpciós nyomás	18
Leoben (leállítva)	2010	amin abszorpció	80
Engerwitzdorf	2010	amin abszorpció	125
Asten/St. Florian	2010	vizes tisztítás	380
Wiener Neustadt	2011	membrán	130

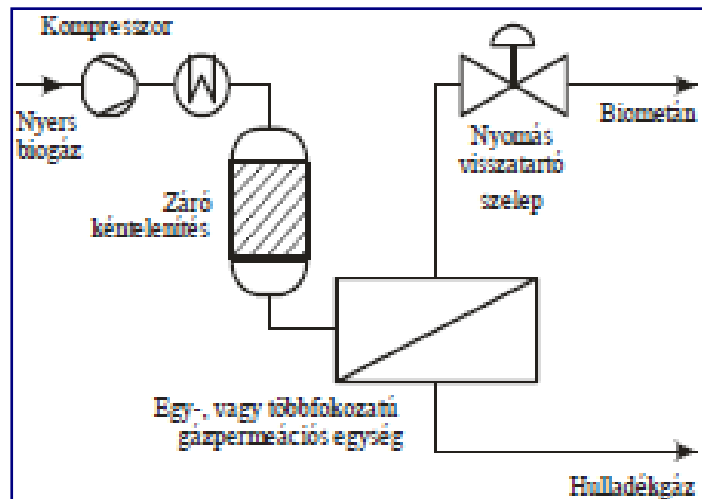
Forrás: EUROPEAN BIOGAS ASSOCIATION, 2012

Ausztriában a biometán, mint üzemanyag széleskörű használatának elterjedéséhez a megfelelő tankolási infrastruktúra kialakítása mellett a jelenleginél jóval több metángáz hajtású járműre lenne szükség. A Szövetségi Környezetvédelmi Hivatal által 2012-ben készített, a jelenleg működő biometán üzemek által előállított mennyiségre alapozott számításból kiderül, hogy a megtermelt biometán mennyisége (2,055 TWh) nagyjából 2 794 millió utaskilométernek felel meg. Ez a mennyiség az osztrák gépjárművek által megtett összesen 94 420 millió utaskilométernek 2,9%-át teszi ki évente.

2.4.3 A biogáz alkalmazása a gépjárműhajtásban

Ahogy a biogáz tisztításával a földgáz helyettesítésére alkalmas energiahordozó, gázvezetéken keresztül szállítható és felhasználható, úgy gépjármű meghajtására is alkalmassá tehető a biometán. A biogáz tisztítására számos technológia létezik, a biogáztisztítók választását befolyásolhatja az alap (tisztítatlan) biogáz mennyisége és minősége, a biogáz alapanyaga, a biometán elvárt minősége (ami országonként különböző lehet) valamint a biometán felhasználási módja. A tisztítás eredményeképpen képződött gáz nagyrészt metánból, kisebb részben széndioxidból áll. A szeparáció során a széndioxidot és az egyéb mellék összetevőket (O₂, N₂, H₂S, NH₃) leválasztják (ezáltal nő a metán gáz hőértéke). A technológiai folyamat következő lépése a gáz szárítása, majd a megfelelő nyomásszintre történő komprimálása.

Mivel a membrán technológia széles körben kínál elválasztási lehetőségeket sok helyen alkalmazható, többszörös membrán lépcsőket is be lehet iktatni, ezért a biogázból történő biometán előállítás folyamatábráját a gázpermeációs membrán-technológián keresztül mutatom be (27. ábra). A biogáz tisztításához olyan membránokat kell felhasználni, amelyek áteresztik a szén-dioxidot, a vizet és az ammóniát. A kén-hidrogén, az oxigén és a nitrogén csak meghatározott mértékben képes áthaladni a membránon, a metán csak egy igen kis mennyiségben. A sűrítést követően a nyers biogázt lehűtik, szárítják és eltávolítják az ammóniát.



Forrás: TUW, 2012

27. ábra Gázpermeációs membrán technológia folyamatábrája

A kompresszor (28. ábra) hulladék hőjét felhasználva, a maradék kén-hidrogén eltávolítása vas-, ill. cink-oxiddal történő adszorpcióval történik. A folyamat végén a gáz, egy vagy többlépcsős gázpermeációs egységbe kerül (TUW, 2012).



28. ábra Biogáz kompresszor

A biogáz, mint üzemanyag felhasználására 2 különböző változat létezik:

- Sűrített biogáz (Compressed Biogas, CBG) a CNG helyettesítésére
- Folyékony biogáz (Liquid biogas, LBG) az LPG helyettesítésére

A CBG majdnem kizárólag könnyű gépjárművek hajtására alkalmas, környezetével azonos hőmérsékletű, megközelítőleg 200 kg/cm² nyomás alatti üzemanyag (29. ábra).

A könnyű járművek esetén a CBG fogyasztás mintegy 6-8 m³/100 km, míg a nehéz gépjárművek esetén ez 25-35 m³/100 km is lehet, amely már megegyezik a könnyű járművek benzin, illetve a nehéz járművek gázolaj fogyasztásával. 1 m³ CBG 200 m³ sűrítés nélküli biometánnak felel meg.



29. ábra Biogáz tartály (95 százalék CH₄)

Az LBG ugyanolyan gáz, mint a CBG, csak folyékony állapotú, így térfogata harmada a CBG-nek (600-szor kisebb, mint a sűrítés nélküli biometán). A tárolás helyigénye és a befogadó tank kapacitás tekintetében kétség kívül jelentős előnnyel bír a CBG-vel szemben. Hőmérséklete közel -160°C, könnyű és nehéz gépjárművek hajtására egyaránt alkalmas. Ennek alapján kijelenthető, hogy a technikai és fizikai paraméterek a folyékony biogáz előállítását ösztönzik, ugyanakkor a jelenlegi gépjárműpark a CBG befogadására képes. A biometán előállítás termékeit 3 csoportba lehet sorolni, ezek az előállítás és tárolás során alkalmazott nyomásban és hőmérsékletben különböznek egymástól, amelynek fényében halmazállapotuk is különböző (12. táblázat).

12. táblázat

A biometán felhasználása a gépjárműhajtásban, a CBG, LBG, CLBG közötti különbségek

A biometán felhasználása a gépjárműhajtásban							
Folyamat	Paraméter	Az előállítás során				A gépjárműben	
	egység	Üzem	Szállítás	Raktározás	Üzemanyag feltöltés	Üzemanyag tank	Motor
CBG	Nyomás kg/cm ²	200	200	200	200	200	munka motor
	Hőmérséklet °C	környezet	környezet	környezet	környezet	környezet	
LBG	Nyomás kg/cm ²	léggöri	léggöri	léggöri	léggöri	léggöri	munka motor
	Hőmérséklet °C	-160	-160	-160	-160	-160	
CLBG	Nyomás kg/cm ²	léggöri	léggöri	léggöri	200	200	munka motor
	Hőmérséklet °C	-160	-160	-160	környezet	környezet	

Forrás: IEA Bioenergy, 2009

A gázüzemanyagok magas oktánszámuk miatt nem tartalmaznak kopogás gátló adalékanyagokat. A gáz halmazállapotú hajtóanyag tökéletesen elkeverhető a motorba jutó levegővel. A legjelentősebb előny, hogy az autógázok egyszerű szénhidrogén vegyületeket tartalmaznak, nem úgy, mint a hagyományos üzemanyagok. A sűrített földgáz és a biometán döntő része metán, (CH₄) amely a legegyszerűbb szénhidrogén vegyület. A felsorolt tulajdonságok miatt az autógáz tökéletesebben ég el, mint a hagyományos üzemanyag (30. ábra). A kipufogógáz kevesebb rákkeltő hatású, policiklikus aromás vegyületet tartalmaz. A nitrogénoxid (NO_x) kibocsátás 20-40 százalékkal, a szénmonoxid (CO) 60-90 százalékkal, a szénhidrogén (CH) 40-60%-kal kevesebb, mint benzinüzemben. A tökéletesebb égés következtében szilárd részecskék (PM) a gázüzemű autók kipufogógázában nem találhatók. A benzin üzemhez képest a légkörbe jutó káros anyag mennyisége, különösen a régebbi típusú karburátoros autók esetében csökken jelentősen. A gáz-levegő jobb keveredési tulajdonságainak köszönhetően az olajfogyasztás lecsökken, az olajcsere periódusa megduplázódik, ennek következtében kevesebb fáradt olaj keletkezik. A gázüzemanyagoknak környezetvédelmi szempontból előnyös tulajdonságai még szabályozott keverékképzésű katalizátoros járműveknél is igazolhatók. Különösen előnyös az autógázok viszonylag magas hidrogén tartalma (FIAT, 2012).



30. ábra Biogáz töltőállomás Németországban

A biometán, mint üzemanyag jelenlegi ismereteink szerinti további előnye:

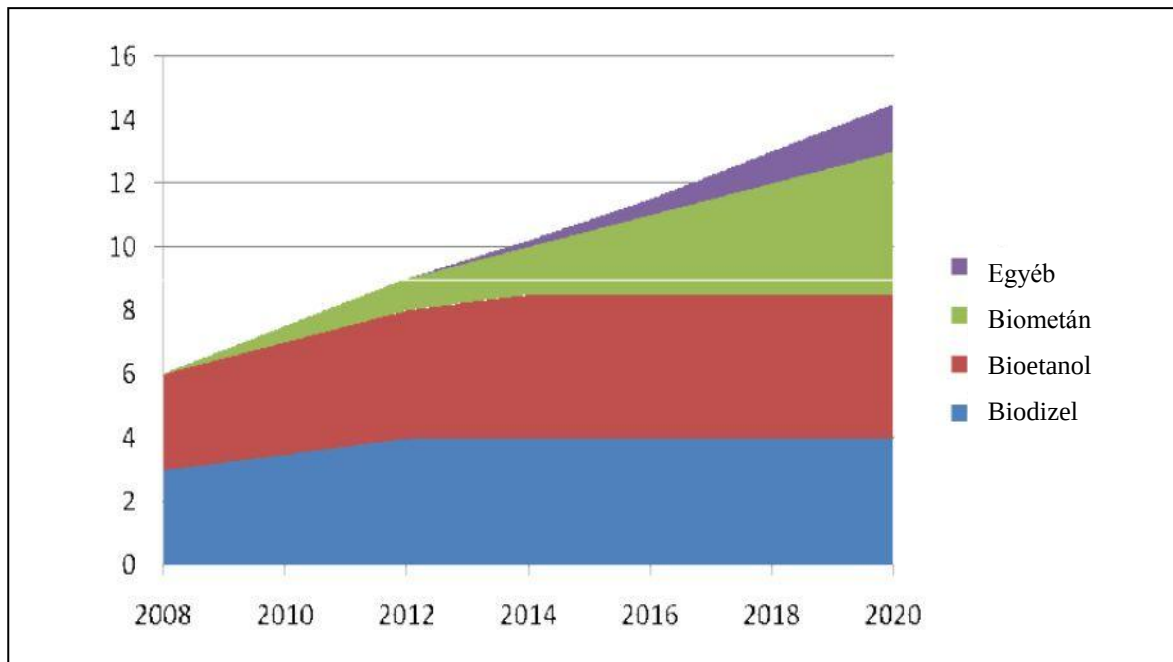
- mivel a CNG és a CBG technikai paraméterei szinte ugyanolyanok, ezért a már meglévő földgáz töltőállomások használhatók biometán töltésére,
- a biometán hajtóanyag egyenértéke 1,4-szer nagyobb, mint fosszilis megfelelőjének,
- az egy hektár területől származó alapanyagból készített biometán nagy üzemanyag egyenértékű teljesítményt tesz lehetővé,
- a biometán képes csökkenteni az egységnyi földterületért folyó versenyt, helyt adva az élelmiszertermelés alapanyagainak,
- a biometán kedvező égési tulajdonságainak köszönhetően akár 80 százalékkal is csökkenthető a légkörbe bocsátott nitrogén-oxidok és a reakcióképes szénhidrogének mennyisége a fosszilis benzinhoz és gázolajhoz képest (AEBIOM, 2010),
- felhasználásának jövedelmezősége a fosszilis hajtóanyag felhasználással szemben egyértelmű,
- a biometán üzemű gépjárművek fokozatos terjedésével javul az ezeket kiszolgáló infrastruktúra, kényelmesebbé és elérhetőbbé válik ezek használata.

A gépjárműhajtásra szolgáló biometán kihívásai:

- Mivel a gázüzemanyag fűtőértéke alacsonyabb így azonos feltételek mellett a gépkocsi motorjának teljesítménycsökkenése 5%-on belül van. Tehát azonos teljesítmény eléréséhez több üzemanyagra van szükség gázüzemben, mint benzinüzemben. Ez mintegy 10-15%-os fogyasztásnövekedést jelent literben számolva. A túlfogyasztás mértéke pozitív és negatív irányban is jelentősen függ a motor állapotától, főleg a gyújtórendszer tekintetében és a vezetési stílustól is. Az autógáz kedvező árának köszönhetően esteleges további felhasználást ösztönző támogatások bevezetésével jelentős üzemeltetési költségmegtakarítás realizálható hazánkban,
- A fosszilis üzemanyagokhoz képest a biometán jelenleg hátrányban van az elosztó rendszere és a kiépítetlen töltőállomás hálózat miatt,
- A meglévő autópark jövőbeni fokozatos adaptációja szükséges, amellyel a könnyű és nehéz gépjárművek alkalmassá tehetők a biogáz felhasználására.

A biogáz biometán formájában történő felhasználása a fentebb leírtak ellenére is ígéretes jövőnek mutatkozik, amellyel a Megújuló Energia irányelvben 2020-ra megfogalmazott 10%-os bioüzemanyag felhasználás biztosítható. A 31. ábra szemlélteti a 2020-ra Európában elérendő 10%-

os bioüzemanyag felhasználását a biohajtóanyagok megoszlása szerint a fosszilis üzemanyag használat százalékában. Az előrejelzésből látható, hogy a biodízel és a bioetanol felhasználása 2008-tól kezdve dinamikusan növekszik, csúcspontját 2014 körül éri el. Ugyanakkor a növekvő biometán felhasználás 2020-ra lényegében eléri a bioetanol és biodízel mennyiségét.



Forrás: AEBIOM, 2008

31. ábra Az EU 2020-ra elérendő bioüzemanyag felhasználásának összetétele

A biomasszából előállítható bioüzemanyagokat megvizsgálva arra a következtetésre jutottam, hogy **a biometán az egyetlen olyan biomassza termék**, amely semmilyen érdekcsoportnak, illetve többek között az élelmezés-, a csomagoló-, a takarmányipar **érdekeit sem sérti**, sőt jelentősen **hozzájárul a környezetbiztonság, így a környezetvédelem fenntartásához**.

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

Disszertációm elkészítése során Európa és hazánk energiafüggőségének csökkentési lehetőségeit vizsgáltam a biomasszából származó megújuló bioüzemanyagok – ezen belül az első generációs bioetanol és biodízel, valamint a hulladékból, illetve szennyvízből előállítható biogáz – alkalmazásával az élelmezés-, takarmányozás- és környezetbiztonsági, valamint gazdaságossági szempontokat figyelembe véve. Ehhez kapcsolódóan **elemeztem** az EU27 és Magyarország fosszilis üzemanyag függőségét a rendelkezésre álló kereskedelmi adatok alapján. Összefoglaltam az Európa 2020 Stratégiának a közlekedésben felhasználandó megújuló üzemanyagokra vonatkozó főbb elvárásait, illetve Magyarország ezzel kapcsolatban tett vállalásait, hiszen ezek a vállalások kötelező érvényűek, be nem tartásuk büntetést von maga után. Ebből kifolyólag nagymértékben befolyásolja az ország 2020-ig terjedő időszakra vonatkozó bioüzemanyag-politikáját.

3.1 ALAPADATOK FORRÁSA

A globális energia-előállításra és energia-fogyasztásra, valamint a globális gabonatermelésre és etanol előállításra vonatkozó feldolgozott adatok jelentős része nemzetközi energiaügynökségek (International Energy Agency, IEA; Energy Information Administration, EIA) és az F.O.LICHT statisztikáiból származik, a hosszú távú prognózisok elemzésénél az U.S. Department of Agriculture (USDA) dokumentumaira hagytam, melyek a szervezetek honlapján, angol nyelven elérhetőek.

A bioüzemanyagok az európai közlekedési ágazatban történő használatára vonatkozó adatait az alábbi forrásokból nyertem:

- Environmental Protection Agency (EPA)
- European Biomass Association (AEBIOM),
- European Biodiesel Board (EBB),
- EUROSERVER,
- EUROSTAT,
- ENSZ Élelmezésügyi Szervezete (FAO)
- F.O.LICHT
- TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN (TUW)
- Központi Statisztikai Hivatal (KSH)

A bioüzemanyagok hazai lehetőségeivel kapcsolatosan viszonylag kevés átfogó tudományos közlemény született, így a magyar példák bemutatásánál elsősorban a POPP-POTORI (2011) szerkesztésében kiadott biomassza könyvet és SOMOGYI (2012) Ph.D értekezés adatait tekintem mérvadónak – azaz **szekunder forrásként** használtam fel.

A biogáz célzott helyzetelemzésének vizsgálatánál az adatokat az országos energiaügynökségektől vagy szakmai szervezetektől beszerezhető alapadatokról kalkuláltam. A következő meghatározó statisztikai forrásokra támaszkodtam:

- FACHVERBAND BIOGAS - német adatok,
- ENERGIE-CONTROL – osztrák adatok,
- BIOMASSE-VARBAND – osztrák adatok,
- KSH és MAGYAR ENERGIA HIVATAL – magyar adatok,

- MAGYAR BIOGÁZ EGYESÜLET – magyar adatok.

Mivel eltérő, gyakran egymásnak ellentmondó adatokkal találkoztam a működő biogázüzemek számának, az általuk termelt elektromos energia vagy hőenergia mennyiségének tekintetében, ezért TIHANYI et al. (2012) **számítási metodikája alapján becsültem** az országban felhasznált biogáz maximum teljesítményét, hogy azt össze tudjam hasonlítani az ország fosszilis földgáz felhasználásával. Ezen túlmenően a 2011. évi biogáz mennyiségi adat még nem áll rendelkezésre.

Magyarországon nem folynak a biogáz előállítás céljára szolgáló mezőgazdasági eredetű élelmezési és energetikai célt szolgáló alapanyagokra vonatkozó összehasonlító kutatások, ezért a németországi triesdorfi mezőgazdasági tanintézet, a LANDWIRTSCHAFTLICHEN LEHRANSTALTEN (LLA) méréseinek eredményét vettem alapul. Az LLA által vizsgált mintegy 25féle energianövény közül azt a négyet választottam ki, amelyek hazánk agroökológiai adottságainak megfelelően itthon is termesztethők, mérési eredményeit pedig a biogáz előállításához használt, referencia alapanyagként számon tartott kukoricához viszonyítottam. A „Szarvasi-1” energiafű gazdaságossági vizsgálatakor a vállalkozásra vonatkozó CBA elemzés input adataihoz **primer adatokat** használtam fel, amelyek a BIKAZUGI MEZŐGAZDASÁGI NONPROFIT KFT-től származnak. Az önköltségi és a piaci árak összehasonlítása érdekében piackutatás végeztem, amelyben a mezőgazdaságban alkalmazott szolgáltatási árakat vizsgáltam. A piackutatásból származó összehasonlító adatokat a VM Pétervásárai Mezőgazdasági Szakképző Iskola, a Vásárhelyi RÓNA Kft, valamint a Mezőgazdasági Gépesítési Intézet adta. A silókukoricára vonatkozó adatokat szintén egy releváns művelést folytató mezőgazdasági cég, a PÁLHALMAI AGROSPECIÁL KFT bocsátotta rendelkezésemre. Így a silókukorica termesztési és biogáz alapanyagként történő tárolásának költségeit, valamint a biogáz alapanyagként történő értékesítéséből származó bevételeket primer adatok feldolgozásából nyertem. A „Szarvasi-1” energiafűhöz hasonló CBA számítást végeztem a silókukorica vonatkozásában is, hogy a jelenérték, a megtérülés és a fajlagos költség tekintetében a két biogáz alapanyag relevánsan összehasonlítható legyen.

A biometán városi felhasználására vonatkozó nemzetközi adatok tekintetében az Európai Unió finanszírozásában megvalósuló „soft”, azaz tudásalapú projektet –BIOGASMAX- vettem kiindulópontnak (RTD Contract: 019795), ahol a projektben részt vevő városok a biogáz összetétel és az előállítható hajtóanyag minősége alapján alkották meg a városra vonatkozó biometán alkalmazási modelljüket. A tanulmány eredményeiből kiindulva vizsgáltam meg Budapest erre vonatkozó lehetőségeit. Budapest Főváros érdekeltségébe tartozó cégek, mint például a Fővárosi Csatornázási Művek (FCSM), Budapesti Közlekedési Központ (BKK), illetve a Budapesti Közlekedési Vállalat (BKV) által rendelkezésemre bocsátott **alapadatai**, a MAN Hungary Kft által a CNG buszokra megadott aktuális ár- és emissziós adatok, valamint a ZALAVÍZ Rt által közölt **referenciaadatok segítségével végeztem számításokat**. Mivel az FCSM és a ZALAVÍZ adatai üzleti titoknak minősülnek, a BKV pedig konkrét, járműtípusra vonatkozó üzemanyag-fogyasztási és emissziós adatokkal nem rendelkezik, ezért a budapesti lehetőségek számszerűsítése **becsléseken** alapul.

A vörösiszap katasztrófa sújtotta kolontári területen folytatott kármentesítés fitoextrakcióra és megújuló energia-termelés egyesítésére vonatkozó vizsgálataimat az EÖTVÖS LÓRÁND TUDOMÁNYEGYETEM, NÖVÉNYÉLETTANI ÉS MOLEKULÁRIS NÖVÉNYBIOLÓGIAI TANSZÉKÉVEL közösen a BIKAZUGI MEZŐGAZDASÁGI NONPROFIT kft telepén és az **egyetem laboratóriumában** végeztük, amelyben a „Szarvasi-1” energiafű azon képességeit vizsgáltuk, hogy a növény képes-e és milyen mértékben tolerálni a nehézfémeket, a növényben felhalmozódott nehézfém koncentrációt egyszeres és többszörös nehéz-fém kezelés esetén.

3.2 Kutatási módszerek

Kutatómunkám célkitűzéseivel kapcsolatban feltett Miért? Mit? Mikor? Hol? és Hogyan? kérdések komplex megválaszolására törekedtem a „Szarvasi-1”energiafű a megújuló energiatermelésben betöltött helyének vonatkozásában. A kitűzött cél elérésével kapcsolatosan megfogalmaztam kutatási hipotéziseimet, amelyek bizonyítása egymásra épülve adják meg a doktori értekezésem felépítését, szerkezetét. Kifejtettem és megmagyaráztam a vizsgálandó fogalmakat, amelyek a fenntartható fejlődésre, a megújuló energiákra és a bioüzemanyagokra vonatkoznak. A vizsgálati kört először széles spektrumban fogalmaztam meg, majd koncentrálni disszertációm címére, bemutatom a „Szarvasi-1”energiafűben rejlő lehetőségeket.

Ennek ismeretében a kutatás célkitűzéseinek megfelelően összegyűjtött alapadatokat elemeztem. A kitűzött vizsgálati célok eléréséhez **szekunder adatokból** dolgoztam, ennek értelmében feldolgoztam a megújuló energiához kapcsolódó **hazai és nemzetközi szakirodalmat**. A disszertációm elkészítése során 94 különböző hazai és nemzetközi tudományos publikációt és szakirodalmat dolgoztam fel, beleértve a nemzetközi és hazai szervezet honlapján található statisztikai adatokat is.

A szakirodalom feldolgozása során arra törekedtem, hogy a legfrissebb tudományos eredményeket és a széles körű nemzetközi adatbázisra épülő összefüggéseket vizsgáljam, mivel a megújuló energia felhasználásával, a bioüzemanyagok fejlődésével kapcsolatban folyamatosan újabb és újabb eredmények látnak napvilágot. Az első generációs bioüzemanyagok és a biogázhoz kapcsolódó szakirodalom feldolgozásakor **dokumentumelemzést, komparatív elemzéseket** végeztem.

A disszertációban megfogalmazott kutatási területekre vonatkozó **dokumentumelemzés** során jelentős mennyiségű szakmai publikációt, jogszabályt és technológiai leírást tekintettem át, elsősorban a szakmai forrást adó kutató és a jogszabályt megalkotó ország eredeti nyelvén, többségében német és angol nyelven. Ezen túlmenően a biogáz tekintetében feldolgoztam a hazai és a jelentős biogáztermelő országok megújuló energiára vonatkozó, az Európa 2020 stratégiával kapcsolatos dokumentumait (Nemzeti Megújuló-energia Cselekvési Tervek).

A bioüzemanyagokra vonatkozó szakirodalom elemzése kapcsán összegyűjtött dokumentációt **PESTEL** (politikai, gazdasági, társadalmi, technológiai, környezetvédelmi) **analízis** alkalmazásával rendszereztem, ugyanis az egyik legalkalmasabb módszer a lehetőségek és kockázatok meghatározására.

Önálló alfejezetben foglalkozom a bioetanol, a biodízel és a biogáz, mint bioüzemanyagok előállításának kérdéseivel az élelmezés-, energia- és környezetbiztonság tükrében. A három bioüzemanyag helyzetére vonatkozóan **SWOT analízist** végeztem, ennek eredményét a hagyományos táblázati módszer helyett az adott területen betöltött szerepük szerint **deskriptív módon** mutattam be, mivel így lehetőség nyílt a szükséges magyarázatok kifejtésére is.

Összehasonlító vizsgálatot végeztem a biogáz előállítására szolgáló négy növény (referencia: kukorica, „Szarvasi-1”energiafű, Óriás szilfium, Vesszős köles) szárazanyag tartalmának, friss tömeghozamának, száraz tömeghozamának, metán kihozatalának és metánhozamának kísérleti eredményeinek összegzésével.

A „Szarvasi-1” energiafű, valamint a kukorica termesztés gazdaságossági vizsgálatához a **primer és szekunder adatok** feldolgozásához és rendszerezéséhez **Microsoft Excel táblázatkezelő programot** használtam. Az elvégzendő költség-haszon elemzéshez (CBA) először létrehoztam és bevitettem a gazdasági elemzéshez szükséges input adatokat, majd az elemzéshez alkalmas **képleteket és mutatókat képeztem egy megbízhatósági faktort beépítve a számítási metodikába**. Erre azért volt szükség, mert az értékesítésből származó bevételeket a „Szarvasi-1” energiafű tekintetében csak az első 2 évben lehetett biztosra venni, amikor a befektető aláírt előszerződéssel rendelkezik a betakarított mennyiségre. A további években a biogáz piac erősödésére és a „Szarvasi-1” energiafű iránti növekvő keresletre lehet számítani. Az

alaperedményeket diszkontálva megkaptam a „Szarvasi-1” energiafű termesztéshez szükséges beruházás Nettó Jelenértékét, illetve a megtérülési rátát. A diszkontálás nélküli és diszkontált pénzáramok mellett a döntési kritériumok közül a megtérülési időt is ismertetem. A jobb összehasonlíthatóság érdekében a silókukorica esetén ugyanezt a módszertant követem.

A „Szarvasi-1” energiafű egyéb hasznosításának vizsgálatokor egy korábbi alap kutatás eredményeire támaszkodom, amely alap kutatás a „Szarvasi-1” energiafű szennyvíziszap kezeléssel történő termesztésének kísérletére vonatkozik. A termesztési kísérlet zárt acél edényekben valósult meg, ezzel garantálva, hogy a kísérlet folyamán szennyező anyag nem juthatott a termőrétegbe és a mély talajrétegekbe. Továbbá biztosítottuk, hogy a szélsőséges kísérleti körülmények között a szennyvíziszap kihelyezésével termesztett „Szarvasi-1” energiafű, és annak adott esetben extrém mennyiségű szennyvíziszapot tartalmazó táptalaja maradéktalanul elszállítható legyen. A kísérlet során, a szennyvíz tisztítási technológiák különbözőségének figyelembe vételével a leginkább jellemző három tisztítási metodika mentén végtermékként képződő szennyvíziszap került felhasználásra. A felhasznált iszap biztosította a Szarvasi-1 energiafű számára a szükséges tápanyagokat és a szükséges vízellátást, ezzel párhuzamosan részben vagy teljesen megoldódott a szennyvíziszap ártalmatlanítása is. Külön vizsgálat tárgyát képezte a három legjellemzőbb szennyvíziszap-tisztítási technológia végtermékeként képződő különböző szennyvíziszapok esetében a mikorrhizával kezelt edényekben – a fentebb említett kezeletlen mintákhoz képest – elért különbségek monitorozása, elemzése. Kritériumként jelent meg, hogy a kezelt területen javult-e a növény toleranciája a szennyvíziszap meghatározott alkotórészeivel szemben, intenzívebb lett-e a növekedési erélye (biomassza produkciója), valamint növekedett-e akkumulációs képessége. A kialakított kísérleti vetések mellé a referencia értékek meghatározásához szennyvíziszap kijuttatása nélküli vetésterület került kialakításra, mikorrhiza inokulumokkal kezelt, illetve kezeletlen területen.

A különböző szennyvíziszapokkal kezelt talajmintákon történő „Szarvasi-1” energiafű termesztés kutatásának során vizsgált szempontok háromféle szennyvíziszap alkalmazásával, mikorrhizával kezelt és kezeletlen vetések esetén, hagyományos talajerő visszapótlással termesztett, mikorrhizával kezelt és kezeletlen referencia területekhez viszonyítva:

- A növény tápanyagvétele után a talajban visszamaradt nehézfém és egyéb szennyező anyag tartalom.
- A növény tűrőképességének, élettani paramétereinek vizsgálata.
- A növény akkumulációs képességének vizsgálata.
- A learatott növényi részek tüzeléstechnikai vizsgálata.

A kutatásban alkalmazott módszerek:

- a talajminták teljes körű analízise: összes és felvehető elemtartalmak meghatározása,
- a növényi biomassza analitikai vizsgálata, a tápelemek megoszlásának mérése a növényben,
- növekedési paraméterek rendszeres vizsgálata (száraz/nedves biomassza),
- fiziológiai állapotfelmérés (klorofill-tartalom, CO₂-megkötés, transpiráció),
- növényi stresszélettani mérések (fotoszintézis: fluoreszcencia indukció, vízhasznosítási hatékonyság, enzimaktivitás-vizsgálatok),
- arbuszkuláris mikorrhiza kolonizáció becslés,
- az inokulumokban található törzsek jelenlétének monitorozása,
- tüzeléstechnikai mérések

A kutatási eredmények összefoglalva jelen disszertációban jelennek meg először tudományos formában.

A negyedik hipotézisként felállított talaj kármentesítés, fitoextrakció és megújuló energiatermelés egyesítésének gazdaságossági vizsgálata a fentebb leírt tudományos kísérlet eredményeire támaszkodik. Az előállított „Szarvasi-1” energiafű tüzeléstechnikai célú termesztését, a

szennyvíziszap kezelés problematikájának alternatíváját egyszerű **pénzáram vizsgálattal, empirikus módszerrel és becslésekre alapozott számításokkal** kívántam igazolni.

A biometán nagyvárosi perspektívájának vizsgálatakor nemzetközi dokumentumokat, európai városok projektleírásait és a projekt záródokumentumokat rendszereztem, összehasonlító táblázatba rendezve az európai tapasztalatokat.

A budapesti adatok tekintetében szekunder adatok feldolgozásával és kapcsolódó aránypárok alkalmazásával, extrapolációval végeztem becsléseket a modell felállításához. A modell arra keresi a választ, hogy egy jövőbeni- európai uniós finanszírozású- projekt keretében megvalósítandó biogáz gyártó és a hozzá kapcsolódó biometán tisztító kapacitás kiépítése, a szükséges töltőállomások elhelyezése, a biometán üzemű autóbuszok beszerzése rövid-, közép- és hosszú távon milyen költségekkel, illetve megtakarítással jár közvetlenül a BKV-nál, közvetve Budapest Főváros Önkormányzatának, ezen felül milyen egyéb környezetvédelmi hasznot hozhat az országnak.

4 EREDMÉNYEK

4.1 AZ ELSŐ GENERÁCIÓS BIOÜZEMANYAGOK ÖSSZEHASONLÍTÁSA

Mivel az éghajlatváltozás globális probléma, amely több nemzetgazdasági ágazatot érint, közös és azonnali cselekvést igényel. „A megújuló energiaforrások előállítása fontos szerepet játszhat az energetikai- és mezőgazdasági piacok stabilizálásában, a környezet védelmében és - komplex energiatermelő rendszerekben – a vidéki térségek gazdasági-társadalmi felemelkedésében is” (BAI, 2010)”.

Ahhoz, hogy a biomasszából előállítható biohajtóanyagok (bioetanol, biodízel és biogáz) közül el tudjuk dönteni, melyik szolgálhatja legjobban a társadalom érdekeit közép- és hosszú távon, az üzemanyagoknál részletezett alapanyag és előállítás szerinti problematikán túlmenően, meg kell vizsgálni ezeknek az üzemanyagok a gépjárműhajtás technológiai és motorikus paramétereire gyakorolt hatását is.

4.1.1 A biohajtóanyagok összehasonlítása főbb jellemzőik alapján

A 13. táblázat részletesen bemutatja a bio-motorhajtóanyagokat főbb jellemzőik alapján összehasonlítva fosszilis megfelelőikkel. Ebből megállapítható, hogy mind az első generációs bioetanol, mind a biodízel esetében a hajtóanyag egyenértéke kisebb, mint a fosszilis referenciájuk értéke (az etanol a benzin energiatartalmának kb. 60%-át, a biodízel a gázolaj energiatartalmának kb. 90%-át képviseli). Annak ellenére, hogy jelentős oxigéntartalmuk miatt tökéletesebb égést tesznek lehetővé, ugyanakkora út megtételéhez bioetanolból vagy biodízelnél nagyobb mennyiségre van szükség, amely drágítja a bioüzemanyag fajlagos fogyasztói árát. Ez a tény viszont megkérdőjelezi a bioetanolt vagy biodízelt használó gépkocsi üzemeltetők gazdasági hasznát. Ennél a BtL valamivel jobb értéket képvisel, mivel a gázolajhoz viszonyított hajtóanyag egyenértéke 0,93 l. A metán fűtőértékében több, mint 20%-kal, hajtóanyag egyenértékében pedig 40%-kal haladja meg a referenciának használt 95-ös benzin értékét.

13. táblázat

Bio-motorhajtóanyagok főbb jellemzői

Motorhajtó- anyag	Sűrűség	Fűtőérték		Viszkozitás	Cetán- szám	Lobbanás pont	Hajtóanyag egyenérték
	(kg/l)	(MJ/kg)	(MJ/l)	(mm ² /s)		(C°)	(l)
Gázolaj	0,84	42,7	35,9	4-6	50	80	1
Repceolaj	0,92	37,6	34,6	74	40	317	0,96
Biodízel	0,88	37,1	32,7	7-8	56	120	0,91
BtL*	0,76	43,9	33,5	4	>70	88	0,93

* Biomass to Liquid – Fischer-Tropsch

Motorhajtó- anyag	Sűrűség	Fűtőérték		Viszkozitás	Cetán- szám	Lobbanás pont	Hajtóanyag egyenérték
	(kg/l)	(MJ/kg)	(MJ/l)	(mm ² /s)	(ROZ)	(C°)	(l)
Benzin (95-ös)	0,76	42,7	32,5	0,6	92	<21	1
Bioetanol	0,79	26,8	21,2	1,5	>100	<21	0,65
Metán	0,72	50,0	36,0*	-	130	-	1,4

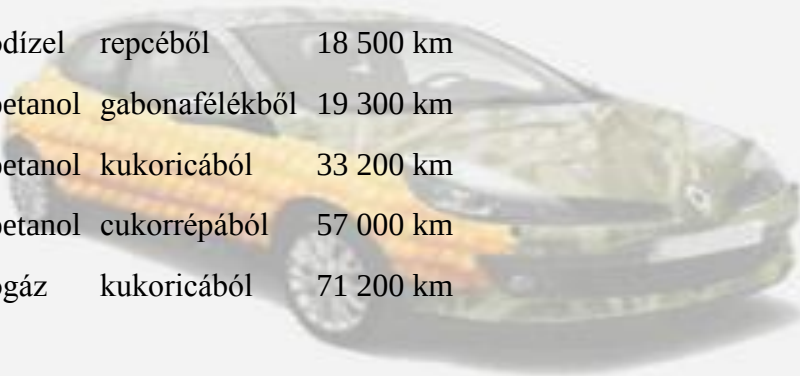
* MJ/m³

Forrás: HAJDÚ, 2006.

A vegyes üzemelésű gépkocsik tehát több üzemanyagot fogyasztanak etanolból, biodízelből és BtL-ből, mint benzinből és dízelolajból 100 kilométerenként (POPP, 2006). Ezzel szemben a metánhajtású járművek fajlagosan 1,4-szer több utat képesek megtenni, mint benzinnel. Az uniós átlaghozammal, valamint 1400 cm³ benzinmotor és 1,6 l TDCi dízelmotor átlagos fogyasztásával számolva egy hektár területről származó alapanyag mennyiségből készített bioüzemanyag hatótávolságát mutatja a 32. ábra. (RENAULT, FORD, 2012),

Azonos motorteljesítmény mellett, a bioetanol hajtású személygépkocsik között a cukorrépából előállított bioetanol hatótávolsága a legnagyobb. Ugyanakkor a biogázos üzemre felkészített gépjármű mintegy 24%-kal több kilométert volt képes megtenni egy hektárról learatott kukoricából készült biogáz üzemanyaggal, mint a cukorrépából készült bioetanolos gépjármű. BAI (2010) számításai szerint *„egyetlen hektár 30 t/ha terméshozamú silókukoricából előállított biogáz tisztítást követően akár 40-50 ezer km megtételét is lehetővé teszi egy átlagos fogyasztású autóval, ami a többszöröse az olajnövények és gabonafélék energiahozamának”*.

A számítási módszer, a kihozatal mérése eltérő lehet a két számítás esetében, azonban egybehangzóan állítható, hogy a megtett távolság tekintetében a kukoricából előállított biogáz meghaladja a többi biohajtóanyagot.



Biodízel	repcéből	18 500 km
Bioetanol	gabonafélékből	19 300 km
Bioetanol	kukoricából	33 200 km
Bioetanol	cukorrépából	57 000 km
Biogáz	kukoricából	71 200 km

Forrás: ECOFYS alapján Saját összeállítás, 2012

32. ábra Az egy hektár terület alapanyagból előállított bioüzemanyag hatótávolsága

Mivel az energiatartalomban, így a hatótávolságban is különbség tapasztalható a bioetanol és biodízel, valamint fosszilis megfelelőjük között, logikus lenne a bioüzemanyag fogyasztói árának differenciálása, de a jelenlegi szintnél mindenképpen jóval olcsóbbnak kellene lennie a fosszilis üzemanyagok árához képest. Ezzel szemben a bioüzemanyag és fosszilis üzemanyagok árának feltüntetése – az üzemanyagtöltő állomásokon – térfogat (liter) és nem energiatartalom alapján történik, ami a bioüzemanyagok esetében a fogyasztók egyértelmű megtévesztése (POPP-SOMOGYI, 2007).

4.1.2 Biohajtóanyagok az egy kilométerre vetített energiahasználat tükrében

Az egy kilométerre vetített energiahasználat fényében egyértelműen a biogáz/biometán üzemanyag a legjobb, ezt követi a BtL és ezután egy nagyságrenddel magasabb, de a fosszilis megfelelőjénél még így is sokkal jobb értéket mutat a szalmából előállított bioetanol kilométerre vetített fosszilis energiahasználat értéke (14. táblázat).

14. táblázat

**Biomasszából előállítható bioüzemanyagok fosszilis energiahasználatára
alapanyag és előállítási mód szerint bontásban**

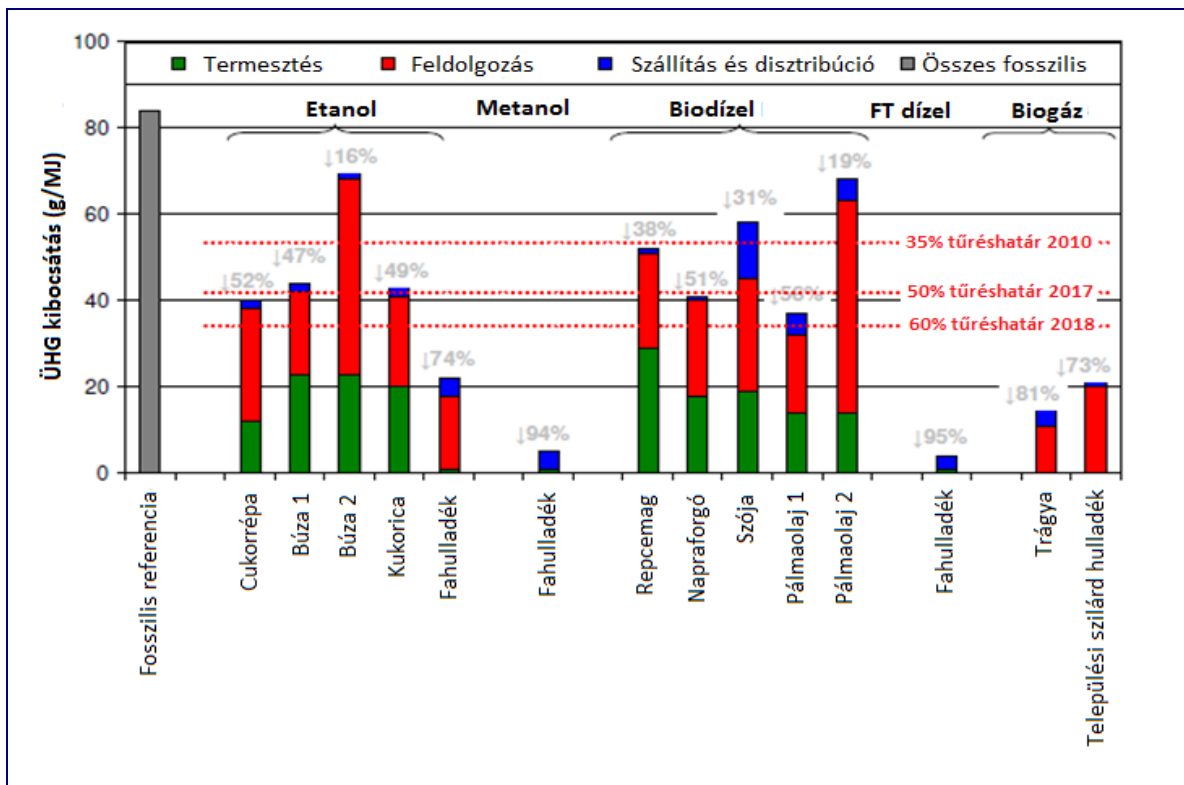
Referencia üzemanyag		Fosszilis energia használat (MJ/km)
Benzin		1,84
Gázolaj		1,69
Referencia üzemanyag biomasszából		
RME		0,6
Metán biogáz		0,03
Etanol		
	cukorrépából	1,41
	búzából	
	- etanol előállítás barnaszénnel	1,39
	- etanol előállítás biogázüzemmel	-0,68
	fás szárúakból	0,43
	szalmából	0,18
BtL	fás szárúakból	0,09
Hidrogén		
	Biogázzal, sűrített	0,17
	Fás szárúval, sűrített	0,16
33	Fás szárúval, cseppfolyósított	0,05

Forrás: ENERGIE-CONTROL, 2012

A táblázatból is jól látható, hogy az élelmezési célú alapanyagból származó bioetanol és biodízel nem a legtokéletesebb helyettesítői a fosszilis eredetű üzemanyagoknak. Az is leszögezhető, hogy az első generációs előállítási technológia nem nevezhető költséghatékonyak, állami támogatások nélkül fenntarthatatlan.

4.1.3 A biohajtóanyagok életciklusának ÜHG kibocsátása

Az egyik legvitatottabb kérdés manapság, hogy megéri-e első generációs bioüzemanyagokat gyártani és használni, mikor bár önmagukban jelentős ÜHG csökkentési képességgel rendelkeznek, ugyanakkor előállításukhoz ugyanúgy fosszilis energia szükséges. Az első generációs bioüzemanyagok terjedésével a megváltozott földhasználat (erdők kiirtása, mezőgazdasági ültetvények telepítése) ÜHG növekedést idéz elő, erre konkrét példa az ÜHG-t semlegesítő esőerdők kiirtása (33. ábra). Az ÜHG kibocsátás természetesen függ az alapanyag előállítás helyszínétől, a bioüzemanyag feldolgozó technológia korszerűségétől és a logisztikai útvonalaktól. Egyértelműen leszögezhető, hogy az ábrán pirossal jelzett feldolgozás, azaz maga a bioüzemanyag-előállítás jár a legnagyobb ÜHG kibocsátással, hiszen technológia függvényében ugyan, de mindenképp fosszilis energiát kell használni (pl. bioetanol előállítás során a desztilláció vagy az etanol melléktermékeinek szárítása). Ha referenciának a szürkével jelzett fosszilis energiahozó ÜHG kibocsátását tekintjük (100%), akkor a pálmaolajból előállított biodízel (56%) után a fahulladékokból készült bioetanol (74%) ÜHG csökkentési értékei a legjobbak, ugyanakkor messze elmaradnak a trágyából (81%) előállított biogáz kibocsátás megtakarítás értékeitől.



Forrás: SOMOGYI, 2012

33. ábra A bioüzemanyag alapanyagok életciklus alapján meghatározott ÜHG kibocsátása a fosszilis üzemanyaghoz képest

4.1.4 A bioüzemanyag alapanyagok energiamérleg szerinti összehasonlítása

Biohajtóanyag alapanyag termesztésének csak akkor van létjogosultsága, ha a teljes termesztési/előállítási folyamatnak jó az energiamérlege. Ennek értelmében cél az, hogy 1 egységnyi befektetett energia felhasználásával (mezőgazdasági gépek működéséhez szükséges üzemanyag, felhasznált műtrágya, feldolgozás és előállítás hő- és villamos energia igénye) minél több egységnyi felhasználható energiát nyerjünk. Tehát a befektetett energia (input)/ kinyert energia (output) aránya > 1 .

Az első generációs bioetanol és biodízel esetében ez az energiamérleg több szempontból vitatható, annak ellenére, hogy az output és input hányadosa nagyobb, mint 1. Bioetanol esetében a tanulmányok 1:1,2 és 1:8,3 közé teszik az energiamérleget alapanyag, helyszín és előállítási technológia függvényében (ECOFYS, 2011, JOBBÁGY, 2013). Csak a fejlettebb, második generációs, cellulóزالapú bioetanol esetén figyelhető meg nagyobb, maximum 35,7 értékű energiaegyenleg (ECOFYS, 2011). Biodízel esetén az energiamérleg 1:1,2 és 1:9,7 között változik, de még ebben az esetben is erősen kérdéses, hogy mi értelme van a termőföld ilyen alacsony hatékonyságú használatának, a közvetlen támogatásoknak és az adókedvezményeknek. A biogáz energiaegyenlegét megvizsgálva kijelenthető, hogy a kukorica-alapú biogáz előállítás energiaegyenlege nagyjából megegyezik a kukorica-alapú bioetanol energiaegyenlegével, vagyis mindegy, hogy milyen típusú hajtóanyagot állítunk elő ebből az alapanyagból. Az LLA (2011) a biogáz lehetséges növényi alapanyagait vizsgálta, így többek között a termesztésben igénytelen, elterjedt Miscanthus fajtákat és magyar származású „Szarvasi-1” energiafűvet. A vizsgálati eredményeket összehasonlítva megállapítható, hogy a „Szarvasi-1” energiafű kimagszó értékei alapján a jelenlegi technológia mellett a legjobb biogáz alapanyagának nevezhető (15. táblázat).

15. táblázat

Bioetanol, biodízel és biogáz energiaegyenlege alapanyag szerint

Bioüzemanyag	Alapanyag	Energiaegyenleg	
		Minimum	Maximum
Etanol	kukorica	1,3	1,8
	búza	1,2	4,3
	cukornád	2,0	8,3
	cukorrépa	1,2	2,2
	cellulóz	2,6	35,7
Biodízel	repce	1,2	3,7
	pálmaolaj	8,7	9,7
	szójabab	1,4	3,4
	használt sütőolaj	4,9	5,9
Biogáz	miscanthus	1,84	3,11
	kukorica	1,34	1,43
	„Szarvasi-1” energiafű	5,5	15,6

Forrás: POPP-POTORI szerk., 2011, UELLENDahl et al., 2009, HAJDÚ, 2009, LLA, 2011

4.1.5 A biohajtóanyag finomítók beruházási költségei

A bioüzemanyagok összehasonlításának következő szempontja lehet az új finomítók beruházási költség vizsgálata. A biodízel üzem (FAME) beruházási költsége jelenleg 210 €/kW_{trans} - 860 €/kW_{trans} között, a bioetanol üzemek 640 €/kW_{trans} - 2200 €/kW_{trans} között és a biogáz a növényi alapanyagtól függően 2 550 €/kW_{trans} – 4 290 €/kW_{trans} között mozog. Meg kell jegyezni, hogy a fejlett, azaz második vagy harmadik generációs bioetanol kifejezett költség-és teljesítmény adatai a 2015. évi várható költségszerkezetet tükrözik, amikor a piacon már új technológiai eljárások is megjelenhetnek (16. táblázat).

16. táblázat

Új bioüzemanyag finomítók gazdasági-technikai paraméterei

	Alapanyag	Beruházási költségek	Működési és fenntartási költségek	Hatékonyság (közlekedés)	Hatékonyság (villamos energia)	Élettartam (átlag)	Jellemző üzem méret
		[€/kW _{trans}]	[€/kW _{trans} *év]	[1]	[1]	[év]	[MW _{trans}]
Biodízel üzem (FAME)	repce és napraforgómag	210-860	10,5-45	0,66	-	20	5-25
Bioetanol üzem (EtOH)	kukorica, tritikálé, búza	640-2 200	32-110	0,57 0,65	-	20	5-25
Fejlett bioetanol üzem*	Energianövények, cirok, egész kukorica	1 130 1 510	57-76	0,58 0,65	0,05-0,12	20	5-25
Biogáz	Energianövények (SRC, miscanthus Vesszős köles)	2 550 – 4 290	115-140	na	0,28 – 0,34	20	0,3-0,7

*Fejlett bioetanol: EtOH+

Forrás: ECOFYS, 2011

Összefoglalóan megállapíthatjuk, hogy az élelmezésbiztonság szempontjából kritikusnak ítélt első generációs bioetanol és biodízel előállítás csökkenésével, megjelennek a **második, illetve harmadik generációs, azaz a nem élelmezési célú alapanyagból készült üzemanyagok**. Így lehetőség lesz arra, hogy az amúgy is véges mezőgazdasági források iránti kereslet növekedésével az extenzív állattartás helyett a **gabonatermő területeket lehet növelni, a megtermelt gabonát pedig a takarmányozásba vissza lehet forgatni**. Egyre fejlettebb technológiára lesz szükség, ami sem az élelmezés-biztonságot, sem pedig a földhasználatot nem veszélyezteti. Mivel az első generációs bioetanol és biodízel ára elsősorban a fosszilis primer energiahordozó árától függ, ezen túlmenően a fosszilis üzemanyagok árához konvergál, kijelenthető, hogy az élelmiszerárak növekedése a fejlett üzemanyagok megjelenésével sem fog visszafordulni, hiszen az élelmiszeripar alapanyagáit **nem az első generációs bioetanol és biodízel térnyerése befolyásolja**. Az élelmiszerárakat megítélésem szerint csak akkor lehet változatlan szinten tartani, ha a **kínálati oldalon megfelelő növekedést** tudunk elérni. Ugyanakkor előtérbe kerülnek a különböző fahulladékok, faipari termékek, valamint növényi hulladékok és energianövények, mint alapanyagok. Ebből kifolyólag az e termékek iránti kereslet növekedésére kell számítani, ami magával hozza ezek piaci árának növekedését is. Ez hátrányosan érinti majd azokat a vállalkozásokat, amelyek biomassa tüzeléssel foglalkoznak, ugyanakkor előnyt jelent az (energia) növénytermesztési és erdészeti ágazat szereplőinek (BAI, 2010). Leszögezhető, hogy a **biogázból előállított hajtóanyag nem veszélyezteti az élelmezésbiztonságot, kielégíti a környezetbiztonsági kérdéseket, nem jelent versenyt az élelmezés- és takarmányipar szereplőire nézve**. Motorikus hajtóanyagként sokkal jobb mutatókkal rendelkezik, mint a bioetanol vagy a biodízel, ezért **érdemes a biometán előállítás és felhasználás ösztönzésére koncentrálni a 2020-as célértékek elérése érdekében**.

4.2 A BIOMETÁN NÖVÉNYI ALAPANYAGAINAK ÖSSZEHASONLÍTÁSA

„Ha az a vád, hogy az energianövény elveszi a helyet; én azt mondom: ha a fölösleges kukoricát nem tudjuk értékesíteni és feldolgozni, ráadásul csak gazdaságtalanul lehet hagyományos növényeket termeszteni, akkor inkább az energiabiztonságot erősítsük!” (GYURICZA, 2011)

A biogáz üzemek számára alternatívát jelentő növények vizsgálatakor fő szempont, hogy a jelenleg domináns kukorica helyett jelenleg nem hasznosított kultúrákat, mint fő termények helyezzük előtérbe, amelyek az eddigi kultúráknak valódi lehetséges alternatíváját kínálják gazdaságos előállítás mellett. A biogáz növényi alapanyagainak tekintetében a kiválasztásánál olyan fajták vizsgálatára törekedtem, amelyek várhatóan magas és stabil száraztömeg-hozamot biztosítanak, termesztésük nem igényel évről évre jelentkező gazdasági beruházást (évelő növények) és amellet szárazságtűrőek. Mivel az energiafűvek biogáz alapanyagként történő hasznosítására sem hazai felhasználási tapasztalat, de még kutatási eredmény sincs, ezért az alternatíva vizsgálatakor a német triesdorfi mezőgazdasági tanintézet, az LLA eredményeire támaszkodom.

Az LLA évek óta kutatja az energiafűvek biogáz-üzemekben történő felhasználásának lehetőségeit. Különböző német és hazai energiafűveket vizsgálnak a biogáz üzemekben való hasznosíthatóság szempontjából, 2006-2010 között évenként mintegy 12 különböző növényt, így az óriás szilfiumot (*Silphium perfoliatum*) vagy a Vesszős kölest (*Panicum virgatum*). 2008 tavasza óta a magyar „Szarvasi-1” energiafű is szerepel a kutatási programban.

Ezek alapján az összehasonlítást a következő növények esetén végeztem el: silókukorica, mint referencia alapanyag a biogáz előállításában; Óriás szilfium, mint kifejezetten szárazságtűrő, évelő növény; Vesszős köles, évelő növény és a „Szarvasi-1” energiafű.

Óriás szilfium

Az óriás szilfium (*Silphium perfoliatum*) egy napraforgó-jellegű, évekig termő fajta, amely Észak-Amerikából származik. Az a tény, hogy a fél kontinensen elterjedt, egészen magasan az északi területekig, a növény alkalmazkodóképességét mutatja. Ennek az alapja a jó szárazságtűrő.



Kiemelkedően jó tulajdonságai:

Évelő (15-20 évig hasznosítható), magasra növő bokrok (>2,5 m), sokszögletű szár, mélyre hatoló gyökérzet, tároló gyökerekkel. Ezért a növény szárazságtűrő, jó fagyűrő. A kukoricához hasonló tápanyagtartalommal rendelkezik. Negatívumok: csak egyszer aratható. A termesztési technika jelenlegi állása szerint a palántázás az egyetlen működő termesztési módszer, az ültetést kézzel kell végezni, ezért a termesztési költségek igen magasak (4 400 euró/hektár), ezen kívül a vetőmag nem kapható a kereskedelemben (GEIßENDÖRFER, 2010).

Vesszős köles tulajdonságai:

Termesztése vetőmagról történik, évelő, magasra növő (akár 3 méter) növény. Rugalmas, de elfásodásra hajlamos szárral rendelkezik, mélyre hatoló gyökérzete miatt igen szárazságtűrő, jó fagyűrő. Hasznosításától függően kétszer vágható. Észak-Amerikából származik.

Az Amerikai Energiaügyi Minisztérium (DOE) az évelő Vesszős kölest modellnövényként definiálta, amely az erőforrás-kímélő energiafű jó példája. Hőenergia formájában történő hasznosítás esetén a termést évente egyszer, a föld feletti biomassza lefagyása után, késő ősszel vagy a következő év tavaszán, szárazon aratják le.

Takarmányként vagy biogáz-szubsztrátumként történő felhasználáskor hozam és minőség tekintetében előnyösebb lehet az addig szokásosan termesztett fűfajtákhoz képest, különösen extenzív hasznosítás (kevés trágyázás, évente maximum egy-két aratás) esetén.

Melegkedvelő és szárazságtűrő növényként az évelő Vesszős köles – különösen a forró nyári hónapokban – igen intenzív fotoszintézisre és ezáltal nagyobb biomassza-mennyiség előállítására képes. A hűvösebb tavaszi és őszi hónapokban ezzel szemben a növekedés lelassul (HUMER, 2009). Negatív tulajdonsága: minimum 15 cm-es vágási magasság, különben a fagyállóság kétségessé válik.



„Szarvasi-1” energiafű

Tulajdonságai:

Termesztése vetőmagról történik, évelő, magasra növő (akár 2,5 méter) növény. Rugalmas, de elfásodásra hajlamos szárral rendelkezik. Bugaképző. Mélyre hatoló gyökérzetének köszönhetően jó szárazságtűrő növény, jól tűri a fagyot. Évente kétszer aratható.

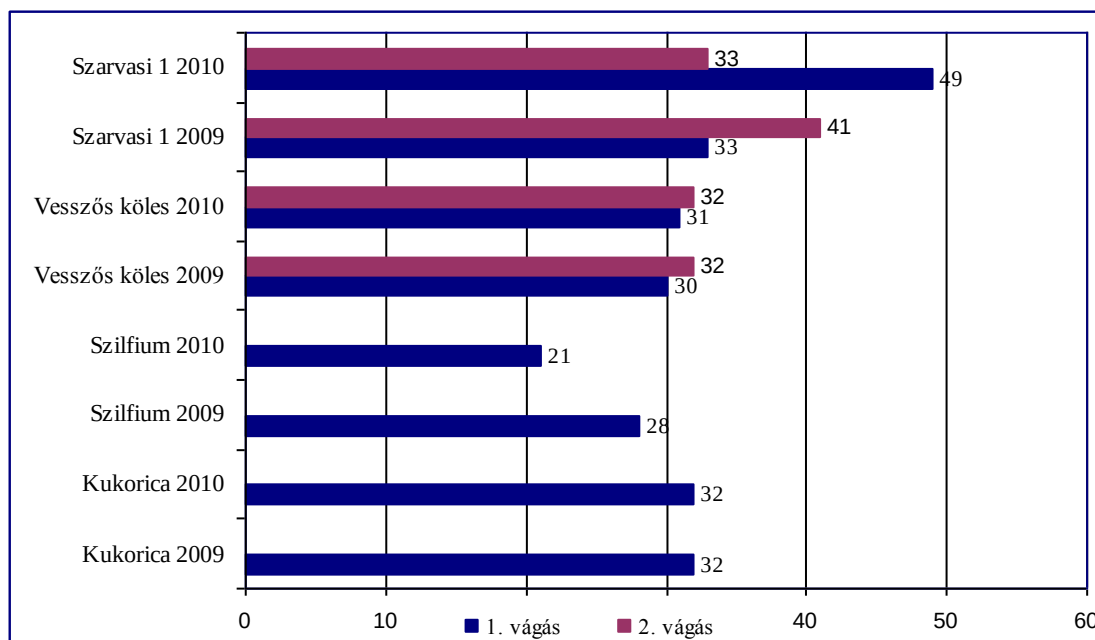


A vágási időponttól függően az energiafű kérődzők takarmányaként, fermentációs szubsztrátként, fűtőanyagként vagy cellulóz-alapanyagként hasznosítható. Származásának köszönhetően a növény sem a talaj, sem az éghajlat szempontjából nem nagyigényű, így mind száraz, mind csapadéokban gazdag területeken termesztethető (SIPOS, 2011).

A kutatás céljaként meghatározott, a biogáz termelésben helyettesítendő kukorica alapanyag referencia tulajdonságait összehasonlítva a vizsgálat tárgyát képező három, energia előállítására alkalmas növényvel a következő eredményeket kapjuk:

4.2.1 Szárazanyag tartalommal kapcsolatos eredmények

Biogáz előállításánál az egyik lényeges szempont az alapanyag szárazanyagtartalma, mivel minél magasabb a szárazanyag tartalom, annál nagyobb az 1 kg alapanyagból termelődő biogáz mennyisége. A négy vizsgált alapanyag közül kettő, a „Szarvasi-1” energiafű és a Vesszős köles élő növény, így lehetővé vált a 2. vágás esetén is megvizsgálni a hektáronkénti szárazanyagtartalmat. Az 34. ábrán jól látható, hogy a vizsgált növények átlagos szárazanyagtartalma százalékos formában kifejezve 30% körül alakult. Ebből jelentősen kiemelkedik a 2010. évben vetett „Szarvasi-1” energiafű 1. vágásának eredménye, amelynél 49%-os szárazanyag tartalmat mutatott a mérés.



Forrás: LLA, 2011

34. ábra Szárazanyag tartalom (százalékban kifejezve)

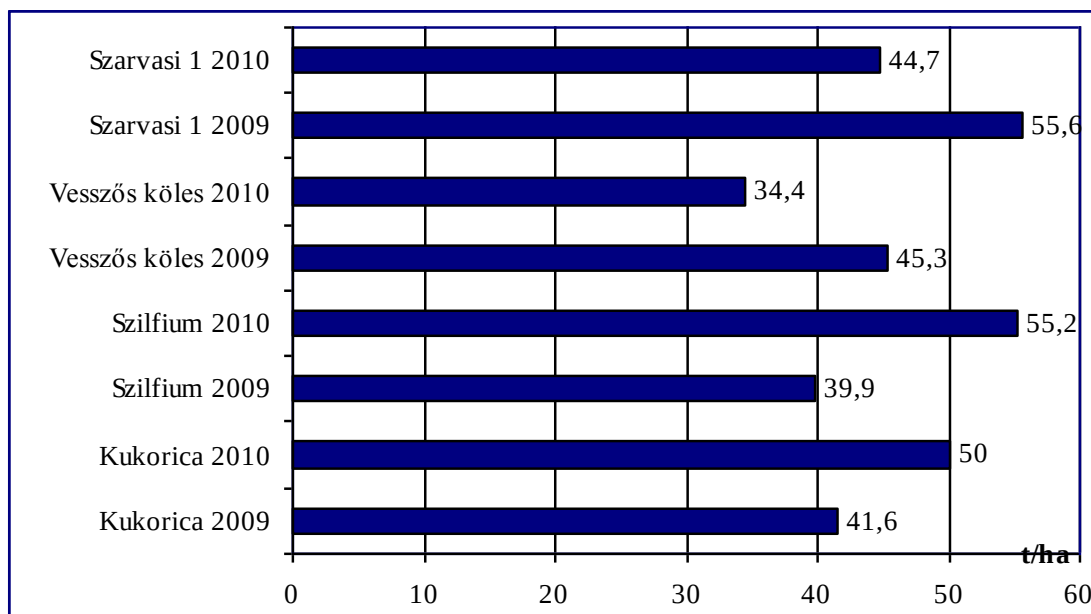
A referencia kukorica 32%-os szárazanyagtartalmát összehasonlítva a legjobb eredményt adó alternatívával kijelenthető, hogy a „Szarvasi-1” energiafű mindkét vizsgálati évben megelőzte a

kukorica értékeit. A „Szarvasi-1” energiafű magas szárazanyagtartalmának köszönhetően ezzel az alapanyaggal a 30% felett használatos ún. szárazfermentáció is elképzelhető.

4.2.2 Friss massa tömeggel kapcsolatos eredmények

A fermentorba kerülő alapanyagok tényleges, nedvességet is tartalmazó tömegét vizsgálva megállapítható, hogy a két vizsgálati évben az LLA kísérleti ültetvényén, egy hektár területről lekerülő friss massa tömeg, viszonylag nagy eltérést mutat, ezért az alapanyagok friss massa tömeg elemzésénél a kétévi mért értékek átlagával számolok, ezeket hasonlítom össze (35. ábra). Ennek alapján megállapítottam, hogy a referencia kukorica friss massa tömege 45,8 t/ha, a Vesszős köles valamivel kevesebb 45 t/ha. Az egyébként 2010-ben kiugróan magas hektáronkénti mennyiséget adó Szilfium (55,2 t/ha), kétévi átlaga 47,55 t/ha, míg a „Szarvasi-1” energiafű fermentorba jutó tömegének átlaga 50,15 t/ha.

Kijelenthető, hogy bár az Óriás szilfium jó időjárási körülmények esetén képes a kukoricához képest kiugróan magas friss massa tömeget hozni, azonban biztonságosan a „Szarvasi-1” energiafűre lehet alapozni a jövőbeni elvárásokat.



Forrás: LLA, 2011

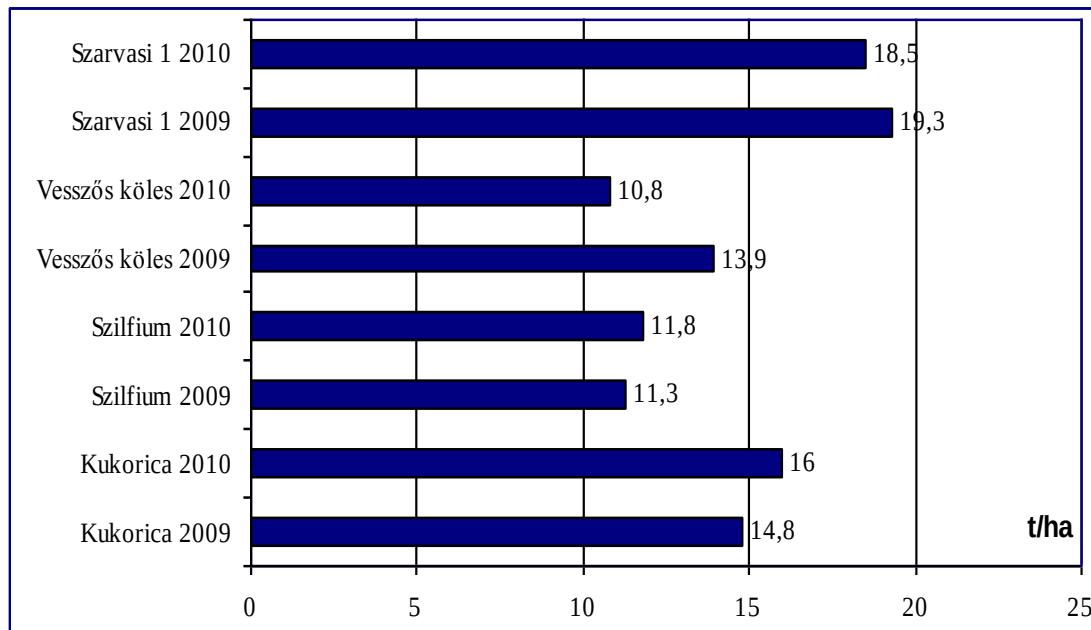
35. ábra Friss massa tömeg (t/ha)

4.2.3 Száraz tömeg hozammal kapcsolatos eredmények

A száraz tömeg hozam (atrotonna) kifejezés jelentése: abszolút száraz állapotban (0 százalék nedvességtartalmú) lévő biomassa súlya. A német abszolút száraz: A(bsolut) tro(cken) kifejezés műszaki rövidítése. Ezt a fás szárúak esetében biológiai-fiziológiai sajátosságai miatt megközelíteni csak mesterséges és szinte laboratóriumi körülmények között lehet, gyakorlatilag soha (GYULAI, 2010). Ezért az atrotonnában megadott érték mindig számított, elméleti szám. A hektáronkénti energiahozamra vonatkozó szakértői becslések minimális eltérést mutatnak, mind a faültetvények, mind a rövid és közép vágásfordulójú energianövények esetében. (A lágyszárú és fás szárú biomassa között gyakorlatilag nincs különbség az abszolút szárazanyag tartalomra vetített energiatartalmat tekintve). A hazai energetikai faültetvényekkel kapcsolatosan 8-16 atrotonna/ha/év energiahozammal számolnak a szakértők, a termőhelyi viszonyok és fajták függvényében (NÉMETH, 2011), melyet az LLA mérései is igazolnak.

Az Óriás szilfium augusztus végi aratásakor mindkét évben hektáronként 11,3-11,8 atrotonna száraztömeg-hozamot lehetett mérni. A Vesszős kölesnél az összhozam 13,9 és 10,8 atrotonna, a „Szarvasi-1” energiafű esetében 18,5-19,3 atrotonna között alakult hektáronként. A referenciának

használt kukorica mérési adatai (14,8-16 at/ha) ugyan jobbak, mint az Óriás szilfium vagy a Vesszős köles száraztömeg hozama, de a „Szarvasi-1” energiafű értékei alatt maradt (36. ábra).

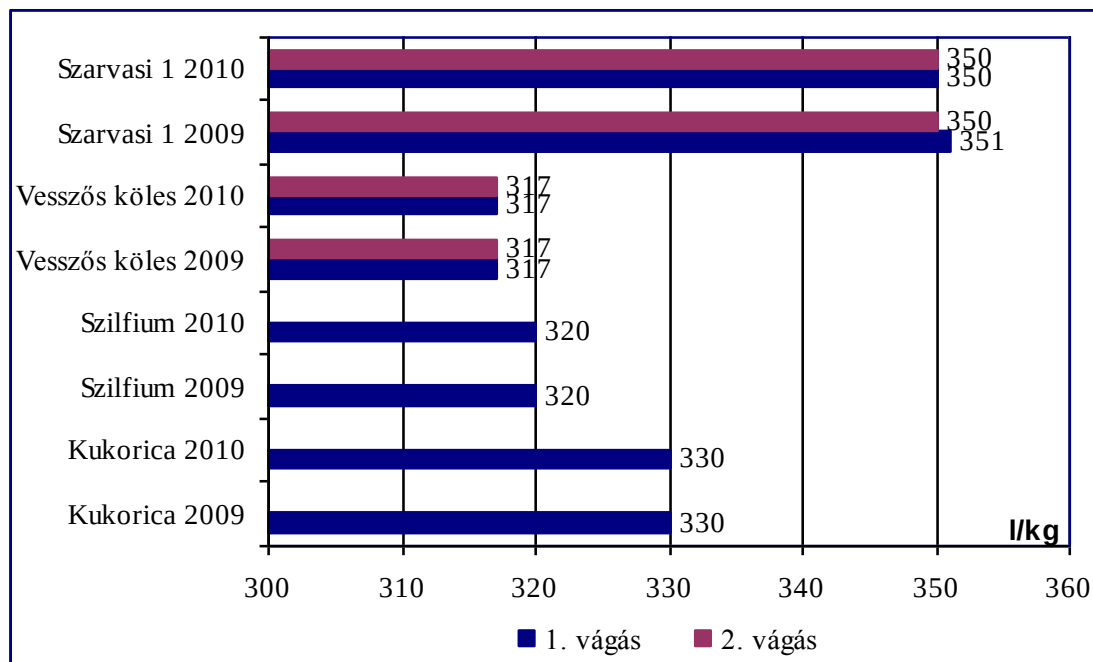


Forrás: LLA, 2011

36. ábra Száraz tömeg hozam (atrotonna/ha)

4.2.4 Metánkihozatal

A disszertációm korábbi részeiben rámutattam, hogy a biogáz alapanyagok közül az állati trágya tartalmazza legtöbb metánt. Hazai szakemberek vizsgálták a különböző állati trágya metánkihozatalát, amelynek eredményeit TAMÁS (2010) foglalta össze. A minimum és maximum értékek között a szórás igen nagy, azonban az átlag és a hasznosítható biogáz mennyisége informatív. A baromfitrágya (pulyka, liba) átlag metán kihozatala 480 l/kg, az ebből hasznosítható metán mennyisége 365 l/kg. A leggyakrabban felhasznált biogáz alapanyag a sertéstrágya, melynek hasznosítható metán kihozatala 338 l/kg. Ezeket az adatokat összehasonlítva a vizsgálat tárgyát képező négy növényi alapanyag metán kihozatalával, megállapítható, hogy míg a kukorica metánkihozatala (330 l/kg) a sertéstrágyáéval, addig a „Szarvasi-1” energiafű mindkét kaszálás során mért metánkihozatala (350 l/kg, illetve 351 l/kg) egyenként is egyértelműen versenyképes a baromfitrágyáéval (37. ábra).

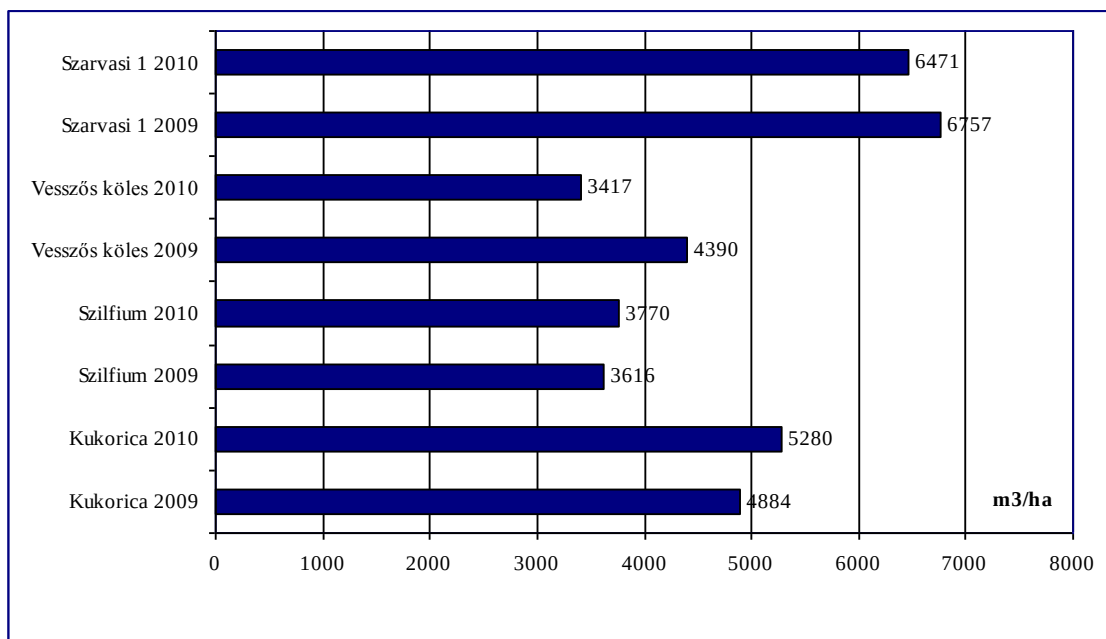


Forrás: LLA, 2011

37. ábra Metán kihozatal 2009-2010. között (liter/kg)

4.2.5 Metánhozam

A 2009-2010-es vizsgálati években az Óriás szilfium relatíve alacsony szárazanyag tartalma miatt, metángáz-hozama viszonylag alacsony, a két év átlagában alig haladja meg a 3 700 m³/ha mennyiséget. A Vesszős köles biogáz-laborban végzett vizsgálatakor (átlagosan 3 903,5 m³/ha) nem érte el a kukorica hasonló vágási körülmények között adott metánhozamát (5 082 m³/ha). Ugyanakkor a „Szarvasi-1” energiafű mind a 2009-es, mind a 2010-es termelési évben jó eredményeket mutatott (6 471 és 6 757 m³/ha), és hektáronként jóval magasabb metánhozamot produkált, mint a kukorica és a többi energianövény (38. ábra).



Forrás: LLA, 2011

38. ábra Metánhozam 2009-2010 (m³/ha)

Összefoglalásképpen megállapíthatjuk, hogy a hektáronkénti 19,3 tonnás (2009), illetve 18,5 tonnás (2010) **szárztömeg-hozamával a „Szarvasi-1” egyértelműen túlszárnyalta a referenciaként használt kukoricát** és a kutatás tárgyát képező más energiafűveket. Egy szárztömeg kilogrammra jutó, 350 l körüli, **magas metán kihozatalával a magyar energiafű 2009-ben 6 757 köbméter metánt termelt hektáronként, ezzel 2009-ben a legmagasabb értéket érte el valamennyi vizsgált fűféle közül**, és 38%-kal magasabb hozamot szolgáltatott a kukoricához képest. Kijelenthető, hogy **a jelenlegi energianövény kísérletekben a magyar „Szarvasi-1” energiafű a legnagyobb teljesítőképességű.**

4.3 A „SZARVASI-1” ENERGIAFŰ TERMESZTÉSÉNEK JÖVEDELMEZŐSÉGE A SILÓKUKORICÁVAL ÖSSZEHASONLÍTVA

Disszertációm korábbi fejezeteiben bemutattam a hazai bioüzemanyag előállítás korlátait, a biomasszában rejlő eddig még kiaknázatlan lehetőségeket. Rámutattam arra, hogy a bioetanol, bár kedvező adottságaink a biztonságos alapanyag ellátást lehetővé teszik, de a jelenlegi és tervezett feldolgozó kapacitás hiánya ugyanakkor ellehetetleníti a 2020-ra vonatkozó magyar vállalások teljesítését. A közúti közlekedésben elérendő 10%-os megújuló energia használatot a bioetanol és biodízel mellett a biometán hajtóanyag felhasználásával tudnánk biztosítani.

A hazai biogáz alapanyagokat korábban megvizsgálva arra az eredményre jutottam, hogy a mezőgazdasági alapanyagok közül az állati trágya nem képes egymagában biztonságosan ellátni a gyarapodó biogáz üzemek növekvő alapanyag igényét. Növényi hulladék vagy kifejezetten biogáz alapanyagként szolgáló energianövények hozzáadása szükséges. Mivel a szakembereknek számos helyen fenntartásaik vannak a fokozódó mértékű kukoricatermesztéssel szemben, alternatív megoldások keresése a cél. A „Szarvasi-1” energiafű vagy pontius tarack a bajorországi vizsgálatok során kitűnő hektáronkénti metánhozamokat produkált”(Geißendörfer, 2010).

A növényi alapanyagok részletesen bemutatott vizsgálatának eredményeképpen a „Szarvasi-1” energiafű bizonyult a legmegfelelőbbnek. Ezért gazdaságossági szempontból is érdemes elemezni a növény biogáz alapanyagként történő termesztésének feltételeit. Ehhez a legalkalmasabb közgazdasági módszer a növény termesztésének költség-haszon elemzése (Costs Benefits Analysis, CBA), amely a helyes mezőgazdasági gyakorlat szerinti termesztés feltételein alapszik. A költség-haszon elemzés egy Magyarországon releváns művelés költség-tételeinek alapul vételével történt és 1 000 hektár bérelt területen, 7 alkalmazott hektárra vetített fajlagos bér- és járulékköltségeit tartalmazza, attól függetlenül, hogy a cég egyéb mezőgazdasági tevékenységet is végez. Ebben az esetben arra kapunk választ, hogy a 10-15 éven keresztül jövedelmező, élő növény vetésével összefüggésben keletkező kezdeti beruházási (vetőmag, földbérlet), az előkészítő munkák (tárcsázás, kombinátorozás, vetés, hengerezés), valamint a jó mezőgazdasági gyakorlat szerinti szükséges fenntartási költségekkel (talajerő visszapótlás) kalkulálva és a piac jövőbeni kilátásait modellezve, az energiafű termesztésébe fektetett összeg mennyi idő alatt térül meg, illetve milyen gazdasági fejlődést kínál ez a mezőgazdasági vállalatnak. Az árakat euróban határoztam meg. Az elvetett „Szarvasi-1” energiafű életciklusa 10-15 év (BIKAZUGI MEZŐGAZDASÁGI NONPROFIT KFT, 2012), a CBA-ban 10 éves időszakkal számolok. A növény termesztésének közgazdasági költségeinek becslésénél szükséges kiigazítások:

- Költségvetési kiigazítások: a közgazdasági elemzés a pénzügyi költségbecslésből indul ki, a pénzügyi elemzésben szereplő piaci árak azonban magukba foglalhatnak adókat, amelyek befolyásolhatják a viszonylagos árakat. E torzítások kiküszöbölése érdekében követem azt az általános szabályt, miszerint a közgazdasági elemzés közvetett adókat nem tartalmazhat. A költségvetési kiigazítások érintik az ÁFA-t (levonva a pénzügyi költségekből), a területre eső fajlagos béreket és azok járulékait, a talajművelés és betakarítás saját gépparkkal történik, ahol az egyes művelési elemek önköltségi áraiba előzetesen be lett kalkulálva az amortizáció (BAKOS, 2003).

- Az elszámoló árra vonatkozó kiigazítások érintik a természeti erőforrásokat (a természeti erőforrásokhoz kapcsolódóan nincs korrekció), földterület vásárlására nem kerül sor, azonban számolok a földterület bérleti díjával.
- Az externális hatások (FARKASNÉ, FOGARASI, SZÜCS, 2006) számszerűsíthetők, melyeket a CBA tartalmaz.
- Végző pénzárammal nem számolok, mivel a területet a 10 éves vegetációs ciklus után ugyanilyen célra kívánom hasznosítani.

A számszerűsítés módszere, kiinduló adatok:

Érintett terület nagysága: 1 000 hektár

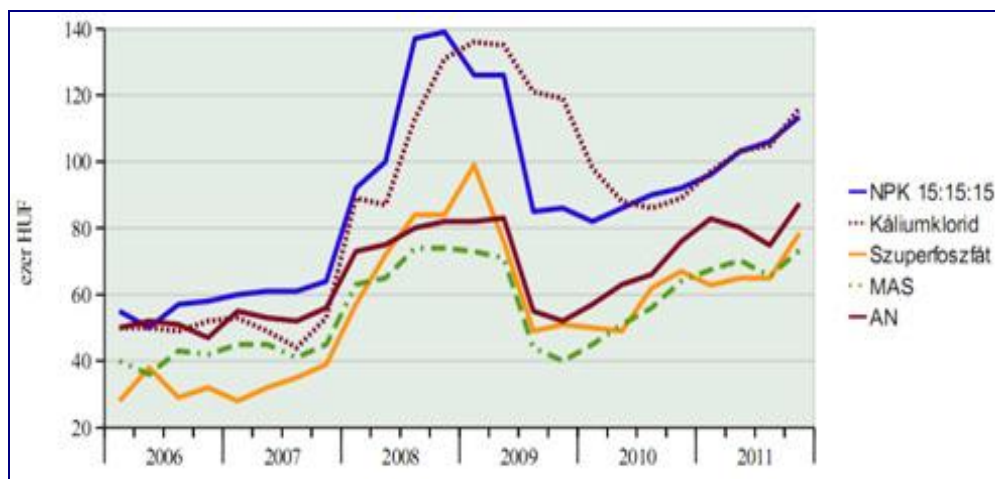
Bázisév, vetés éve: 2013.

Biogáz célú kaszálás: évente kétszer (június és augusztus)

Elvart széna hozam: 22 tonna/hektár, kivéve az első évet, akkor 10 tonna/hektár

Évenkénti korrekciós tényezők:

- kiadási oldalon: talajerő visszapótláshoz alkalmazott komplex műtrágyaár alakulása szerinti inflációs költségnövekedést figyelembe véve évi 5,7% (KSH, 2013), annak ellenére, hogy az elmúlt 5 évben a műtrágya értékesítési ára jelentős volatilitással bizonyos években akár 20%-os növekedést mutatott (39. ábra). A gépesített talajműveléshez és betakarításhoz igénybe vett szolgáltatás költség évenkénti növekedését, a KSH 2012-ben a szállítmányozásra vonatkozó 6,25%-os inflációs értékével számítottam (17. táblázat).



Forrás: AKI, 2012

39. ábra Műtrágya árak alakulása 2006-2011 között

- bevételi oldalon: a biogáz alapanyag jelentős és egyre növekvő kereslete évi 10%-os áremelkedése már megkötött szerződések alapján az 1-4 évre vonatkoztatva, 5-9 év között évi 5,7%-os bevétel-növekedést (KSH által publikált, 2012-re vonatkozó inflációs ráta) kalkulálva (18. táblázat).

A „Szarvasi-1”energiafű CBA számítását összefoglaló 19. táblázatban egyrészt a nominális költségek és hasznok összefoglalása, másrészt a diszkontálási faktorok figyelembe vételével készült költség-haszon adatok találhatók. A diszkontálásnak a CBA számítás során az az értelme, hogy a bázisévhez képest később felmerülő pénzáramlást kisebb súllyal vesszük figyelembe, mint ami hamarabb jelentkezik. Diszkont rátaként 6%-kal számolok. A külső kamatláb meghatározásakor azt mérlegeltem, hogy mekkora minimális haszon érhető el, ha a befektetett tőkét egy másik, szintén mezőgazdasági ágazatba történő fejlesztéssel járó befektetésre fordítanám.

Az energiafű termesztésére felállított modellben Nettó jelenérték számítással mutatom be a pénzbeáramlás és a pénziáramlás (cash flow) közti különbséget. Valamennyi éves cash flow tervet az induláskor le kell számítani egy előre meghatározott leszámítási mutató alkalmazásával (diszkontráta). Az energiafű termesztésével járó beruházás diszkontált értékét a beruházás jelen értékének is nevezem.

Biogáz célú kaszálás évente kétszer, júniusban és augusztusban történik. Az elvárt széna hozam: 22 tonna/hektár, kivéve az első évet, akkor 10 tonna/hektár. A „Szarvasi-1” energiafű termesztés fajlagos önköltségi ára az első (vetés) évben 50,39 €/tonna. Azonban mivel az energiafű aratás és bálázás után közvetlenül hasznosítható a biogáz üzemben, további, addicionális költség nem terheli. A „Szarvasi-1” energiafű biogáz alapanyag értékesítése 55 €/tonna egységáron történik.

A „Szarvasi-1” energiafű esetén kalkulált CBA számításom eredményét összefoglalva megállapítható, hogy a „Szarvasi-1”energiafű biogáz célú termesztésének 10 évre vetített beruházásának Nettó jelenértéke, azaz a vizsgált időszakra kalkulált diszkontált nettó pénzáramlások összege: 1 055 232 euró, tehát a pozitív nettó jelenértéknek köszönhetően a befektetés (pénzügyi megtérülés szempontjából) hozama nagyobb, mint a költsége. Mivel a modellben kalkulált NPV több, mint 1 millió euró, ezért a hasonló kockázatú mezőgazdasági beruházásokból (pl. biogáz alapanyagként hasznosítható silókukorica termesztés) származó haszonnál jóval nagyobb várható hasznot jelez. A nettó jelenérték számítása széles körben alkalmazható pénzügyi módszer, ugyanakkor ennek alternatívája vagy kiegészítése lehet a belső megtérülési ráta (Internal Rate of Return, IRR) elemzési módszer alkalmazása. Az IRR az a diszkontráta, amely mellett a várható pénzáramlások mellett zéró nettó jelenérték keletkezik. Ha a belső kamatláb nagyobb, mint a rögzített kamatláb értéke, akkor a projekt elfogadható. Ez az IRR számításom esetében 32%.

17. táblázat

A „Szarvasi-1” energiafű biogáz célú termesztésének önköltségi árai (euró)

Szolgáltatás megnevezése	Egységár	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Földbérlet	67 euró/ha	67 000	70 819	74 855	79 122	83 632	88 399	93 438	98 764	104 393	110 344
Vetőmag	300 euró/ha	300 000									
Műtrágya	170 kg/ha - 263 euró/t		44 710		49 950		55 804		62 344		69 651
Kárenyhítési hozzájárulás	3,4 euró/ha	3 400	3 400	3 400	3 400	3 400	3 400	3 400	3 400	3 400	3 400
Kőrösi Vízgazdálkodási Társulás tagi befizetés	4 euró/ha	4 000	4 000	4 000	4 000	4 000	4 000	4 000	4 000	4 000	4 000
Tárcsázás	17 euró/ha	17 000									
Kombinátorozás	17 euró/ha	17 000									
Vetés	19,3 euró/ha	19 300									
Hengerezés	9,6 euró/ha	9 600									
Műtrágyaszórás (szállítással)	7,3 euró/ha		7 300		8 212		9 239		10 393		11 693
Kaszálás RK-2, rendsodrás (évente kétszer)	36,6 euró/ha		36 600	38 887	41 317	43 900	46 644	49 559	52 656	55 948	59 444
Bálázás (400 kg kocka) - évente kétszer	5 euró/db		125 000	302 500	321 406	341 494	362 837	385 514	409 609	435 210	462 411
Munkaerő	7 x 9 523 euró/év	66 661	70 460	74 476	78 722	83 209	87 952	92 965	98 264	103 865	109 785
A "Szarvasi-1" termesztésének összes költsége évenkénti bontásban		503 961	362 289	498 120	586 131	559 636	658 276	628 878	739 433	706 817	830 729
A "Szarvasi-1" energiafű biogáz alapanyagként történő termesztésének 10 éves kumulált költsége											
6 074 273 euró											

Forrás: Saját számítás, 2013

18. táblázat

A „Szarvasi-1” energiafű biogáz célú értékesítéséből származó bevételek (euró)

Értékesítésből származó bevételi forrás	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Zöld széna (400 kg kockabála)		300 000	726 000	798 600	878 460	928 532	981 458	1 037 401	1 096 533	1 159 036
A „Szarvasi-1” biogáz alapanyagként történő termesztéséből származó bevételek évenkénti bontásban	0	300 000	726 000	798 600	878 460	928 532	981 458	1 037 401	1 096 533	1 159 036
Megbízhatósági faktor	100%	100%	100%	100%	100%	99%	98%	97%	96%	95%
Korrigált évenkénti bevételek	0	300 000	726 000	798 600	878 460	919 246	961 829	1 006 279	1 052 672	1 101 084
A „Szarvasi-1”energiafű biogáz alapanyagként történő értékesítéséből származó 10 éves kumulált bevétel 7 744 172 euró										

Forrás: Saját számítás, 2013

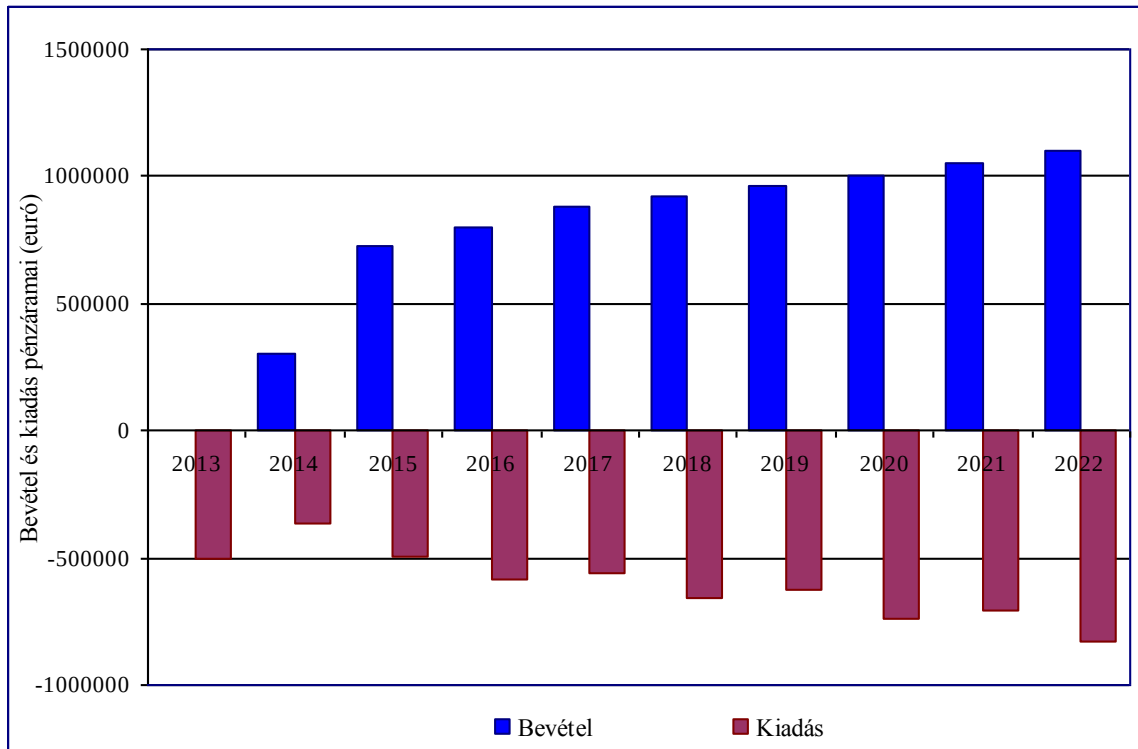
19. táblázat

A „Szarvasi-1” energiafű biogáz célú termesztésének CBA számítása

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Diszkontálás nélküli pénzáramok										
Költségek	-503 961	-362 289	-498 120	-586 131	-559 636	-658 276	-628 878	-739 433	-706 817	-830 729
Bevételek	0	300 000	726 000	798 600	878 460	919 246	961 829	1 006 279	1 052 672	1 101 084
Nettó pénzáram	-503 961	-62 290	227 880	212 469	318 824	260 970	332 951	266 846	345 855	270 354
Diszkontálási faktorok										
Diszkont ráta (kamatláb)	6,0%									
Bázisév	2013									
Év index	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Diszkontálási faktor	1,0000	0,9434	0,8900	0,8396	0,7921	0,7473	0,7050	0,6651	0,6274	0,5919
Diszkontált pénzáramok										
Költségek	-503 961	-341 783	-443 325	-492 127	-443 284	-491 903	-443 334	-491 765	-443 466	-491 708
Bevételek	0	283 019	646 137	670 520	695 823	686 915	678 052	669 233	660 460	651 730
Nettó	-503 961	-58 764	202 812	178 393	252 538	195 012	234 718	177 468	216 994	160 022
Kumulált összeg	-503 961	-562 725	-359 913	-181 520	71 019	266 031	500 748	678 216	895 210	1 055 232
Nettó jelenérték: 1 055 232										
Belső megtérülési ráta: 32%										

Forrás: Saját számítás, 2013

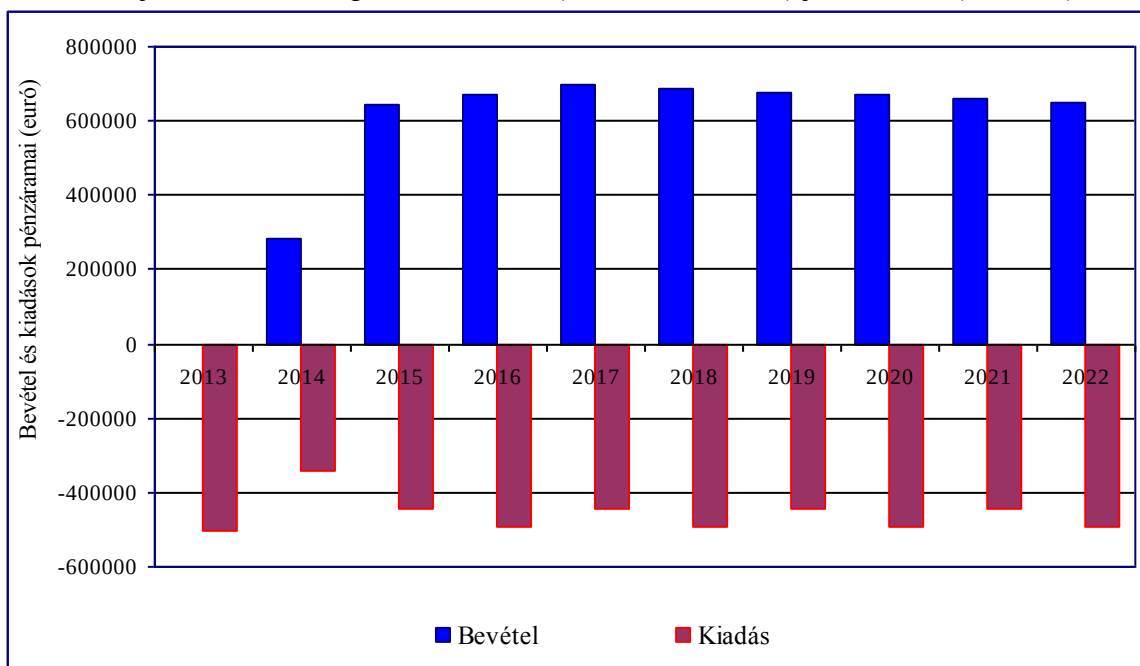
A „Szarvasi-1” energiafű termesztésének működési, azaz diszkontálás nélküli pénzáramai a beruházást megelőző becsléskor számszerűsíthető, azaz választ kapunk arra, hogy a biogáz célú termesztésének megkezdése után hogyan változnak a cég pénzáramai a növény termesztésének eredményeképpen, a 10 éves időintervallum alatt (40. ábra).



Forrás: Saját összeállítás, 2013

40. ábra A „Szarvasi-1” energiafű biogáz célú termesztésének diszkontálás nélküli pénzáramai

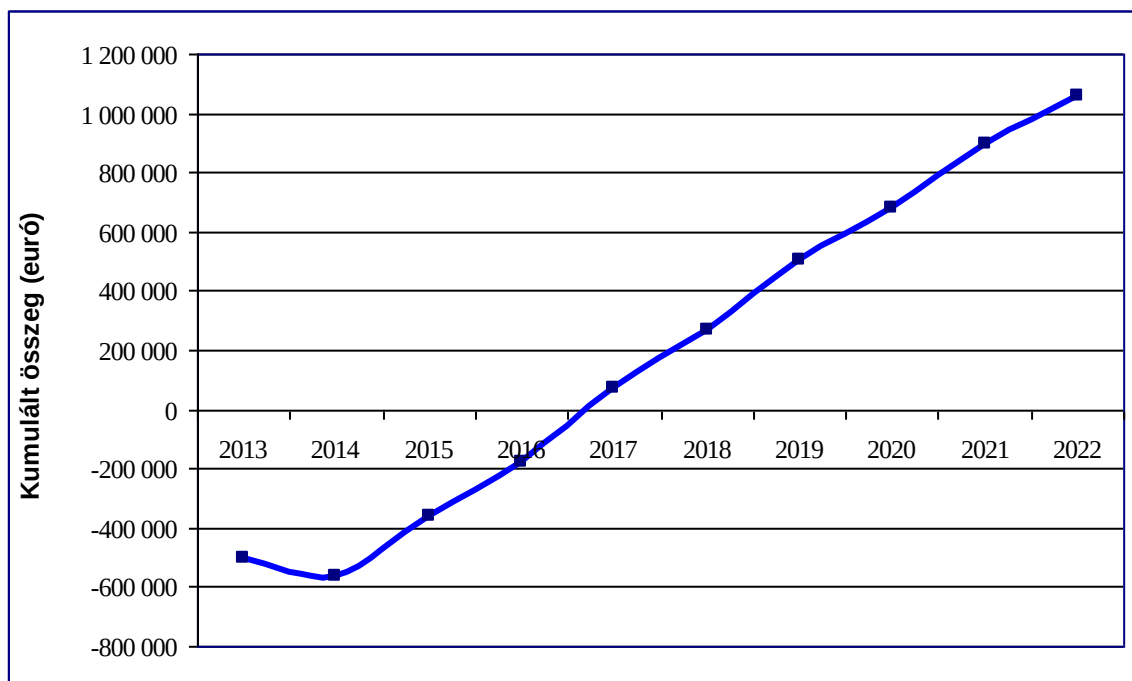
A diszkontált pénzáram alapú értékelés alapján meghatározhatók a „Szarvasi-1” energiafű biogáz célú termesztés jövőben termelt pénzáramainak (szabad cash-flow) jelenértéke (41. ábra).



Forrás: Saját összeállítás, 2013

41. ábra A „Szarvasi-1” energiafű biogáz célú termesztésének diszkontált pénzáramai

A „Szarvasi-1” energiafű termesztésével kapcsolatban látható, hogy az első, azaz a bázisév jelenti a legnagyobb kiadást, esetünkben a befektetett tőke, azaz a kezdeti beruházási költség 503 961 euró. A befektetett összeg megtérülése fontos szempont. Kérdés, hány év alatt térül meg a befektetés. Az angolszász szakkifejezés „Payback Period”, PP években mutatja meg a megtérülés időtartamát. A megtérülési idő kétféle számítási módszere közül (nominális vagy diszkontált megtérülés) a diszkontált megtérülési idővel számolok. Ennek lényege, hogy mennyi idő alatt térül meg a „Szarvasi-1” energiafű termesztés pénzáramlásainak jelenértéke a bázisévben befektetett tőke értékéhez viszonyítva. Mind a nominális, mind a diszkontált megtérülési mutatók használata jelentős kockázatokat (szubjektivitást) hordoz magában. A megtérülés időtényezőjét a legkisebb hiba mellett a diszkontált megtérülési idő mutatója adja, ami valójában egyfajta kamatköltséget is tud mérni. Ha a beruházáshoz szükséges tőkét hitel formájában vennénk fel az alternatív hozamnak megfelelő kamatlábon, a „Szarvasi-1” energiafű termesztésébe érdemes belevágnunk, mert megtérül a beruházott tőke az arra jutó kamatköltségekkel együtt. Esetünkben az 1 000 hektáros területen történő termesztés befektetett bázisévi költsége valamivel több, mint négy év alatt térül meg (42. ábra).



Forrás: Saját összeállítás, 2013

42. ábra A „Szarvasi-1”energiafű biogáz célú termesztésének diszkontált megtérülése

A biogáz termelés növényi alapanyagainak összehasonlító vizsgálataiból egyértelműen látszik, hogy a „Szarvasi-1” energiafű biogáz előállítás szempontjából lényeges metánkihozatala és metánhozama meghaladja a jelenleg általánosságban elterjedt silókukorica alapanyag értékeit. Azonban ahhoz, hogy az energiafű termesztésének nyereségességét és biogáz alapanyagként történő hasznosításának gazdaságosságát bizonyíthassam, megvizsgáltam a silókukorica termesztés gazdasági feltételeit, biogázalapanyag hasznosításának pénzáramait is.

A silókukorica termesztésére és biogáz céljára történő hasznosításhoz szükséges tárolásra vonatkozó adatokat, valamint pénzügyi számlákat a Pálhalmi Agrospeciál Kft biztosította, amely megközelítőleg 700 hektáron 28,8 AK, saját tulajdonában lévő területen termeszt silókukoricát. A termesztés költségei a vetést megelőző őszi és tavaszi munkálatok, valamint a betakarítás költségeit is tartalmazzák. A termesztéssel kapcsolatosan felmerülő költségek (műtrágya felhasználás, növényvédőszer, vetőmag, gépi munka-önköltségen számolva és az amortizációt is beleértve-, valamint a bérköltséget is figyelembe véve) 2012/13. évben 78 440 947 forint (295 HUF/€

árfolyamon számolva 265 902 €) kiadást jelentettek. A biogáz előállításához szükséges kukorica szilázs alapanyag gyártáshoz a termesztési költségeken túlmenően további kiadások merültek fel. A silótartósító és az egyéb gépi munka (pl. taposógépek) költségei, amelyek kalkulációjával a biogáz alapanyag előállítás költsége összesen 84 331 290 forint, azaz 285 868 euró (20. és 21. táblázat) volt. Ebből eredően a biogáz alapanyag előállításának önköltségi ára a Pálhalmi Agrospeciál Kft.-nél 10 862 Ft/tonna, azaz 295 HUF/€ árfolyamon számolva 36,82 euró/tonna önköltségi árat jelentett.

A „Szarvasi-1” energiafű valamint a silókukorica költségei és alapanyagként történő értékesítéséből származó bevételei összehasonlíthatóságának érdekében a Pálhalmi Agrospeciál Kft. által rendelkezésre bocsátott számlákat euróban számoltam.

20. táblázat

A silókukorica termesztés és biogáz alapanyag előállítás 2012/13. évi költségképletei:

Silókukorica termesztés	Költség (€)
Őszi műtrágya felhasználás	27 308
Növényvédőszer	34 840
Vetőmag	38 079
Tavaszi műtrágya felhasználás	42 810
Növényvédőszer	795
Tavaszi trágyázás	3 563
Zöldtrágyázás	2 668
Segédüzemek (gépi munka önköltség)	73 108
Bérlőköltség (kukorica termesztésre eső rész)	24 210
Biztosítás	4 008
Egyéb szolgáltatás	14 513
Silókukorica termesztés költsége összesen	265 902
Biogáz alapanyag előállítás	Költség (€)
Növénytermesztés költsége	265 902
Ipari eredetű takarmány - silótartósító	7 070
Bérlőköltség (alapanyag előállításra eső rész)	254
Segédüzemek (taposógépek, egyéb gépi munka)	12 644
Silózott silókukorica előállítás költsége összesen	285 869

Forrás: Pálhalmi Agrospeciál Kft., 2013

21. táblázat

A biogáz alapanyag előállítás 2012/13. évi bevételei:

	Előállítási költség (€)	Mennyiség (t)	Fajlagos előállítási önköltség (€/t)	Egységár (€/t)	Bevétel (€)
Kukorica szilázs	285 869	7 763,57	36,82	47,53	369 051

Forrás: Pálhalmi Agrospeciál Kft., 2013

22. táblázat

A silókukorica biogáz célú termesztésének önköltségi árai (euró)

	2012/13	2013/14	2014/15	2015/16	2016/17	2017/18	2018/19	2019/20	2020/21	2021/22
Őszi műtrágya, növényvédőszer	62 148	65 690	69 434	73 392	77 575	81 997	86 671	91 611	96 833	102 353
Vetőmag	38 078	40 248	42 542	44 967	47 530	50 239	53 103	56 130	59 329	62 711
Erdő és növénybiztosítás	4 008	4 008	4 008	4 008	4 008	4 008	4 008	4 008	4 008	4 008
Tavaszi műtrágya és növényvédőszer	43 605	46 090	48 717	51 494	54 429	57 532	60 811	64 277	67 941	71 814
Trágyázás	6 231	6 620	7 034	7 473	7 940	8 437	8 964	9 524	10 120	10 752
Összes gépi munka önköltség	73 108	77 677	82 532	87 690	93 170	98 994	105 181	111 755	118 739	126 161
Egyéb szolgáltatás	14 513	1 534	16 214	17 138	18 115	19 148	20 239	21 393	22 612	23 901
Bérköltség (kukorica termesztésre eső)	24 210	25 589	27 048	28 590	30 220	31 942	33 763	35 687	37 721	39 872
Ipari eredetű takarmány -silótartósító	7 070	7 472	7 898	8 349	8 825	9 328	9 859	10 421	11 015	11 643
Bérköltség (alapanyag előállításra eső rész)	254	268	283	299	317	335	354	374	395	418
Segédüzemek (gépi munka)	12 644	13 434	14 273	15 166	16 113	17 121	18 191	19 328	20 536	21 819
A silókukoricából készült biogáz alapanyag előállításának összes költsége évenkénti bontásban	285 869	302 441	319 989	338 571	358 248	379 084	401 149	424 513	449 256	475 456
A silókukoricából készült biogáz alapanyag előállításának 10 éves kumulált költsége: 3 734 576 euró										

Forrás: Pálhalmi Agrospeciál Kft. alapján, Saját számítás (2013)

23. táblázat

A silókukorica biogáz célú értékesítéséből származó bevételek (euró)

	2012/13	2013/14	2014/15	2015/16	2016/17	2017/18	2018/19	2019/20	2020/21	2021/22
Silókukorica biogáz alapanyag	369 051	390 087	412 322	435 824	460 666	486 924	514 679	544 015	575 024	607 801
Megbízhatósági faktor	100%	100%	100%	100%	100%	99%	98%	97%	96%	95%
Korrigált évenkénti bevétel	369 051	390 087	412 322	435 824	460 666	482 054	504 385	527 695	552 023	577 411
A silókukorica biogáz alapanyagként történő értékesítéséből származó 10 éves kumulált bevétel 4 711 520 euró										

Forrás: Pálhalmi Agrospeciál Kft. alapján, Saját számítás (2013)

24. táblázat

A silókukorica biogáz célú termesztésének CBA számítása (euró)

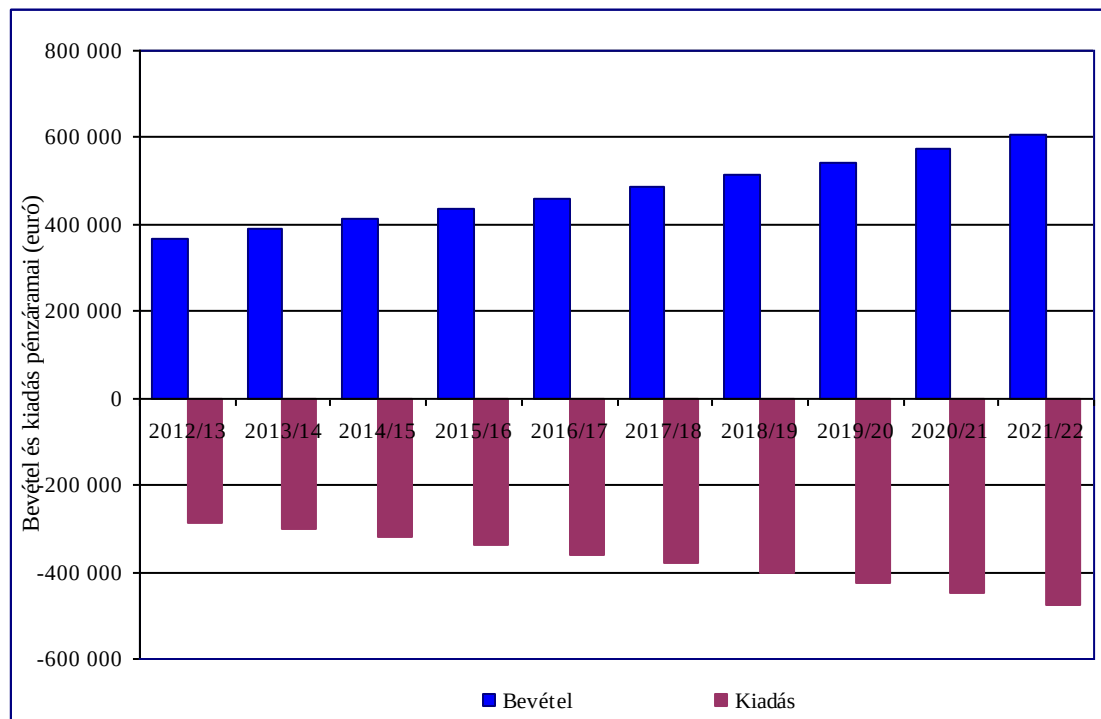
	2012/13	2013/14	2014/15	2015/16	2016/17	2017/18	2018/19	2019/20	2020/21	2021/22
Diszkontálás nélküli pénzáramok										
Költségek	-285 869	-302 441	-319 989	-338 571	-358 248	-379 084	-401 149	-424 513	-449 256	-475 456
Bevételek	369 051	390 087	412 322	435 824	460 666	482 055	504 385	527 695	552 023	577 411
Nettó pénzáram	83 182	87 646	92 333	97 253	102 418	102 971	103 236	103 182	102 767	101 955

**Diszkontálási
faktorok**

Diszkont ráta (kamatláb)	6,0%									
Bázisév	2013									
Év index	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Diszkontálási faktor	1,0000	0,9434	0,8900	0,8396	0,7921	0,7473	0,7050	0,6651	0,6274	0,5919
Diszkontált pénzáramok										
Költségek	-285 869	-285 322	-284 789	-284 271	-283 766	-283 274	-282 794	-282 325	-281 869	-281 422
Bevételek	369 051	368 007	366 965	365 926	364 891	360 219	355 572	350 947	346 346	341 769
Nettó	83 182	82 685	82 176	81 656	81 125	76 946	72 778	68 622	64 478	60 347
Kumulált összeg	83 182	165 867	248 043	329 698	410 823	487 769	560 547	629 169	693 646	753 993
Nettó jelenérték (€)	753 993									

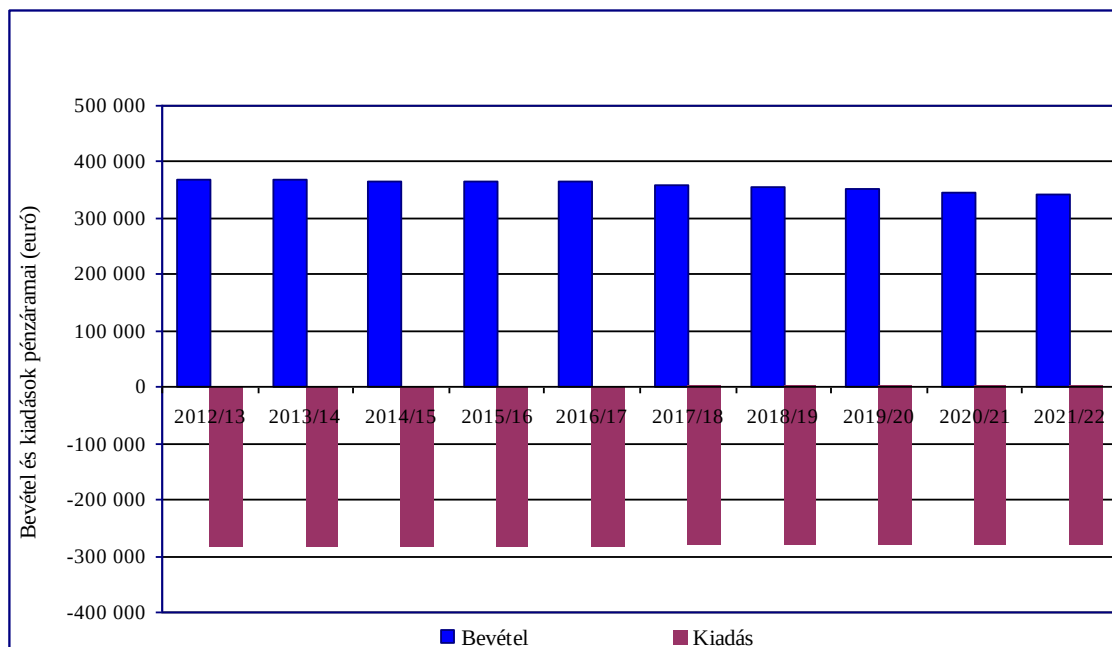
Forrás: Pálhalmi Agrospeciál Kft. alapján, Saját számítás (2013)

A silókukorica termesztésének működési, azaz diszkontálás nélküli illetve diszkontált pénzáramai a 10 éves időintervallum alatt (43. és 44. ábra).



Forrás: Pálhalmi Agrospeciál Kft. alapján, Saját számítás (2013)

43. ábra A silókukorica biogáz célú termesztésének diszkontálás nélküli pénzáramai



Forrás: Pálhalmi Agrospeciál Kft. alapján, Saját számítás (2013)

44. ábra A silókukorica biogáz célú termesztésének diszkontált pénzáramai

Ahhoz, hogy el lehessen dönteni melyik biogáz alapanyag termesztése gazdaságosabb, meg kell vizsgálni a fajlagos tonnánkénti előállítási költségeket a 10 év viszonylatában (25. táblázat). A „Szarvasi-1” energiafű termesztésének fajlagos költsége az első évben jelentősen meghaladja a vizsgált 10 éves időszak többi évében mutatkozó költségeket, melynek egyik magyarázata, hogy az

első évben a hektáronkénti hozam 10 t/ha, míg a növény életciklusának többi évében a biogáz alapanyag hozam 22 t/ha. Másik magyarázata, hogy a kezdeti beruházási költségek az első évben jelentkeznek, ami az alacsonyabb hektáronkénti hozammal kalkulálva eredményezik a kiugróan magas fajlagos önköltségi árat. Ezen túlmenően a „Szarvasi-1” energiafű önköltségi árai a földbérlettel kapcsolatosan felmerülő kiadásokat is tartalmazzák. A silókukorica esetében sem a földbérlettel, sem a „Szarvasi-1” energiafűhöz hasonló kezdeti beruházási költséggel nem számolunk, hiszen a kukorica termesztésével kapcsolatos költségek minden évben jelentkeznek.

25. táblázat

A „Szarvasi-1” energiafű és a silókukorica, mint biogáz alapanyag előállításának önköltségi árai (euró/t)

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
"Szarvasi-1" energiafű biogáz alapanyagként történő előállítás önköltsége (€/tonna)	50,39	16,46	22,23	26,64	25,43	29,92	28,58	33,61	32,12	37,76
	2012/ 13	2013/ 14	2014/ 15	2015/ 16	2016/ 17	2017/ 18	2018/ 19	2019/ 2020	2020/ 21	2021/ 22
Silókukorica biogáz alapanyagként történő előállítás önköltsége (€/tonna)	36,82	38,96	41,22	43,61	46,15	48,83	51,67	54,68	57,87	61,25

Forrás: Saját számítás, 2013

A számítások eredményeképpen összefoglalva megállapítható, hogy a „Szarvasi-1” energiafűből rosszabb minőségű talajon, kisebb ráfordítással több és nagyobb gázhozamot produkáló biogáz alapanyag állítható elő, mint a jelenleg használt silókukoricából.

4.4 A BIOGÁZ ELŐÁLLÍTÁS JOGI ÉS ADMINISZTRATÍV AKADÁLYAI MAGYARORSZÁGON

Magyarország adottságai ismeretében egyértelmű a biomasszában belül a biogáz alapú energiatermelés komparatív előnye a bioetanolhoz és biodízelhez viszonyítva. A megújuló energiaforrások közül a biogáz hazánkban ismert ugyan, de ma még csekély szerepet játszik az ország energiaellátásában.

Magyarországon jelenleg az állattartásból származó trágyából keletkezik a legnagyobb mennyiségű biohulladék. A trágyán belül elsősorban a sertés hígtrágya a megfelelő trágyakezelési technológiák hiányában jelentős környezetszennyezést okoz. A kommunális hulladéknak megközelítőleg 35%-a biológiailag bontható szerves anyag lenne, ezzel szemben ennek nagy részét személtlerakó telepeken helyezük el, így szennyezve a talajt, talajvizet és levegőt. A biológiailag bontható és felhasználható hulladékok második nagy csoportját a kommunális szennyvíz jelenti, amelynek tisztítása során magas szervesanyag-tartalmú szennyvíziszap képződik, kezelése azonban jelentős arányban megoldatlan. A harmadik csoportba tartoznak a vágóhídi, illetve az élelmiszeripari hulladékok (ételmaradékok, moslék, használt sütőolaj), de veszélyes hulladékként speciális eljárást, jelentős anyagi ráfordítást igényelnek az ártalmatlanítás során. Ezen biohulladékok biogáz termelésben

történő felhasználása a megfelelő C:N arány biztosítása érdekében növényi hulladékok vagy speciálisan energianövények hozzáadását igényli. Az így keletkezett biogáz már alkalmas a villamos- és hőenergia előállítására vagy tisztítás után a földgázhálózatba betáplálható vagy biohajtóanyagként alkalmazható, valamint a mezőgazdaságban tápanyag-utánpótlásra, fermentációs célra hasznosítható.

2012. első felében a Magyar Biogáz Egyesület (2012) adatai szerint hazánkban mintegy 50 biogáz üzem működött, nagy részét a mezőgazdasági hulladékokra alapozott (trágya) biogáz üzemek adják, ugyanakkor 13 szennyvíztisztító és 8 kommunális hulladéklerakóra épülő gázerőmű is található. Ezek többségében kombinált áram- és hőtermelés folyik. A 2011-ig engedélyezett biogáz üzemek a szerződéses időtartamukra az Energia Hivatal által rögzített átvételi árakkal kalkulálhatnak (Melléklet 9.6 táblázat). Azonban a Kötelező Átvételei Tarifarrendszer (KÁT) 2012-re teljesen megszűnt, így az újonnan telepített biogáz üzemek az amúgy is alacsony hatósági átvételi árat (2013-tól átlagosan 23 forint/kWh) sem kapják meg az előállított villamos energia átadásáért. Kérdés, hogy a magyar biogáz ipar jövője az osztrák példát fogja-e követni egy stagnálást követő leépüléssel.

2011-re vonatkozóan konkrét biogáz mennyiségi adat nem áll rendelkezésre, ezért vizsgálataimat TIHANYI et al. (2012) metodikájára alapozom. 2011-ben összesen 19 907 kWh biogázra alapozott beépített villamos teljesítmény volt az országban, az éves szintű elvárt termelés 149,3 GWh számolható. Ha ezt a gázmotorok teljesítményétől függően azok hatásfokának (25-45%) átlagával korrigálom (35%) eredményként megkapom az országban felhasznált biogáz maximum teljesítményét, amely 1,536 PJ energiával egyenértékű. Összehasonlítható adatok csak 2010-ből állnak rendelkezésre. Az EUROSERVER 2010-es adatai szerint a megtermelt biogáz mintegy 1,28 PJ energiával (2009-ben 0,987 PJ energiával) volt egyenértékű. Ezt a mennyiséget összehasonlítva az ország földgáz alapú felhasználásával látható, hogy a 2010. évi 423,1 PJ összes földgázenergiának elenyésző hányadát, 0,3%-át (2009-ben 0,23%-át) lettünk volna képesek helyettesíteni biogázzal (26. táblázat). Tehát a biogáz üzemek számának növekedésével potenciálisan növekszik a földgáz helyettesíthetősége vagy kiváltása, de véleményem szerint nem fogunk oda eljutni, hogy képesek legyünk akár 5%-nál nagyobb mértékben helyettesíteni a földgázt. Igaz ez azért is, mert a jelenlegi trend szerint a hazai biogáz üzemek rendszerint csak egy-egy mezőgazdasági üzem vagy szennyvíztisztító telep energiaellátását oldják meg. Ezzel szemben Németországban vagy Ausztriában egész települések energiaszükségletét képesek biztosítani.

26. táblázat

A földgáz szerepe a hazai energiaellátásban

	1990	1995	2000	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Földgázforrások (PJ)	373,73	389	411,24	511,88	487,55	508,2	498,81	454,79	474,4	426,9	423,1	362
Belföldi felhasználás (millió m ³)	11 167	11 517	11 866	14 557	14 464	14 257	13 435	12 625	12 383	10 826	12 613	11 200
Csúcsnapi fogyasztási adat (ezer m ³ /nap)	54 923	64 472	73 658	84 803	84 234	91 665	89 006	76 245	79 052	74 317	73 372	65 452

Forrás: ENERGIA HIVATAL, 2013

Az Energia Hivatal adataiból látható, hogy hazánk belföldi földgáz felhasználása a 2003. évi csúcs után mérséklődött. A gázfelhasználás csökkenése egyrészt az emelkedő átlaghőmérséklettel, másrészt az ipari termelés csökkenésével magyarázható. Mivel a gazdasági és a pénzügyi válság hatásai elhúzódnak, nem valószínű, hogy az ipari termelés mértéke jelentősen növekedne az

elkövetkezendő 10 évben, így a belföldi gázfelhasználás mértékének további csökkenése prognosztizálható.

A biogáz felhasználáshoz nem csak egy hatékony technológiájú üzemre van szükség, hanem egy integrált hálózati infrastruktúrára is, így a gázvezetékekre, alállomásokra és fűtési hálózatokra. Magyarország földgáz rendszere jól kiépített, a települések 90,8%-a rendelkezik vezetékes gázzal, a tüzelőberendezések alapvetően korszerűek, jól szabályozottak. Ebből kifolyólag evidens lehetne a biogázt földgáz helyettesítésére használni, a tendenciájában növekvő kőolaj és így a gázárak mérséklése céljából. Ugyanakkor a „zöld áram” példájára a „zöld gáz” állami szubvenciója hiányzik, holott a biometán földgázhálózatba táplálása az ilyen állami szabályozók („zöld gáz” tarifa), jogi háttér (a tisztított biogáz paraméterei) és hatósági beavatkozás (a betáplálási folyamat ellenőrzése) nélkül elképzelhetetlen. Enélkül vonzóbb alternatívát jelent a nyers biogáz üzemek számára a tisztítatlan biogáz elégetése és az így keletkező elektromos áram és hőenergia lokális felhasználása. Osztom JOBBÁGY et al. (2010) véleményét, miszerint *„olyan törvényi szabályozási és támogatási rendszerre van szükség, amely egyértelművé teszi a potenciális vállalkozók számára, hogy a biogáz előállítás (és dúsítás) – kiemelten a kommunális, mezőgazdasági és ipari hulladék alapanyag esetében – összhangban áll az országos energiastratégiai és környezetvédelmi célkitűzésekkel”*.

A biogáz ipari beruházások jövőjét az alábbi adminisztratív akadályok nehezítik:

- túlságosan bonyolult a hazai bürokratikus eljárásrend,
- a biogáz üzemekre és a hálózati csatlakozásra, betáplálásra vonatkozó engedélyezési eljárások tovább nehezítik a fejlesztéseket, mivel egy biogáz üzem beindításához több, mint 20 hatóság hozzájárulása szükséges
- a hatósági engedélyek megszerzése rendkívül időigényes (átlagosan 2 év),
- a beruházónak az engedélyek beszerzése jelentős anyagi ráfordítást, akár több millió forintot is jelent,
- az engedélyező hatóságok gyakran nem is értenek a biogáz üzemek gyakorlati működéséhez és működtetéséhez.

Jelentős kockázatot rejt a szabályozatlanság hiánya:

- nincs átfogó műszaki szabályozási keret a biogáz földgázhálózatba történő betáplálására vonatkozóan,
- nincs meg a biogáz minőségi paramétereiről szóló szabályozás, annak ellenére, hogy ezt más európai ország már alkalmazza,
- nincs meg a biogáz hálózati betáplálásával kapcsolatos szükséges ismeret és tapasztalat.

A biogáz üzemek finanszírozásának hiánya az alábbi gondokat hordozzák:

- problémát jelent, a nem megfelelő és bizonytalan állami támogatási rendszer, amelynek eredményeképpen a befektetők más európai országokban létesítenek biogáz üzemet,
- hiányoznak a kiszámítható gazdasági mutatók, amelyek alapján a szükséges befektetői döntést meg lehetne hozni,
- nincs semmilyen finanszírozási ösztönző a biometán földgáz vezetékekbe történő betáplálására, földgáz- vagy üzemanyag-helyettesítő felhasználására,
- a biogázból előállított villamos energia értékesítése nem nyereséges, ha az üzemek nem tudják felhasználni vagy értékesíteni a hőenergiát,
- Magyarországon alacsony mértékű és változó volt a zöldáram átvételi ára (legutoljára 9,5 euró cent), ami figyelmen kívül hagyta a napon belüli csúcsidőszakban vagy csúcsidőn kívül betáplálást. Ezzel szemben az európai átlag átvételi árak 27/28 euró cent/1 kWh zöldáram mozogtak,

- hiányzik a beruházási hajlandóság, mivel állami támogatást nem kap a biogáz üzem, így a beruházás megtérülése 8-9 év (állami szubvencióval 6-7 év).

Mindezek ellenére a Magyar Biogáz Egyesület (2011) véleménye szerint 2020-ig akár 500 biogázüzem is létesülhet Magyarországon. A jelenlegi ipari növekedési trendet és a fejlesztések előtt álló akadályokat figyelembe véve ezt nem tartom reálisnak.

Összegzőképpen megállapítható, hogy a **hazai földgázfüggőséget** a Magyarországon **előállítható és betáplálható biogáz mennyisége nem képes jelentős mértékben csökkenteni**. Ugyanakkor elterjesztése és felhasználása uniós kötelezettségvállalásunk részét képezi. A **földgázhálózatba történő betáplálás megvalósítását elsősorban a törvényi szabályozás, a pénzügyi feltételek, és az anyagai ösztönzők hiánya** jelenti. Mivel Magyarországon **nem működik a zöld villamos energiára vonatkozó kötelező átvétel, a földgázhálózati betáplálásnak pedig nincs meg a szükséges szabályozási környezete** és hiányzik a megfelelő infrastruktúra, véleményem szerint a **tisztított biometán bioüzemanyag célú felhasználási módján** indokolt gondolkodni.

4.5 A KÖZLEKEDÉSI ÁGAZAT PROBLÉMÁI MAGYARORSZÁGON

Disszertációm korábbi fejezeteiben rámutattam arra, hogy a jelenlegi technológiai szint mellett biztonságosan előállítható bioüzemanyagok közül a biometán tudja leginkább szolgálni azt a célt, amelyet az NCsT-ben tett, közlekedésben előírt 10%-os megújuló energia használatra vonatkozó vállalásból eredő kötelezettségünk teljesítésére irányul.

A hazai közlekedési ágazat első és legnagyobb problémájaként a megújuló energiával működő gépjárművek csekély számát és a kiépítetlen infrastruktúrából származó hátrányt kívánom megjelölni.

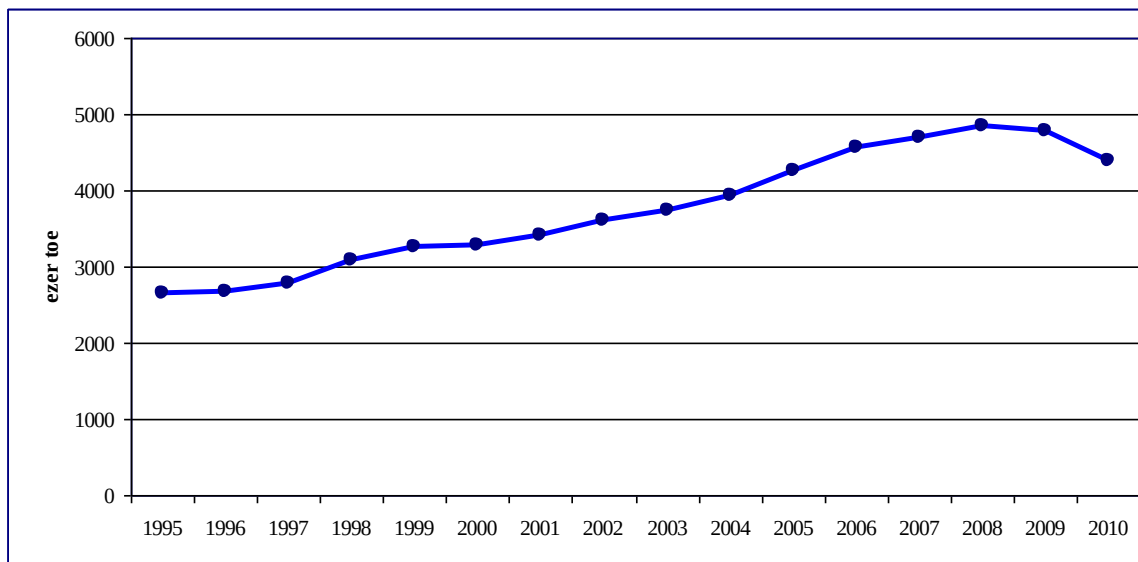
2010-ben az európai OECD országokban értékesített új személygépjárművek száma csökkenni kezdett. Ez egyrészt a pénzügyi-gazdasági válságnak, másrészt a kormányok által támogatott „selejtezési” intézkedések lezárásának tudható be, amelyek keretében a támogatást nyújtó kormányok a régi, környezetvédelmi és energiahatékonysági szempontból elavult járművek lecserélését pénzügyi ösztönzőkkel segítették. A német roncsautó program volt a legnagyobb horderejű Európában, 2009-ben a közel 2 millió új gépjármű támogatásához mintegy 5 milliárd euró nagyságrendű támogatási csomagot különítettek el. Ezt a támogatási konstrukciót megszüntetve 2010-re Németországban a 2009-es eladásokhoz képest 29%-kal esett vissza az értékesített új járművek száma, míg Olaszországban 9%-kal, Görögországban 36%-kal esett vissza a személygépkocsi értékesítés volumene (EIA, 2012). Franciaország volt az egyetlen uniós tagállam, amely a kislejtezési támogatását fokozatosan vezette ki: 2009-ben mintegy 1 200 euró/gépkocsi, 2010. első felében megközelítőleg 800 euró/gépkocsi és 2010. második felében 500 euró/gépkocsi támogatást nyújtott. Ennek köszönhetően az értékesítésben tapasztalt 2,2%-os visszaesés nem volt olyan markáns, mint más európai OECD országban. Két országban, az Egyesült Királyságban és Spanyolországban az eladott gépkocsik száma nem csökkent. Az Egyesült Királyságban 2010-ben az előző évhez képest 2%-kal több személygépkocsit értékesítettek, annak ellenére is, hogy a roncsautó programot 2009-ben befejezték. A spanyol 3%-os értékesítési volumen növekedésének elsődleges oka az volt, hogy 2010 júliusától egy új adónem lépett életbe, amely „hozzáadott-érték adó” formájában az új személygépkocsik vételárát növelte. Emiatt az első félévben jelentős volt a személygépkocsi csere, a forgalomba helyezett új gépjárművek száma meghaladta az előző év hasonló időszakában mért adatokat. Az értékesítési volumen növekedéséhez szintén hozzájárult, hogy a roncsautó programot 2010 végén megszüntették. A prognózisok szerint az OECD Európa országaiban 2013-2014-re a makrogazdasági kilátások javulnak, így a fogyasztói bizalom

helyreállításával az új személygépjárművek értékesítési szintje visszaáll a pénzügyi-gazdasági válság előtti szintre (EIA, 2012).

Az Unió egyes tagállamai már most jelentős pénzügyi alapot különítettek el a villamos hajtású személygépkocsi technológia tömeges terjesztésére és ennek promóciójára, mivel a 2020-ig meghatározott célok között ambiciózus célkitűzésként szerepel az elektromos járművek piaci bevezetése. Németország mintegy 500 millió eurót allokált a „Nemzeti Elektro-Mobilitás Fejlesztési Tervben” a 2020-ra forgalomba helyezendő közel 1 millió elektromos személyautó célérték eléréséhez. Franciaország megközelítőleg 1,5 milliárd eurót fog költeni a 2 millió villamos hajtású és hibrid üzemmódú személygépkocsik 2020-as bevezetésére. Az Egyesült Királyságban bevezették az elektromos autókra vonatkozó támogatási rendszert, amely 2011. január 1-től vehető igénybe, gépkocsinként akár 6 000 euró támogatási összegig. Ezen túlmenően egy új feltöltő állomás hálózatot fognak kialakítani az utcákon, autóparkolóknak, valamint a bevásárló központokban és kiskereskedelmi létesítmények közelében (EIA, 2012).

Az ágazati korlátok közül a második a szükséges társadalmi ösztönzők hiányából fakad. Az elektromos járművek és a plug-in hibrid elektromos járművek terjesztésére vonatkozó jelentős kormányzati erőfeszítések ellenére az ilyen típusú gépjárművek értékesítési volumene igen alacsony Európában. A spanyol kormány 2 000 lítium ionos akkumulátorral rendelkező elektromos gépkocsi forgalomba helyezését tűzte ki célul 2009-2010-re, és 20 000 elektromos és hibrid személygépkocsit 2011-re. Ennek ellenére 2010 decemberében csak 98 elektromos hajtású és 778 hibrid személygépjárművet értékesítettek, melyekhez átlagosan 4 000 euró/személygépkocsi támogatást nyújtott az állam (EIA, 2012). Németországban, a forgalomban lévő 49,6 millió személygépkocsiból csak 22 300 hibrid üzemmódú, további 1 500 elektromos jármű volt 2010-ben. Ebből következik, hogy a gépkocsiállomány kevesebb, mint 0,1%-a környezetbarát gépjármű (EIA, 2012). Az elektromos és a hibrid üzemmódú személygépkocsik jelenlegi terjesztési korlátait azok viszonylag magas ára és a szükséges töltési infrastruktúra hiánya okozza. Az új technológiák tömeges bevezetésével azonban ezek eladási volumene is növekedni fog a jövőben. A számok és a hiányosságok fényében nyilvánvaló, hogy a közeljövőben ezeket a hajtási módokat nem lehet olyan mértékben elterjeszteni, hogy azok megfeleljenek a nemzeti és uniós elvárásoknak. Ebből kifolyólag ösztönözni indokolt mindazon módszereket, amelyek a hagyományos fosszilis üzemanyaggal működő gépjárművek minimális átalakításával ugyan, de érdemben és széles körben alkalmazhatók, mint például a biogáz, bioetanol vagy biodízel.

Magyarország számára az NCsT-ben tett, majd a Széll Kálmán Tervben megerősített megújuló energia mennyiségének vállalása komoly akadályokba ütközhet a nemzetgazdasági ágazatokban, amely akadályok elsősorban a vonatkozó jogszabályok ellentmondásából, a jelenlegi kötelező átvételi rendszer (KÁT) és a megújuló energia használatát ösztönző rendszerek hiányából, valamint a megújuló energiafelhasználás szükségszerűségének társadalmi tudatlanságából fakad. A közlekedési ágazatban 2000-2008 között több mint 40%-kal nőtt a felhasznált energia mennyisége (45. ábra). Ehhez különböző társadalmi és gazdasági tényezők egyaránt hozzájárultak. A 2004-2006-os években egyrészt a lakosság gazdasági gyarapodása idézte elő a növekvő energiahasználatot (ez a növekedés nem csak a közlekedési ágazatra jellemző, ugyanilyen tendencia figyelhető meg a háztartások energiafelhasználásának változásában), másrészt a növekvő gépkocsiállomány is hozzájárult a közvetlen energiafelhasználás növekedéséhez. A 2008-ban bekövetkező, de valójában 2009-ben érezhető gazdasági válság azonban az energiafelhasználás alakulásán is megmutatkozik, amikor is a háztartások és a közlekedési szektor energiafogyasztása egyaránt csökkenni kezdett. A pénzügyi és gazdasági válság nem csak Magyarországon, hanem általában a fejlett országokban is a közlekedési ágazat gyengülését idézte elő. Nemzetközi szervezetek az ágazat energiaigényének stagnálást prognosztizálják hosszabb távon (OECD, 2011).

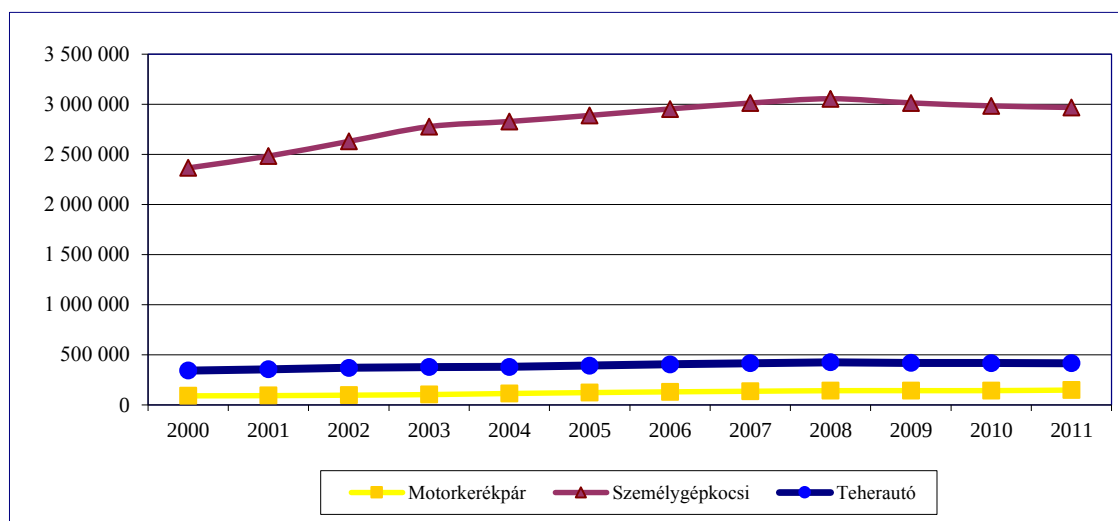


Forrás: EUROSTAT, 2012

45. ábra A közlekedési ágazat közvetlen energiaszükséglete Magyarországon

A hazai közlekedési ágazatot vizsgálva indokolt kitérni a gépjárműállomány nagyságára és a gépjárművek átlagos életkorára is. Magyarországon 2012-ben közel 3 millió személygépkocsi volt forgalomban. 2000-2008-ig a személygépkocsi állomány fokozatosan növekedett, meghaladva a 3 millió járművet, majd a pénzügyi és gazdasági válság hatására 2009-től lassan, de fokozatosan csökkent az ágazatban felhasznált energia mennyiségéhez hasonlóan (46. ábra). A motorkerékpárok száma. 2000-2011. között mintegy 60%-kal emelkedett, 2011-ben meghaladta a 147 000 ezer darabot. A forgalomban lévő teherautó állomány a vizsgált időszakban mintegy 18%-kal növekedett, az autóbusz állomány 17 500 gépjármű körüli szinten stagnált (KSH, 2012).

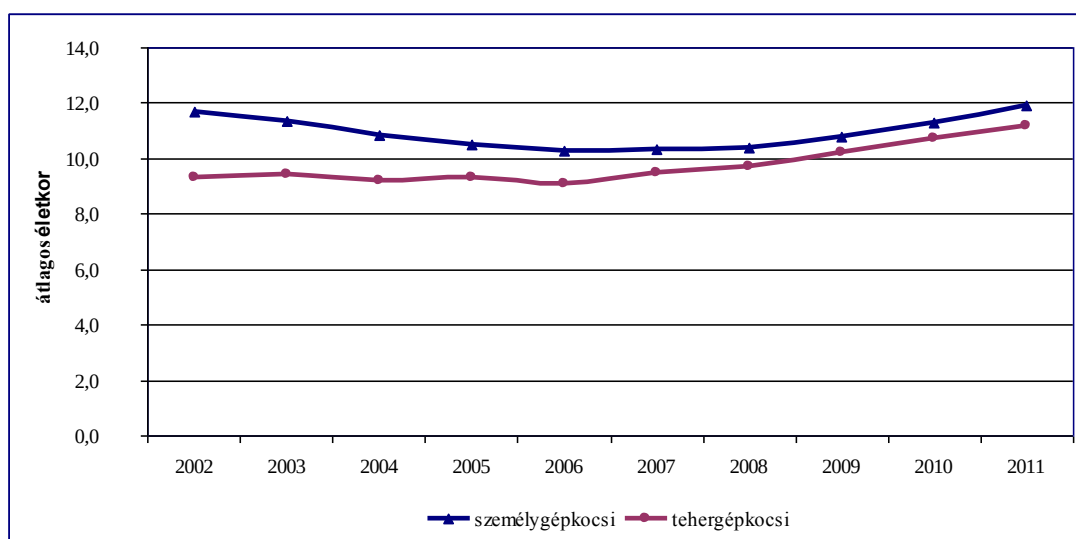
A magyar és az uniós átlag motorizáltság mértékének összehasonlításából kiderül, hogy 2000-2011 között az uniós átlag növekedését a gazdasági válság nem fékezte, ezzel szemben a magyar mutatók 2009-től visszaesést mutatnak (EUROSTAT, 2012). Magyarországon tehát **fontos a közlekedéspolitikai kérdés. Ezért a tömegközlekedés fejlesztésének érdekében kiemelt figyelmet kell fordítani a forgalomba helyezett gépjárművek életkorára, technikai felszereltségükre és környezetvédelmi besorolásukra.**



Forrás: KSH, 2012

46. ábra Magyarország közúti gépjármű-állomány változása

2011 végén a személygépkocsi-ellátottság hazánkban 298 db/1000 fő volt, ami nagyjából megegyezik északi szomszédunk Szlovákia adataival (294 db/1000 fő), ugyanakkor messze alatta marad Csehország (424 db/1000 fő) vagy Litvánia (506 db/1000 fő) értékeinek. A nálunk jóval motorizáltabb, nyugat-európai országokról ne is beszéljünk. Az EU27 azonos időszakának átlaga 473 db/1000 fő-t tett ki (EUROSTAT, 2012). A gépjárműállomány vonatkozásában célszerű vizsgálni a forgalomban lévő gépkocsik és tehergépjárművek átlagos életkorát is. Megállapítható, hogy hazánkban a legalacsonyabb átlagéletkor 2006-ban volt mind a személygépkocsi, mint pedig a tehergépkocsik tekintetében, azóta viszont mindkettőnél folyamatosan növekszik (47. ábra). A gépjárművek átlagéletkorának növekedése egyértelműen a pénzügyi és gazdasági válságnak tudható be. Ugyanakkor kijelenthető, hogy a gépjárműpark esetleges jövőbeli bővülése nem hozza feltétlenül magával a fosszilis energiahordozók mennyiségi növekedését (POPP-POTORI szerk., 2011), mivel az újabb, modernebb forgalomba hozott gépjárművek már gazdaságos energiafelhasználást tesznek lehetővé, valamint a fogyasztói szokások változásának köszönhetően az üzemanyag fogyasztás csökkenhet.



Forrás: KSH, 2012

47. ábra Gépkocsi állomány átlagos életkorának alakulása Magyarországon

Hazánkban a jelenlegi személygépkocsi-állomány alternatív (hibrid, villamos hajtású, egyéb: LPG, CNG, metanol, bioetanol vagy biodízel) hajtásmódú személygépkocsik tekintetében, azok üzemanyag összetételére vonatkozóan statisztikai adat nem áll rendelkezésre. 2009-től a KSH egyéb kategóriában, összevontan tünteti fel a LPG, CNG, LPG/benzin, CNG/gázolaj, metanol, növényolaj, biogáz, bioetanol/benzin, CNG/benzin hajtású személygépkocsik számát. 2011-ben ebbe a kategóriába tartozó személygépkocsik száma 10 265 volt, ami a személygépkocsi állomány 0,3%-át tette ki (KSH, 2013). Azonban az E-85 bioüzemanyag eladási mennyiségeiből és a forgalomban lévő gépkocsik számából lehet következtetni az etanolos járművek számára. Ez 2012-ben mintegy 9 500 gépjármű lehetett, amely minimális az összes személygépkocsihoz viszonyítva (SOMOGYI, 2012).

Magyarország jövőre vonatkozó elképzelései világosak, azonban a kitűzött célok felé történő elmozdulás még várat magára. Fontosak az alternatív hajtóanyagok, de ezek ösztönző rendszere, akár az előállítás támogatásának, akár a felhasználás támogatásának vonatkozásában megszűnt. Sem adókedvezmény, sem pedig pénzügyi ösztönzők nem segítik a biohajtóanyagok lakosság körében történő elterjedését. A nyugat-európai országokhoz hasonlóan nálunk is kiemelt kormányzati cél az elektromos, hidrogén és hibrid alapú technológiák elterjesztése, az ezt szolgáló infrastruktúrák azonban teljes mértékben hiányoznak, kialakításuk több évet, akár évtizedet is igénybe vehet. További cél a melléktermékek és hulladékok nagyobb arányú felhasználása, mind a biogáz, mind a

tüzeléstechnikai alkalmazás területén. Magyarország természeti és agroökológiai adottságaiból kifolyólag célszerű a biomasszából előállítható hajtóanyagokra koncentrálnunk, hiszen képes az élelmiszer- és takarmányigényt meghaladó energetikai célra felhasználható többlet biomassza fenntartható, versenyképes áron történő előállítására.

Összefoglalóan megállapítható, hogy **a fenti megoldandó ágazati problémákat**, mint például a jelentős energiafelhasználás, fosszilis üzemanyagból származó káros ÜHG kibocsátás, elsősorban **közlekedésben használt meghajtási módok fejlesztésével lehet kezelni**. Ugyanakkor az európai példáknál bemutatott számok és infrastrukturális hiányosságok igazolják azt a feltevésemet, hogy **az elkövetkezendő 5-10 évben is az eddig már bevált, biomasszából nyert különböző hajtóanyagoké a fő szerep**.

A közlekedési ágazat harmadik legjelentősebb problémáját a bioüzemanyagok használatára alkalmatlan vagy csak részben alkalmas motorok, azok motorteknikai korlátai jelentik. A jelenlegi európai gépjárművek – konstrukciós kialakítás miatt – csak korlátozott mennyiségben bioüzemanyagot tartalmazó üzemanyaggal képesek problémamentesen üzemelni. Az uniós klímacsomag nagy lendületet adott a megújuló energiával működő motorok fejlesztésének, ugyanakkor a bioüzemanyaggal működő gépkocsiknál az alkatrészek gyors kopását figyelték meg. Az uniós célértékek minden tagállamot, így Magyarországot is kötelezik a közlekedésben használt 10%-os megújuló energia arány betartására. Mivel hazánk elkötelezte magát a megújuló energiaforrások használatára, ami egyben az ország gazdasági fejlődésének záloga lehet, a hazai NCsT-ben a 2020-ig alkalmazandó bioüzemanyagok aránya is meg lett határozva, annak ellenére, hogy az irányelv ezt nem írja elő. Az NCsT az ország teljes bruttó energiafogyasztását 19 644 ktöe körül valószínűsíti 2020-ban, amiből a közlekedés energiaigénye ennek megközelítőleg 27%-a (2011-ben 26,4%), azaz 5 349 ktöe körül alakul. 2020-ban ennek az energiaigénynek 10%-át, azaz 535 ktöe-t kell megújuló energiával helyettesíteni. POPP-POTORI (2011) tanulmánya szerint hazánkban 2020-ban a közlekedésben a megújuló energiák várható összetétele energiatartalom alapján számítva a következőképpen alakul: 56,8% (304 ktöe) bioetanol, 37,8% (202 ktöe) biodízel, 4,5% (22 ktöe) megújuló energiaforrásból előállított villamos energia, 0,9% (5 ktöe) egyéb bioüzemanyag, elsősorban a tömegközlekedésben és a hulladékszállításban felhasznált biogáz lesz (27. táblázat). A cselekvési tervben felvázoltak értelmében vállalatunkat első generációs bioüzemanyagokkal teljesítjük, a bioetanol előállítás fő alapanyaga a kukorica, a biodízel a repce, illetve hulladékok (állati zsírok, használt sütőolaj) lehetnek. A helyettesítendő üzemanyag energiatartalmának figyelembe vételével mintegy 16% bioetanol és 6% biodízel bekeverését vállaltuk. Az ehhez szükséges saját termelésű alapanyag rendelkezésre áll, azonban a gyártó kapacitás még nem kiépített, ezért további jelentős beruházások lesznek szükségesek a vállalt bekeverés teljesítéséhez.

27. táblázat

A megújuló forrásból származó energiák a közlekedésben Magyarországon (2005-2020)

Me.: ktöe

Megnevezés	2005	2010	2015	2020	Megoszlás, 2020 (%)
Bioetanol/ETBE	5	34	106	304	56,8
Biodízel	0	110	144	202	37,8
Hidrogén	0	0	0	0	0,0
Megújuló energiaforrásból előállított elektromos energia (közút)	0	0	0	2	0,4
Megújuló energiaforrásból előállított elektromos energia (egyéb)	0	6	15	22	4,1
Egyéb (biogáz)	0	0	1	5	0,9
Összesen	5	150	266	535	100,0

Forrás: POPP-POTORI, 2011

A bioüzemanyagok fokozottabb elterjesztéséhez magasabb bioüzemanyag komponenst tartalmazó hajtóanyag vagy tiszta bioüzemanyagot felhasználni képes járművek elterjedése szükséges. A személygépkocsiknál a jelenlegi motorok fizikai korlátai szabnak határt. Az európai autógyáraknak egy új technológiájú, magasabb bioüzemanyag komponenssel üzemelő motort kifejleszteni, piacra juttatni megközelítőleg 7-10 év. A tisztán bioüzemanyaggal működő gépkocsik elterjesztéséhez és működtetéséhez további infrastrukturális fejlesztések szükségesek.

A közlekedési ágazat energiafelhasználásának, az ÜHG-kibocsátás csökkentésének és a személygépjárművek átalakíthatóságának korlátait is figyelembe véve **Magyarországon a tömegközlekedés modernizációja jelentheti a megoldást. Ennek érdekében megfontolandó, hogy a tömegközlekedést milyen módon lehet bevonni a 2020-as célértékek teljesítésébe, hiszen egy egységesített tömegközlekedéssel és a tömegközlekedésben használt alternatív üzemanyagok (bioetanol, biogáz) terjesztésével lehet csak az előírányzott célértékeket elérni, valamint a felmerülő problémákat költséghatékony módon kezelni.**

Mivel **Magyarországon a biogáz alapanyagai adottak**, jelentős mennyiségben állnak rendelkezésre, véleményem szerint e hajtóanyag **fejlesztésére és alkalmazására indokolt koncentrálni**, így az egyéb megújuló energiából származó üzemanyagokat érintő esetleges kritikákat is elkerülhetjük. Ezért disszertációm további részében arra koncentrálok, hogy rámutassak, és érvekkel támasszam alá, hogy a feldolgozó kapacitás hiányából származó bioetanolt **biometán hajtóanyaggal gazdaságosan lehet pótolni.**

4.6 A BIOMETÁN VÁROSI FELHASZNÁLÁSÁNAK NEMZETGAZDASÁGOSSÁGI KÉRDÉSEI

Magyarország 2020-as vállalásai között szerepel a bioüzemanyagok 10%-os részesedése a közlekedésben felhasznált összes üzemanyagból. A fenntartható bioüzemanyag-előállítás és felhasználás követelményeit a 343/2010 (XII.28) Korm. rendelet rögzíti, amely előírja a kötelező biokomponens bekeverési kötelezettséget 2013. december 31-ig. Ennek értelmében energiatartalomra vetítve a bioetanolból 3,1% és biodízelből 4,4% bekeverés kötelező. A bioüzemanyagok jelentős, a vállalt 10%-os bekeverési kötelezettségének biztosítása a személygépjármű állománnyal nem megoldható, mivel egyrészt a jelenlegi személygépkocsi állomány 10%-nál nagyobb mértékű bioüzemanyag befogadására nem képes a motor meghibásodása nélkül, másrészt az elérendő célértékhez a személygépjármű állomány által fogyasztott bioüzemanyag mennyiség nem elegendő. Ezért kézenfekvőnek tűnhet a városi tömegközlekedés, illetve városi hulladékbegyűjtés rendszerének modernizálása. Ehhez regionális vagy helyi kezdeményezésekre és azok támogatására van szükség.

4.6.1 *A biometán európai példája a városi közlekedésben*

A biometán városi közlekedésben történő felhasználására számos európai példa áll rendelkezésre, ezek közül 2 várost (Lille, Róma) emelnék ki, amelyek méretüknél, személygépkocsi használatuknál, önkormányzati felépítésüknél fogva hasonlíthatók Budapesthez. Ezen túlmenően példa jelleggel mutatom be a biometán városi felhasználásának svéd úttörőit, Göteborgot és Stockholmot.

Azokban a városokban ahol a biometánt jellemzően tömegközlekedésre használják, alapvetően kétféle szemléletet tudunk megkülönböztetni. A projekt típusú szemlélet keretében úgynevezett „pilot” projekt keretében egy-két CNG alapú, de biometánnal működő járművet állítanak be a közlekedésbe. A hálózat típusú szemléletet alkalmazó városokban messze mutató stratégiát állítanak fel arra vonatkozóan, hogy a városokban keletkező hulladékokból vagy szennyvízből előállítható biometánt a városi tömegközlekedés és a városi hulladékbegyűjtésre szolgáló

gépjárművek használják fel. Ezen felül a lakosság energiaigényét is kiszolgálják, amellyel extraprofitot termelnek a városi biometán előállító üzemek. Mindkét szemlélet esetén a városok biztosítják a biogáz előállítást és tisztítást, a töltőállomások infrastruktúrájának kiépítését és a CNG (biometán) üzemelésű gépjárműveket. Projekt típusú szemlélet keretében ehhez általában kétoldali megállapodást ír alá az önkormányzat a magánbefektetőkkel egy biometán felhasználásra vonatkozó induló projekt esetén (Lille és Róma). Konkrét példa Lille városa és annak agglomerációja, ahol a város önkormányzata szerződésben vállalta a biometán töltőállomások kiépítését, ha a közterület fenntartó vállalat CNG motorral felszerelt szemétszállító járműveket állít forgalomba. A hálózati szemléletet képviselő városok azonban az egy közös célt elérendő érdekeltet egy hálózatba integrálják (Göteborg, Stockholm).

A fentebb említett városok különböző intézkedéseket hoztak az eltérő korábbi tapasztalatoknak (illetve annak hiányának) köszönhetően. Ezen intézkedések hatására új CNG motoros járművekkel bővült a városi (vagy a városi közművekhez tartozó) gépjárműállomány, vagy a régebbi dízelmotorok CNG átalakításával az új üzemanyag meghajtásra tértek át. Mindkét esetben hosszú távú szerződések garantálják a biometán felhasználást és értékesítést, így ez kölcsönös felelősségvállalást eredményez a felhasználó és eladó között (PÄDAM S. et al., 2010).

Mindehhez jelentős információs kampány is járult egyrészt a lakosság, másrészt a cégek és a többi, szomszédos önkormányzat körében. A 2007-ben elkezdett biometán piaci bevezetésére vonatkozó munka kezdetén Lille és Róma városa megfogalmazta a 2010-re teljesítendő, CNG motorral rendelkező, biometán üzemanyaggal működő gépjárműparkjának indikátorait. Mivel a két városban a közterület fenntartó vállalat a város tulajdonában van (a Fővárosi Közterület fenntartó Vállalat Budapest esetében is), racionális lépésnek tűnt a „pilot” projekt megvalósítása saját hatáskörben. Célul tűzték ki, hogy a légszennyezés mérséklésére, a városok tudatos környezetvédelmének előmozdítására a korábbi dízelhajtású hulladékgyűjtő járműveket biometán üzem módúra cserélik. A 2010-es célérték Lille és vonzáskörzete esetében 10, Róma esetében 55 szemétszállító gépjármű cseréje volt. Lille várossal ellentétben Róma sajátos hulladékgyűjtési rendszere miatt az elérendő gépjármű flotta tervezett számát nem tudta teljesíteni, mert 55 helyett csupán 19 nehéz gépjármű cseréjére került sor. Ugyanakkor a svéd városok, ahol a biometán „kultúra” viszonylag régen kialakult, a CBG gépjárművek száma, és a CBG használatba bevont érdekelt köre is nagyobb (28. táblázat).

28. táblázat

Európai városok biometán hajtóanyagú járműveinek száma 2010-ben

	Előállított biometán alapanyaga	Nehéz gépjárművek száma *	Könnyű gépjárművek száma	Flottaüzemeltető
Lille	Szennyvíziszap és biohulladék	10 (10)		Közterület fenntartó vállalat
Róma	Depóniagáz	19 (55)		Közterület fenntartó vállalat
Göteborg	Szennyvíziszap szántóföldi növényi hulladékkal keverve		160	Privát szektor-céges autók, közigazgatás
Stockholm	Szennyvíziszap szántóföldi növényi hulladékkal keverve	25	95	Városi tömegközlekedési vállalat, Közterület fenntartó vállalat, Privát szektor-céges autók, közigazgatás

*a ()-ben lévő értékek a 2010-re kitűzött célértékek

Forrás: PÄDAM S. et al., 2010

A politikai és gazdasági intézkedéseinek eredményességét értékelve a városok több helyi adottságon alapuló, illetve nemzeti szabályozás hiányából fakadó CBG elterjesztését akadályozó tényezőket azonosítottak (29. táblázat).

29. táblázat

Európai városok CBG-vel kapcsolatosan felmerült problémái

Lille	Róma	Göteborg és Stockholm
Kiemelkedően magas beruházási költségek	Városon belül hiányzik a CBG/CNG töltőállomás infrastruktúra	Túl sok elérhető CNG modell
Nincs támogatás a CNG-ről CBG alkalmazására történő áttérésre	Nincs CBG vs. fosszilis üzemanyag ösztönző, míg biogázból történő elektromos energia-termelésnél igen	A CBG kereslet meghaladja a kínálatot, üzemanyag hiány jelentkezik
Hiányoznak a CBG minőségére vonatkozó nemzeti jogszabályban foglalt kritériumok	Fogyasztói bizalom a hagyományos fosszilis üzemanyagok tekintetében	Kevés CBG-ről szóló információ a lakosság körében
Töltőállomások hiánya	Különböző szintű (helyi, regionális, nemzeti) támogatások	CBG használatával csökken az egy tankkal megtehető távolság
A gázüzemű gépjárművek piaci hátrányai	Az anaerob fermentáló üzem magas beruházási költsége	A CNG gépjárművek beszerzése drágább, mint a fosszilis üzemelésűeké

Forrás: PÄDAMS. et al., 2010

Míg a CBG projekteket indító városoknál Lille és Róma a legfőbb problémát a biofinomítók beruházási költsége, illetve a szükséges infrastruktúra kialakításának költsége jelenti, addig a CBG piacon vezető Göteborg és Stockholm esetében már a CNG gépjármű modellek túlkínálata és a biometán iránt mutatkozó túlkereslet okoz problémát.

A CBG/CNG megfelelő piaci penetrációjának eléréséhez az állam országos szinten támogatja az alternatív meghajtású gépjárművek terjedését. A támogatásra magánszemélyek, társas vállalkozások és önkormányzatok egyaránt pályázhatnak (30. táblázat). Ezek közül kiemelem Lille példáját, ahol az agglomeráció önkormányzataival kötött szerződésben Lille rögzítette a társult önkormányzatok 20%-os zöldautó kötelezettségét, amelynek értelmében Lille a zöld (CBG) szemétbegyűjtésért cserébe az önkormányzatoktól a közigazgatásban használt gépkocsik átalakítását és/vagy cseréjét kérte, ezzel hosszú távú érdekeltséget biztosítva a Lille-ben előállított biometán felhasználói körének.

Ennek tükrében megvizsgáltam Budapest CBG/CNG használatára vonatkozó adottságait. A Budapesten kialakult emissziós értékek és a közlekedési állapotok szükségessé teszik a hatásos beavatkozást, a konkrét cselekvést. Ahhoz, hogy Magyarország a kontinens gázüzemű járműparkjának 1%-át elérje, mintegy 1 500 CNG autóbusz és 1 100 nehézgépjármű forgalomba állítására lenne szükség (FIAT, 2012).

30. táblázat

Európai városok biometán előállítással és felhasználással kapcsolatos támogatásai

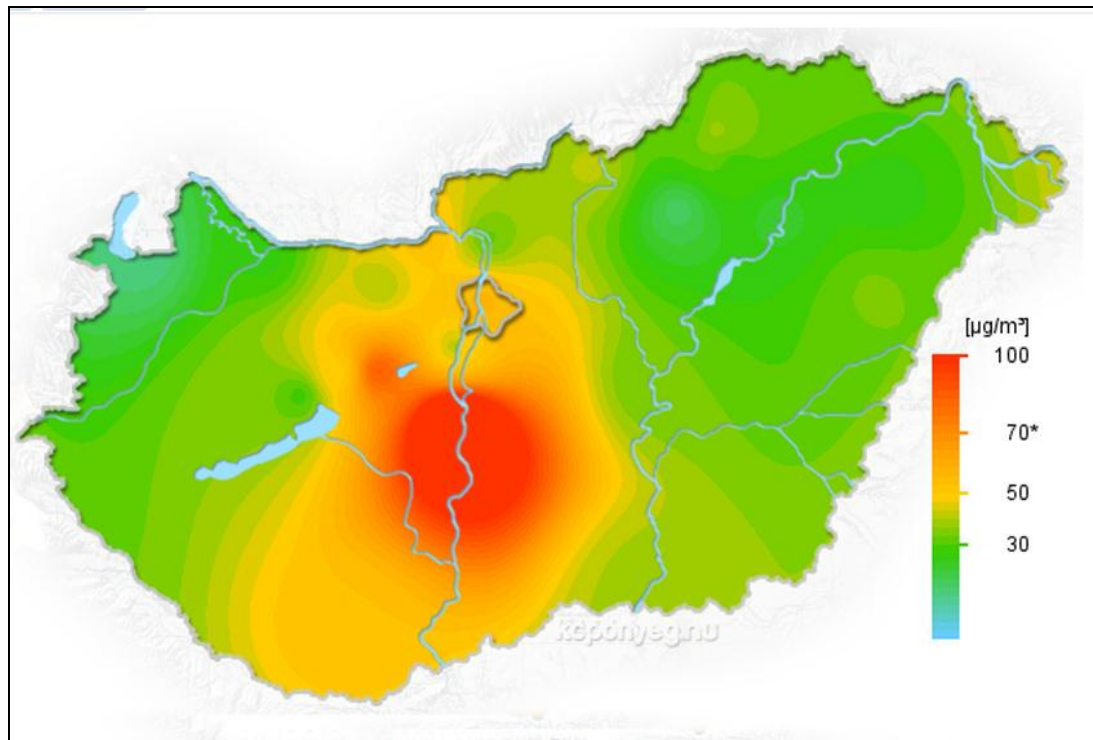
Lille	Róma	Göteborg és Stockholm
Cégautóként gépjárműadó mentesség	Zöld gépjárművek vásárlásának támogatása (1 500-3 000 euró)	Zöld gépjárművek ingyenes parkolása (ez minden bioüzemanyagra vonatkozik)
Helyi önkormányzatokra nézve 20%-os "zöld autó" kötelezettség	Dugódíj csökkentése, védett övezetekbe történő behajtás esetén 50% kedvezmény	Csökkentett gépjárműadó (40%) a CNG üzemű céges gépkocsik esetében
Beruházási támogatás (50%) a légszennyezettség csökkentésére	Motor CNG átalakításának támogatása (650 euró)	Általános elvárás, hogy a közigazgatás gépjárművei 75%-ban zöld gépjárművek legyenek
CNG adómentessége a földgáz általános adójából	CNG hajtóanyag 20%-os forgalmi adókedvezménye	Biometán adómentes, CNG forgalmi adójából 40% kedvezmény
Kibocsátás csökkentésére vonatkozó rendszerek felállításának addicionális költségterítése		Állami támogatások gépjárművekre, töltőállomásokra és biometán üzemekre
CNG gépjárművek vásárlási támogatása, regisztrációs adó mentesség		Pozitív diszkrimináció a reptéri taxi szolgáltatásban, 1100 euró „zöld autó” támogatás (egyszeri), 5 éven keresztül gépjárműadó mentesség a „zöld autók” után

Forrás: PÄDAMS. et al., 2010

4.6.2 A biometán budapesti perspektívája

Budapest az ország közlekedési vérkeringésének a centruma, sugárirányú közlekedési rendszere rendkívül túlterheltté teszi a városi körgyűrűn kívüli tranzit és körgyűrűn belüli közlekedést egyaránt. Az országos légszennyezettség mérésekor Budapest értékei mindig az országos átlag felett vannak, akár a szén-monoxid (CO), akár a nitrogén-oxidok (NOx) tekintetében (48. ábra). Ezt egyértelműen a közlekedési rendszer nagysága és minősége befolyásolja.

A városi körgyűrűn belüli, azaz a budapesti közlekedési rendszernek nem csak a helyi személygépjármű-forgalommal, hanem az agglomerációból Budapestre érkező napi rendszeres forgalommal is számolnia kell. A budapesti közlekedés paramétereit megvizsgálva azonban elmondható, hogy a helyi légszennyezés fő kiváltója a tömegközlekedés elavult, idős (átlagosan 17,2-19,4 év) dízelüzemű autóbusz állománya. Ezért a környezetvédelmi intézkedések, városi stratégiák tervezésénél erre a területre különös hangsúlyt indokolt fektetni. Ugyanakkor a tömegközlekedési rendszer modernizációja környezetvédelmi és kötelezettségvállalási szempontból is megoldást jelent, hiszen egy egységes kezelésben tartott Budapesti Közlekedési Vállalat (BKV) buszállomány cseréjével, megújuló energia (bioetanol, biodízel és biogáz üzem mód) bevezetésével a közlekedésben, a kötelező 10%-os megújuló részarány tartható.



Forrás: OMSZ, 2013

48. ábra Magyarország (NO_x) légszennyezettségének mértéke 2013 áprilisában

Disszertációm jelen fejezetében azt a kérdést vizsgálom, hogy Budapesten gazdaságilag és társadalmilag mekkora hasznot hozna a biometán üzemelésű autóbuszok bevezetése. Kitérek az új CNG/CBG üzemű autóbuszok beszerzési költségeire, amelyeket a most lefolytatott közbeszerzésen nyertes pályázó, nem megújuló üzemű autóbuszainak beszerzési árával állítok szembe, és vizsgálom a jelenlegi állomány fenntartási költségeit. Számításaim eredményeképpen kitérek a CNG/CBG üzemű autóbuszok beruházásának előnyeire, amely hosszú távon a BKV-nak közvetlenül, Budapest Főváros Önkormányzatának közvetve megtakarítást jelenthet.

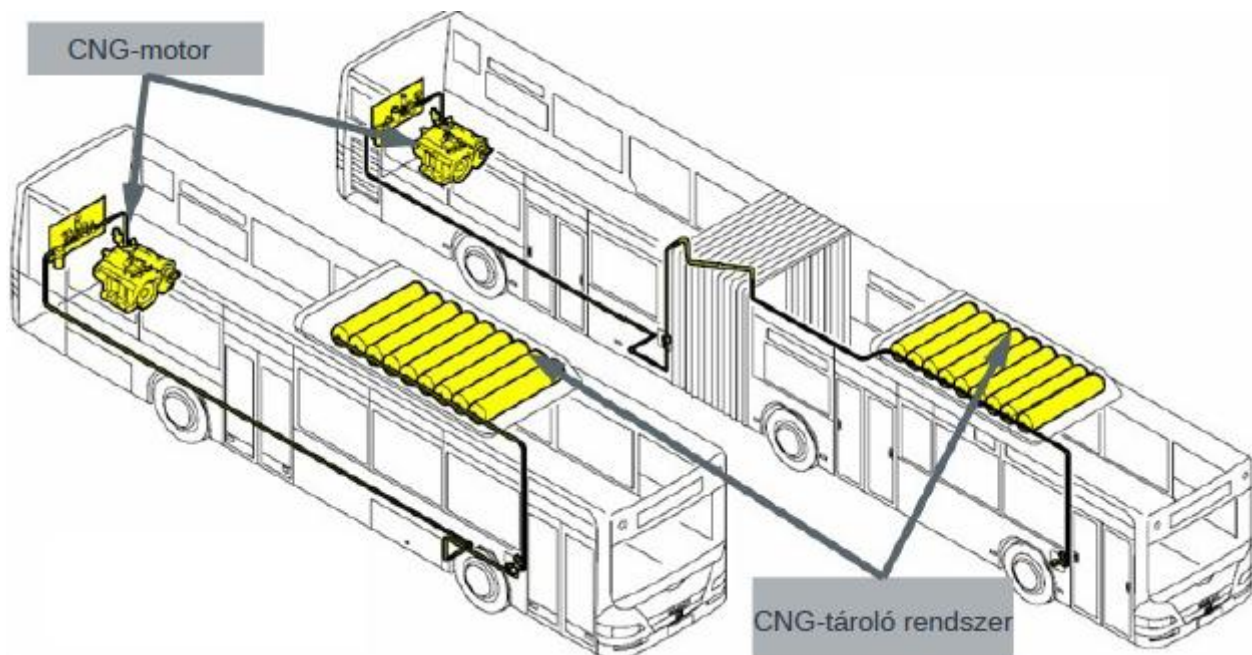
Budapest Főváros Önkormányzata érdekeltségi körébe tartoznak azok a helyi vállalatok, amelyek akár a biogáz előállításában (Fővárosi Csatornázási Művek, FCSM), forgalmazásában (FŐGÁZ), vagy a biometán felhasználásában (BKV) érdekelt lehetnek. Így az európai példából kiindulva megalapozott lehet a network típusú szemléletet alkalmazni.

Adottságok:

- Az FCSM a keletkezett szennyvíziszapból már jelenleg is állít elő biogázt. A lokálisan keletkezett villamos energia és hő fedezi az Észak-pesti és a Dél-pesti Szennyvíztisztító Telepeken felmerülő villamos energia- és hőigényt. A Budapesti Központi Szennyvíztisztító Telep (BKSZT) csepeli telephelyén ugyanakkor nem működik biogáz üzem, amely a fővárosi biometán projekt alapanyag-ellátását biztosíthatná.
- Budapest első és egyetlen sűrített földgázüzemanyag (CNG) töltőállomását 2011-ben a Főgáz-CNG vállalat nyitotta meg, így az országban ez a harmadik nyilvános CNG töltőállomás Szeged és Győr mellett (Magyar Gázüzemű Közlekedés Klaszter, MGKKE, 2011).
- A BKV 1 355 autóbust üzemeltet, ennek mintegy 46%-a csuklós, 50%-a szóló busz, a fennmaradó 4% midi, illetve egyéb kiszolgáló jármű. A BKV buszállományból 346 darab jármű légszennyezési besorolása <E0 vagy E0 (BKV, 2012), ezért a budapesti helyzet értékelésekor és javítását ösztönző lehetőségek vizsgálatakor ezekkel kalkulállok, mint elsődlegesen cserélendő járműállománnyal. A modell tárgyaként meghatározott 346 járműves állományból 232 db

csuklós és 114 db szóló busz környezetvédelmi besorolása szükségessé teszi ezek cseréjét. Ezen túlmenően az 1971. óta forgalomban lévő autóbuszok fenntartása (járműkarbantartás anyagjellegű ráfordítása, elszámolt személyi jellegű ráfordítása) jóval meghaladja a forgalomban lévő többi autóbusz fenntartási költségeit.

- Több európai gyártó kínál CNG/CBG üzem módú autóbust. Zalaegerszeg, ahol hazánkban először vezették be a szennyvíztisztító biometán a tömegközlekedésbe a MAN NG 232 CNG modellt használja (49. ábra), ezért ennek a típusnak a tulajdonságait használom referenciaként.



Forrás: MAN, 2012

49. ábra A CNG meghajtású autóbuszok felépítése

A budapesti közösségi közlekedésben használatos biometán üzemanyag előállítására vonatkozó modellemben a biogáz alapanyag és a tisztított biometán előállítására a BKSZT telephelyén kerül sor. A BKSZT-n keletkezett iszap becsült éves mennyisége 75 000 m³, napi bontásban ez 205 m³ víztelenített iszap mennyiséget jelent. Az ebből előállítható biogáz elvi volumene 2 700 m³, azonban ez nagyban függ a szervesanyagterheléstől, a hulladékok fogadásától, illetve a tartózkodási időtől. A nyers biogázt ezután tisztítani kell a helyi adottságoknak és a célnak megfelelő technológia megválasztásával. A cél, hogy a biometán hajtóanyag összetétele minél nagyobb százalékban tartalmazzon metánt, ez általában 99%-os CH₄ tartalmat jelent. A technológiai korszerűsítéseknek köszönhetően a CNG autóbuszok ennél kisebb, 97-98%-os metántartalmú biometán hajtóanyaggal is tudnak közlekedni.

Ezen túlmenően a beruházás kiterjed a szükséges biometán töltőállomások kiépítésére is, amelyeket gazdaságossági szempontok miatt elsődlegesen a szennyvíztisztító és biogáz tisztító közelében célszerű elhelyezni. Figyelembe véve a BKV járműtelepeinek elhelyezkedését, illetve az érintett útvonalakat, elképzelhető a töltőállomások járműtelepen történő elhelyezése, ez ugyanakkor a biometán beszerzési árát a szállítási költségekkel növeli. A modell tárgyának választott 346 darabos <E0 vagy E0 besorolású járműállomány üzemeltetése éves szinten 4,6 Mrd forintba kerül a BKV-nak, amely üzemeltetési költségbe beleértendő a gázolaj fogyasztás és az autóbuszokra vonatkozó műszaki jellegű költség és személyi ráfordítás (BKV, 2012).

A BKV (BKK) 2012 novemberében lezárult közbeszerzési eljárásának eredményeképpen 150 db dízel Mercedes Citaro (75 csuklós, 75 szóló) autóbusz kerül beállításra (BKK, 2012). A 346 db

helyettesítendő autóbuszra vonatkozóan arányosítva mutatom be ennek bekerülési összegét (31 Mrd forint) és fenntartási költségeit, mely a 346 buszra extrapolálva mintegy 6,3 Mrd forintba kerül.

Megvizsgáltam annak a lehetőségét is, hogy CNG üzemű autóbuszokkal helyettesítve a szükséges gépparkot milyen beruházási (33,6 Mrd forint) és fenntartási költségekkel (CNG üzemmódban 4,3 Mrd forint, biometán alkalmazásával 4,1 Mrd forint) lehet rövid-, közép- és hosszú távon számolni (31. táblázat).

31. táblázat

A BKV elavult gépjárműpark cseréjének modellje

	Megtett kilométer/év	Buszok száma	Üzemanyag fogyasztás (l)	
			2012. I-III. Negyedév tény	2012. becslés
BKV össz buszállomány	85 784 840	1 355	29 287 523	39 050 030,67
ebből:				
E0 vagy <E0	21 905 206,38	346		
ebből:				
szóló IK 260 (Rába D2156 HM6U)	7 228 718,104	114		2 751 972,982
csuklós	14 676 488,27	232		6 843 322,718
IK 280 (Rába D2356 HM6U)	7 210 558,688			3 309 646,438
IK 415 (DAF LT160G)	7 464 461,935			3 533 676,28
Éves üzemanyag fogyasztás összesen l/100 km				9 595 295,7
Költségek:				
Gázolaj üzemanyag beszerzés*	MOL nagyker ár -6,52 Ft/l	312,84		3 001 792 307
Fenntartási költség		Ft/km		
	szóló	59,4		429 385 855,4
	csuklós	91,85		662 289 815,5
	csuklós	70,71		527 812 103,4
Jelenlegi Ikarus buszok üzemeltetési költsége összesen Ft/év				4 621 280 081

Új járműbeszerzés				
MAN CNG busz				
beszerzési költség**		egységár (285 Ft/€)		
114 darab	szóló (270 000 €/db)	76 950 000		8 772 300 000
232 darab	csuklós (376 000 €/db)	107 160 000		24 861 120 000
	346 db CNG busz beszerzés kedvezmény nélkül			33 633 420 000
	€/100 km	Ft/100 km	össz km/év	
CNG üzemanyag és kompresszió költsége ***	29	8 265	21 905 206,38	1 810 465 307
Fenntartási költség ***	41	11 685	21 905 206,38	2 559 623 366
CNG Üzemeltetési költség összesen Ft/év				4 370 088 673
Biometán üzemmód **** (CH>97%)	üzemanyag elvi átlagára 164,5 Ft/kg		21 905 206,38	1 588 103 763
Fenntartási költség	41	11 685	21 905 206,38	2 559 623 366
Biometán Üzemeltetési költség összesen Ft/év				4 147 727 128

Mercedes Citaro buszok (gázolaj)				
beszerzési költség (közbeszerzési tender győztes árak alapján)		egységár (285 Ft/€)		
75 darab - tény	szóló (245 000 €/db)	69 825 000		5 236 875 000
75 darab - tény	csuklós (350 000 €/db)	99 750 000		7 481 250 000
	150 db busz beszerzése kedvezmény nélkül			12 718 125 000
114 darab	szóló (245 000 €/db)	69 825 000		7 960 050 000
232 darab	csuklós (350 000 €/db)	99 750 000		23 142 000 000
346 db Mercedes Citaro dízel busz beszerzése kedvezmény nélkül				31 102 050 000
Fogyasztási adatok*****		l/100 km	össz km	
	szóló	54,03	7 228 718,104	3 905 676,392
	csuklós	59,86	14 676 488,27	8 785 345,878
346 darab Mercedes Citaro éves dízel üzemanyag fogyasztása összesen (liter)				12 691 022,27
Költségek:		Ft/l		
Gázolaj üzemanyag beszerzés	MOL nagyker ár -6,52 Ft/l	312,84	12 691 022,27 liter	3970259407
Ad Blue adalék beszerzése *****	1,33 (l/100 km)	99	21 905 206,37 km	28842585,23
346 darab Mercedes Citaro busz üzemanyag költsége összesen Ft/év				3 999 101 992
	€/100 km	Ft/100 km	össz km	
Fenntartási költség	37	10 545	21 905 206,37	2 309 904 012
Dízel Üzemeltetési költség összesen Ft/év				6 309 006 004

Forrás: Saját számítás, 2012

*A MOL nagykereskedelmi áraitól információt nem ad ki, ezért a Nemzeti Adó és Vámhivatal honlapján havi bontásban közzétett hivatalos gázolaj ár átlagával számolok, ÁFA és a kiskereskedelmi árrés (8 %) levonásával.

**A CNG buszokra vonatkozó MAN árajánlat tájékoztató jellegű, egy darab vásárlására szól, paramétereiben (alacsonypadló, klíma, szállítható utasok száma) megegyezik a közbeszerzésen nyertes Mercedes Citaro tulajdonságaival.

*** Magyarországon nincs CNG üzemmódú autóbusz fogyasztási adataira vonatkozó statisztika, ezért a CNG flotta nagyságrendjében azonos Madrid EMT tesztadatait vettem figyelembe.

**** A biometán üzemmód üzemanyag kalkulációjánál a zalaegerszegi Volán fogyasztásra vonatkozó adataival számolok.

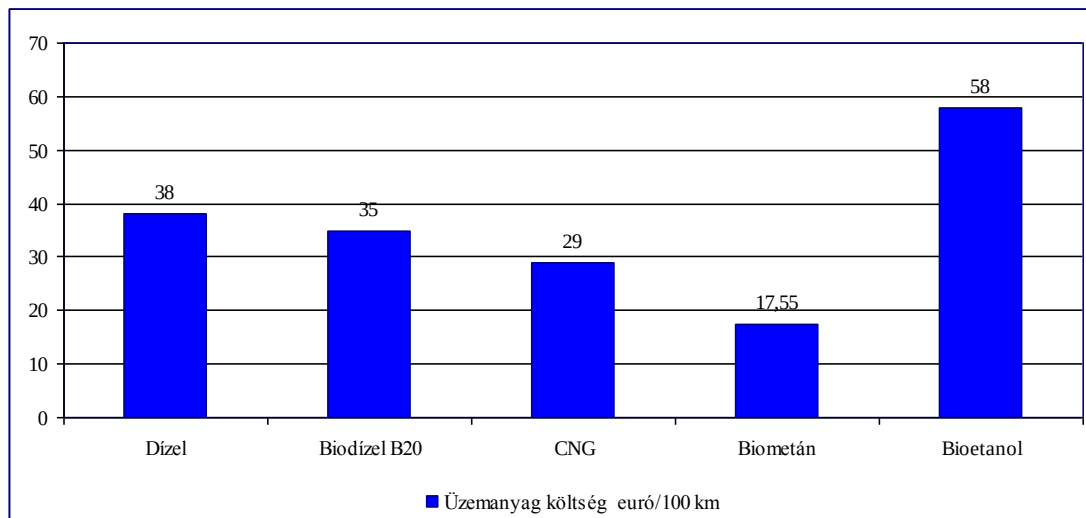
*****Mivel a Mercedes Citaro autóbuszok fogyasztási gyári adatai a hivatalos márkakereskedő honlapján nem elérhető, ezért a BKV busztesztjeinek összefoglaló jelentésében szereplő, a Citaro csuklós változatára vonatkozó fogyasztási adatokkal számoltam. A szóló buszok fogyasztási adatait a Wikipedian fellelhető, Mercedes-Benz Citaro címszó alatt találtam meg.

*****Az AdBlue az Euro IV és V normák által előírt nitrogén-oxid- kibocsátás csökkentéséhez szükséges *adalék*, amelyet a szelektív katalitikus redukciót (SCR) megvalósító járműveknél alkalmaznak (PAPPAS AUTO, 2012)

A beszerzési és fenntartási költségeket tartalmazó táblázatból egyértelműen következik, hogy közép- és hosszú távon a CNG autóbuszok beszerzése és azok biometán hajtása a leggazdaságosabb, mivel

- a MAN CNG típusú buszok beszerzési ára ugyan 8% meghaladja a Mercedes Citaro dízel üzemelésű buszok árát, ugyanakkor
- a CNG-s fenntartási költség a dízel 69%-a, míg a biometánnal történő üzemelés fenntartási költsége a dízel 65%-a.

Az európai nagyvárosok tapasztalataiból kiindulva, a tömegközlekedésben használt alternatív hajtású autóbuszok üzemanyagköltségét összehasonlítva is megállapítható, hogy a biometán hajtóanyag a legolcsóbb és legkörnyezetkímélőbb megoldás, számos közlekedési társaság a jövő hajtóanyagának minősíti (TERRÓN, 2011) (50. ábra).



Forrás: TERRÓN, 2011; LILLE METROPOLE, 2011

50. ábra Alternatív hajtásmódok üzemanyagköltsége

A CBG üzemmódú autóbuszok gazdaságossága mellett további előnye a dízellel szemben azok környezetkímélő tulajdonsága, mivel a CBG üzemanyag esetén:

- nincs CO₂ kibocsátás,
- nincs szilárd szemcse és SO₄ kibocsátás
- jóval alacsonyabb CO és NO_x kibocsátás, mint dízel esetén,
- nem tartalmaz nehézfémeket
- alacsonyabb zajfrekvencia és rezgés, mint a dízel autóbuszoknál.

A 26. táblázat szemlélteti a különböző környezetvédelmi besorolású motorok kibocsátási értékeit. A BKV által jelenleg üzemeltetett gépjárműpark 35%-a, azaz 573 darab gépjármű esik az Euro I kategóriába, 220 autóbusz az Euro II-be, és 216 az Euro III-ba. A most vásárolt Mercedes Citaro autóbuszok az Euro V-nél magasabb kategóriában az EEV kipufogógáz-szabványt (Enhanced Environmental friendly Vehicle) teljesítik, amely jelenleg a legszigorúbb károsanyag-kibocsátási norma a dízelüzemelésű járművekre vonatkozóan. A MAN CNG autóbusza azonban még ehhez képest is jobb értékeket mutat (32. táblázat).

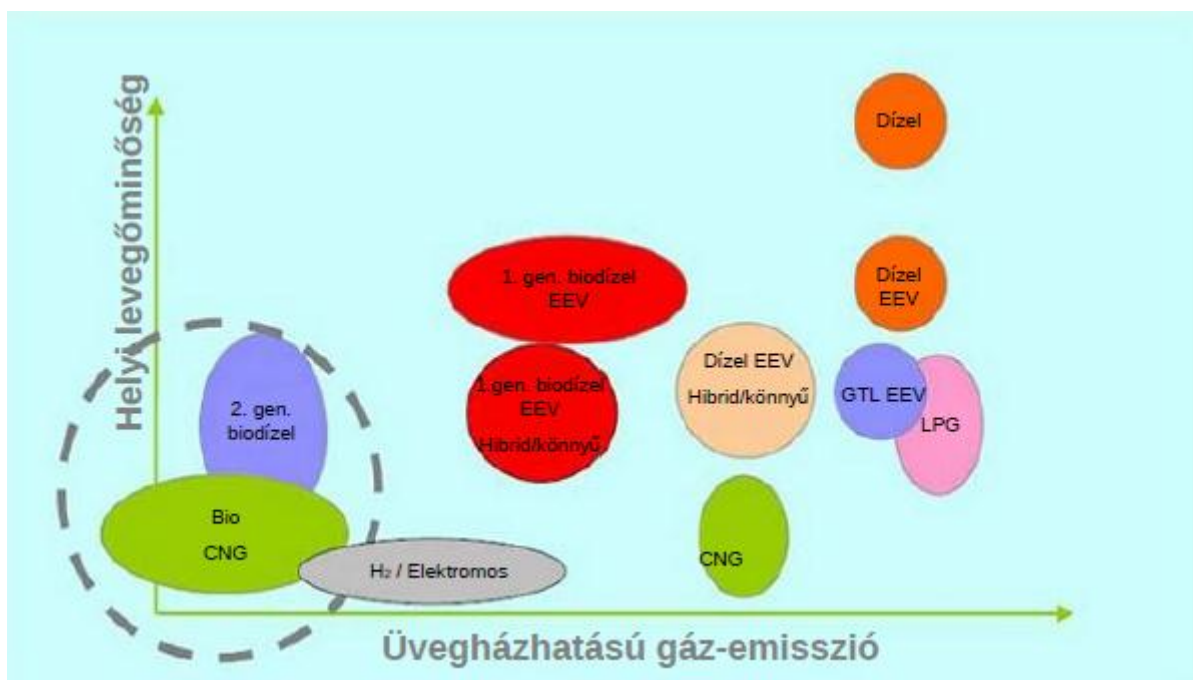
32. táblázat

Motor besorolások szerinti kibocsátási teszt értékek

	Kibocsátási teszt értékek (Emission Test Cycles, ETC)			
	CO (g/kWh)	NMHC (g/kWh)	NO _x (g/kWh)	PM (g/kWh)
Euro III	5,45	0,78	5,00	0,16
Euro IV	4,00	0,55	3,50	0,03
Euro V	4,00	0,55	2,00	0,30
EEV	3,00	0,40	2,00	0,02
Euro VI	4,00	0,16	0,40	0,01
MAN E 2876	0,72	0,04	0,02	0,00

Forrás: MAN, 2012

A tömegközlekedésben használt gépjárművek helyi levegőminőségre illetve az ÜHG kibocsátásra gyakorolt hatását szemlélteti az 51. ábra. A biometán, illetve a második generációs biodízel az a két hajtóanyag, amelyek legkevésbé, a dízelmotorok kibocsátása pedig leginkább befolyásolja az említett két faktort. CNG, illetve biometán autóbuszok alkalmazásával nem csak Budapest lélegezhet fel, de a felszabaduló, így megtakarított CO₂ kvóta értékesíthető is többletbevételt generálva az országnak, amelyből Budapest részesedhet.



Forrás: MAN, 2012

51. ábra Tömegközlekedésben használt járművek kibocsátásának hatása

4.7 „SZARVASI-1” ENERGIAFŰ: A BIOENERGIA-TERMELÉS ÉS A KÖRNYEZETVÉDELLEM SZOLGÁLATA

Az élelmezés- és energiabiztonság kérdése mellett további megoldandó problémát jelent a környezetszennyezés. A szennyezés forrása különböző lehet: bányászat, ipari tevékenység, közlekedés, helytelen műtrágyázás, vagy a városok mellékterméke, a szennyvíz. Tonnaszám keletkezik szennyvíz, amelyet a városok közelében lévő szennyvíztisztító telepek ülepítenek. Az eljárás során képződő szennyvíziszap szennyező- és tápelemeket különböző koncentrációban tartalmaz. A szennyvíziszap ártalmatlanítási folyamata, illetve felhasználási módja többféle lehet, de a minősége alapvetően befolyásolja a későbbi felhasználási, elhelyezési módot. A dekontaminált szennyvíziszapot csak ezek után lehet hasznosítani vagy elhelyezni. Ennek lehetséges módjai a mezőgazdasági kihelyezés, a rekultiváció, a deponálás, a komposztálás és a szárítás utáni égetés erőműben. Hazánkban a legjelentősebb ezek közül a mezőgazdasági kihelyezés, amihez különböző költséges eljárásokkal (pl. kémiai kezeléssel) dekontaminálni kell a szennyvíziszapot. A kémiai eljárásnál olcsóbb eljárás lehet a szennyezett talaj növények segítségével történő dekontaminálása, a fitoextrakció (FODOR et al., 2012). A fitoextrakciós módszer lényege, hogy a növények azon képességét használja ki, hogy különböző mértékben képesek felvenni a talajból az elemeket. MARSCHNER (1995) szerint a növények növekedéséhez és fejlődéséhez 14 ásványi elem szükséges (Ca, Mg, K, N, P, S, Fe, B, Mn, Zn, Mo, Cu, Cl, Ni), meghatározott arányban és koncentrációban. Ezen túlmenően a talajok további szennyező elemeket (pl. Pb, Cd, Cr, As stb.) tartalmazhatnak, amelyek adott esetben gátolhatják a növény növekedését. Bizonyos növények azonban képesek ezt tolerálni, képesek egy vagy több toxikus anyagot akkumulálni, illetve felhalmozni növekedésük során. Ezek **a növények alkalmasak a fitoextrakcióra, vagyis a szennyező elem talajból történő eltávolítására. A szennyvíziszapok** – nagy makrotápelem-tartalmuk (N, P) mellett – igen **gyakran tartalmazznak** mikrotápelemeket nagy, vagy **toxikus koncentrációban** (Cu, Zn, Ni), illetve **toxikus elemeket** (Cd, Pb, Cr).

Egyik növény sem alkalmas fitoextrakcióra csupán azért mert akkumulál valamely elemet a talajból: fontos szempont a betakaríthatóság is. A célnak így általában a gyors növekedésű, nagy biomassza hozamú növények felelnek meg. Ilyen például a napraforgó vagy a nyárfa. Költséghatékonyság szempontjából viszont nem elhanyagolható, hogy mi történik a betakarított növényi biomasszával. **A fitoextrakció kombinálása az energiatermeléssel – olyan növényfaj esetében, amely szennyezésekkel szembeni toleranciája mellett gyors növekedésű, biomassza-hozama alkalmassá teszi energia termelésére – a leggazdaságosabb és leghatékonyabb eljárás mind a dekontaminálás, mind pedig a megújuló, zöld energia termelése szempontjából.** Ezeket a feltételeket messzemenően teljesíti a hazai nemesítésű „Szarvasi-1” energiafű (FODOR et al., 2012).

4.7.1 A „Szarvasi-1” energiafű szennyvíziszap dekontaminálásra vonatkozó kísérlete

Az ELTE Növényélettani és Molekuláris Növénybiológiai Tanszékével közösen, a „Szarvasi-1” energiafűre vonatkozó kísérleti kutatások során vizsgáltuk a növénnel kapcsolatos fitoextrakció elméletet, a nehézfém toleranciáját, a gyökérben és a szárban felhalmozódott Pb, Cd, Zn, Cu koncentrációt egyszeres és többszörös nehéz-fém kezelés esetén.

„Kémiai értelemben nehézfémeknek azokat a fémeket nevezzük, amelyek sűrűsége 5 g cm⁻³-nél, rendszáma 20-nál nagyobb. Napjainkban a nehézfém kifejezés a köznap szóhasználatban összekapcsolódott a toxikus elem fogalommal, nehézfémek alatt olyan fémeket vagy félfémeket értünk, amelyek biológiai hatása bizonyos koncentráció-tartományban, illetve a fölött negatív. Az ipari forradalom óta egyre nagyobb mértékben kerülnek be a környezetbe nehézfémek. A termőtalajok, a talajvíz és a felszíni vizek elszennyeződése nehézfémekkel súlyos környezetkárosodást okozhat, és veszélyezteti az élőlények egészségét. A legtöbb problémát

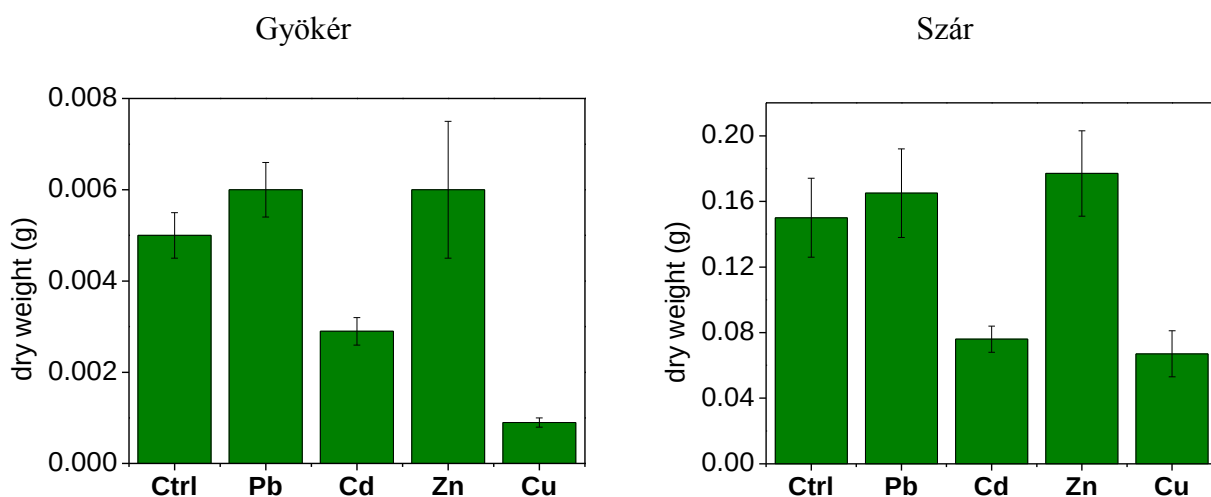
hazánkban is a környezetbe került ólom (Pb), kadmium (Cd), higany (Hg), réz (Cu), króm (Cr), nikkel (Ni) és cink (Zn) okozza” (SIMON, 2006).

Mivel jelen disszertációnak nem célja a Szarvasi-1 energiafű növényélettani vizsgálatainak elemzése, ugyanakkor a kísérletet összefoglaló jelleggel ismertetem, kiemelve a növény fitoextrakcióban betöltött szerepét, mert hozzájárul a környezetvédelemhez és a szennyezett talajokon folytatott megújuló energia termeléséhez.

A kísérlet alatt vizsgált szempontok:

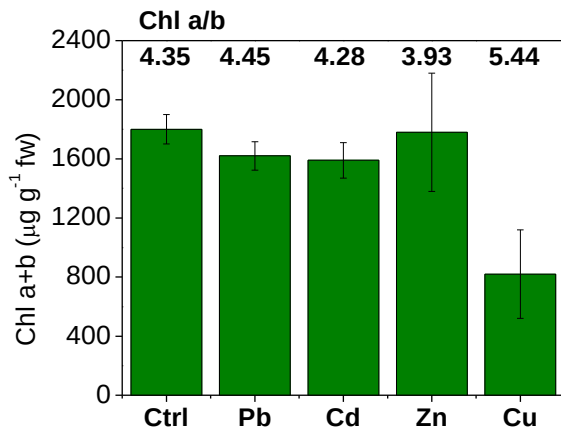
- A növény tápanyagvétele után a talajban visszamaradt nehézfém és egyéb szennyező anyag tartalom.
- A növény tűrőképességének, élettani paramétereinek vizsgálata.
- A növény akkumulációs képességének vizsgálata.
- A learatott növényi részek tüzeléstechnikai vizsgálata.

A kísérleteket a Bikazugi Mezőgazdasági Nonprofit Kft., – mint a „Szarvasi-1” energiafű fajtaoltalmi jogait tulajdonló és azt nemesítő – tulajdonában lévő területen konténerekben, a vállalat eszközparkjának (talajmozgatás, vetés stb.) felhasználásával végeztük. A talajanalitikai- és fiziológiai méréseket részben a terepen, részben – mintavételezés után – laboratóriumokban végeztük, csakúgy, mint a mikorrhiza kolonizációt és a kolonizáló törzsek azonosítását célzó méréseket (FODOR et al., 2012). A kialakított kísérleti vetések mellé a referenciaértékek meghatározásához szennyvíziszap kijuttatása nélküli, kontroll (Ctrl) vetésterület került kialakításra. A növényt növekedési szakaszában etiléndiamin-tetraecetsavval (EDTE) kezeltük. Az egyszeres nehézfém kezelés eredményeképpen elmondható, hogy a „Szarvasi-1” energiafű jól tolerálja az ólmot és a cinket, ugyanakkor a Cd és Cu szignifikánsan gátolja a növekedést (52. ábra). Egyszeres nehézfém-kezelés esetén a Cu gátolja a klorofill szintézist (53. ábra), a Cu és Cd nagymértékben gátolja a transpirációt (54. ábra).



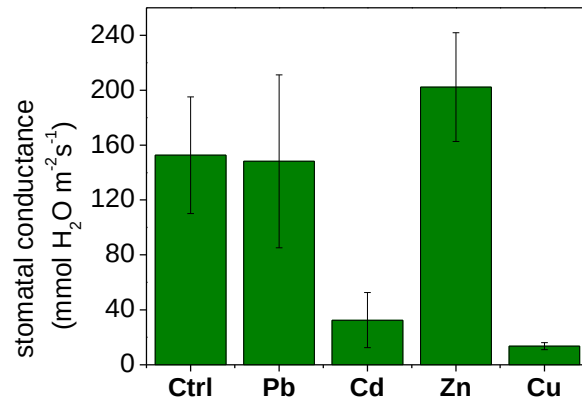
Forrás: FODOR et al., 2012

52. ábra Biomassza hozam egyszeres nehézfém kezelés esetén



Forrás: FODOR et al., 2012

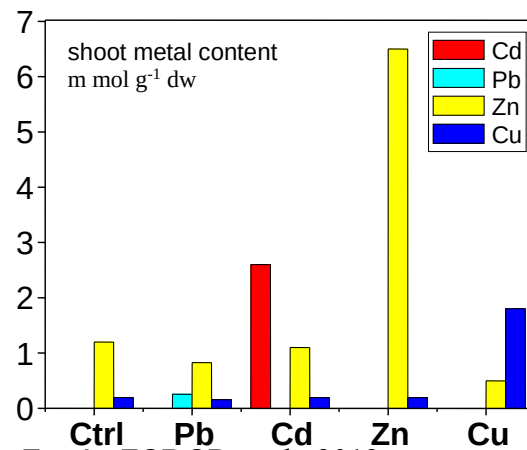
52. ábra Klorofill tartalom egyszeres nehézfém kezelés esetén



53. ábra Transpiráció egyszeres nehézfém kezelés esetén

Az egyszeres nehézfém-kezelés hatására a növény Pb- és Zn-toleranciája kis Pb- és nagy Zn-akkumulációval párosul (55. ábra)

[Zn]Ctrl,Pb,Cd,Cu = 0.2 mM
[Cu]Ctrl,Pb,Cd,Zn = 0.1 mM
[Pb, Cd, Zn, Cu] = 10 mM



Forrás: FODOR et al., 2012

54. ábra Fém akkumuláció egyszeres nehézfém-kezelés hatására

Az egyszeres nehézfém-kezelés esetén vizsgáltuk a transzlokációs indexet (TI) és a „Szarvasi-1” energiafű fitoextrakciós kapacitását (FK), azaz a „Szarvasi-1” energiafű azon képességét, amellyel képes a talajban lévő szennyező anyagok eltávolítására úgy, hogy azokat szárába beépítve, learatható növényi biomasszába zárja (33. táblázat). A táblázat eredményeit összefoglalva kiemelném, hogy a „Szarvasi-1” energiafű esetén a Pb kismértékű, míg a Cu nagymértékű gyökérhajtás transzlokációt mutat, ezen túlmenően a növény hatékonyan válogatja ki a Zn-t a közegből.

33. táblázat

A „Szarvasi-1” energiafű vizsgálata során mért transzlokációs indexe (TI) és fitoextrakciós (FK) kapacitása egyszeres nehézfém-kezelés mellett

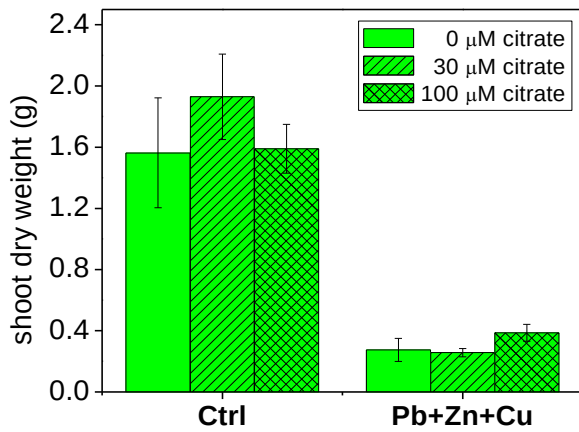
	TI* (Pb)	TI (Cd)	TI (Zn)	TI (Cu)	FK** (Pb)	FK (Cd)	FK (Pb)	FK (Cu)
Ctrl	-	-	1.54	0.50	-	-	39.56	18.01
Pb	0.06	-	1.32	0.49	0.51	-	28.42	24.12
Cd	-	0.31	2.13	0.26	-	0.86	18.81	8.90
Zn	-	-	0.36	0.52	-	-	4.78	20.65
Cu	-	-	1.19	0.71	-	-	8.94	0.51

*TI: hajtás fémtartalma / gyökér fémtartalma

** FK: hajtás fémtartalma (mol) *1000 / össz fémdózis a teljes növekedési periódus alatt (mol)

Forrás: FODOR et al., 2012

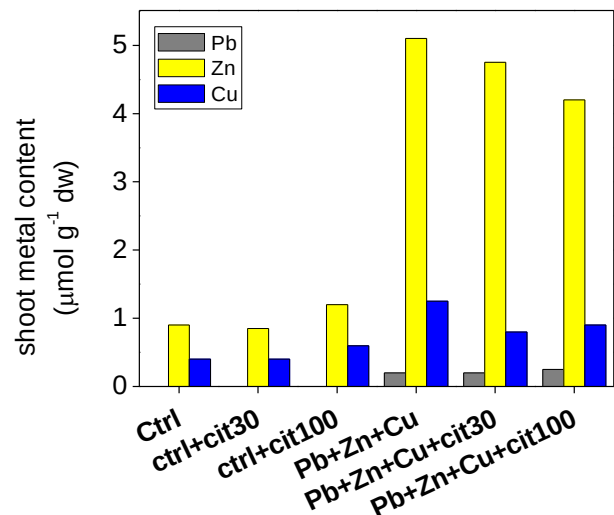
A többszörös nehézfém-kezelés alatt citrát nélkül, illetve annak hozzáadásával is megvizsgáltuk a növény fiziológiai tulajdonságait, amelyből azt a következtetést lehet levonni, hogy az egyidejű nehézfém-kezelés súlyosan gátolja a növény növekedését, illetve a citrát hozzáadása nem befolyásolja a nehézfém-hatást (56. ábra). Ugyanakkor a növény fém-akkumulációs képessége a többszörös nehézfém-kezelés hatására is jól akkumulálja a cinket, illetve a hozzáadott citrát nem befolyásolja a nehézfém akkumulációt (57. ábra).



*[Pb, Zn, Cu] = 5 mM

Forrás: FODOR et al., 2012

55. ábra Száraztömeg többszörös nehézfém-kezelés esetén



56. ábra Fém akkumuláció többszörös nehézfém-kezelés esetén

A „Szarvasi-1” energiafűre vonatkozó kísérletek összefoglalva megállapítható, hogy:

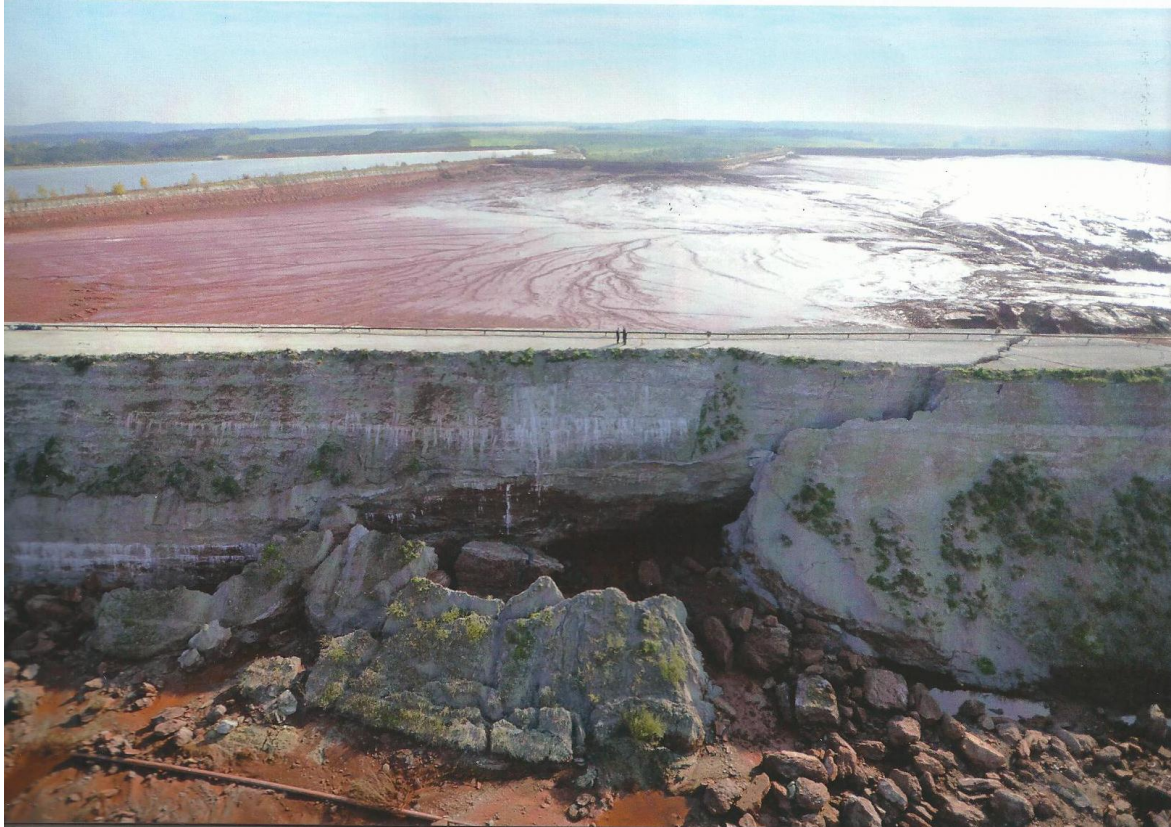
- A „Szarvasi-1” energiafű **tolerálja az ólmot és a cinket**, a kadmiumot és a rezet viszont kevésbé
- A **Pb-akkumuláció indukálható** komplexképző anyagokkal
- A **Zn-akkumulációt csökkenti az EDTE és a citrát**
- A „Szarvasi-1” energiafű **használható az ólommal és cinkkel egyszeresen vagy együttesen szennyezett talajok fitostabilizációjára**

4.7.2 A „Szarvasi-1” energiafű kolontári fitoremediációs lehetősége

Az ajkai vörösiszap-katasztrófa emberéleteket is követelő ipari szerencsétlenség és környezetkárosító katasztrófa. 2010 október 4-én átszakadt az Ajkai Timföldgyár X. számú vörösiszap-tárolójának gátja, mert a 16 méter magas tározó falában 50-60 méteres rés keletkezett, melynek következtében kiömlő, körülbelül 600-700 ezer köbméternyi zagy elöntötte Kolontár, Devecser és Somlóvásárhely települések mélyebben fekvő részeit. Az erősen lúgos, maró hatású ipari hulladék körülbelül 40 négyzetkilométeren terült szét, felbecsülhetetlen gazdasági és ökológiai károkat okozva a Devecseri kistérségben. Ezt a területet az elkövetkezendő 10-15 évben mezőgazdasági tevékenységre használni az általános pszichológiai hatás miatt sem lehet, helyreállítása és időszakos hasznosítása fitoremediációval lehetséges. A környezeti károk elhárítására, így a szennyezett talaj rekultivációjára energianövények ültetésével kísérleteztek. Az energianövények között szerepeltek gabonák (évelő rozs), pillangósok (lucerna, vörös here), nádfélék (kínai nád, olasz nád), fűfélék (energiafű, angolperje, csenkesz). Szintén helyet kaptak a fás szárú növények, amelyek növekedésének időigényes volta miatt azonban ezek energetikai hasznosíthatósága miatt nem vált be. Az energiaültetvényekre élelmiszer- vagy takarmány célú

ültetvény helyett volt szükség, nehogy később élelmiszerpiaci, elsősorban keresleti oldalról megjelenő problémák merüljenek fel (GYURICZA, 2011).

A remediációval a szennyezett területet úgy lehet helyreállítani, hogy a talajt szennyező vegyi anyagok koncentrációját olyan kis értékre csökkentjük, melynek kockázata már elfogadható. A fitoremediáció során a természetben előforduló növények segítségével tisztítják meg a környezeti elemeket – elsősorban a talajt – a szervesetlen vagy szerves, kémiai jellegű szennyezőanyagoktól (SIMON, 2006). Az elöntött területek kármentesítése mellett előtérbe került a tározókban lévő vörösiszap semlegesítésének problematikája is. Az iszaptározó gátszakadása, a kiömlő erősen lúgos kémhatású iszap okozta károk láttán joggal merülhet fel a kérdés, vajon lehetséges-e a vörösiszap tároló többi blokkjában lévő vörösiszapot semlegesíteni (2. kép)?



Fotó: BM Országos Katasztrófavédelem, 2010

2. kép: A 10. számú beszakadt vörösiszap-tározó

A vörösiszappal elárasztott mezőgazdasági területekről felmart földréteget a megrongálódott iszaptározó fokozatos beborítására, valamint a még ép állapotú VII. számú iszaptározó kazetta további fedésére használták. Mivel a vörösiszap mozgatasakor, illetve a felhordott, szennyezett föld kiszáradása után vöröses színű, füstszerű anyag szabadult fel, ami nagy mennyiségű és szabad szemmel is látható finom por jelenlétét mutatta, fennállt a szálló vörösiszap por veszélye, amely a légzőszervekben ülepedik le, ezzel komoly veszélyt jelent az emberi szervezetre. Ezért olyan növények ültetése volt a cél, amelyek képesek megkötni és ezzel megakadályozni a szálló vörösiszap por levegőbe jutását.

A „Szarvasi-1” energiafű szennyvíziszap kísérletei ígéretes eredményeinek köszönhetően helyet kapott a mind a betakart, mind pedig a megrongálódott vörösiszap-tározókban található vörösiszap semlegesítésére vonatkozó kísérleti ültetvények között, 30 hektár területen. A 2012. évi tavaszi vetés után már tapasztalható volt, hogy a növényben potenciális lehetőségek rejlenek, hiszen a növény kimondottan magas talajerő hiány tűrőképessége és 1,8-2,5 méterre nyúló gyökérzete nagyon jó környezeti, talaj rekultivációs felhasználást biztosít. Az energiafű intenzív növekedési

képessége, és sűrű vetése már a telepítés évében képes volt megakadályozni a talajról a szálló por kialakulását, így nagyobb területen történő telepítése megoldást jelenthetne az iszaptározók befedésénél, hogy a szél ne tudja felkapni a talajról a vörös iszap port (3. kép).



Fotó: SIPOS, 2012.

3. kép: Az iszaptárolót befedő vörösiszapos földterületen elvetett „Szarvasi-1” energiafű

Tehát van létjogosultsága a „Szarvasi-1” energiafű nagyobb mértékű elterjesztésének a szennyezett térségben, hiszen a növény jól tűri a nehézfémekkel szennyezett talajt, gyökérzetén át elnyeli a talajban lévő szennyező anyagokat, és azokat a szárukban és a levélben tárolják, szervezetében akkumulálja a nehézfémeket. A kaszálás időpontjában a szennyező anyagok a növény részeiben koncentrálnak, sokkal nagyobb mértékben, mint az eredetileg szennyezett talajban. Ennek eredményeképpen a növény lekaszálásával az egészségkárosító anyagok a növény „szervezetébe zárva” kivonhatók az iszaptározókból. A betakarítás után mérhetően alacsonyabb szennyezőanyag marad a talajban. Mivel az **eltávolított növények a bennük lévő olykor magas nehézfém koncentráció miatt további kezelést igényelnének**, a költséghatékonyság szempontjait figyelembe véve a **lekaszált „Szarvasi-1” energiafű szénája, bálázott széna formájában** elszállítható, majd speciális körülmények között **energetikailag hasznosítható**. Az erőművi égetés esetén a nehézfémekre vonatkozó határértéket be kell tartani, magasabb koncentráció esetén más tüzelőanyagba kell bekeverni.

4.7.3 Szennyvíziszap mezőgazdasági kihelyezésének lehetősége „Szarvasi-1” energiafűvel

A „Szarvasi-1” energiafű biomassza hozama a vetést követő évben már jelentős, de a maximális hozamot a második évben éri el. Élvelő fűfélérről lévén szó, akár 15 évig is fenntartható az ültetvény,

újravetés nélkül, kétévente szükséges a talajerő-visszapótlás műtrágya felhasználásával. Hajtása és gyökere is eléri a két méter hosszúságot. A talajt teljesen behálózó, feltárási gyökérrendszere aláhúzza a potenciális hatékonyságát a dekontaminálásban. Rendkívülinek mondható a növény ellenálló képessége, stressz tűrése, sőt részben elemfelvételi képessége is. Talajigényét tekintve a lúgos talajt (kolontári talaj) részesíti előnyben, és jól tolerálja mind a kiszáradást, mind az ársztást. Tápelem felvételére vonatkozó kísérletek eredményei azt mutatják, hogy nagy hatékonysággal veszi fel a cinket és jól tolerálja az ólmot is a tápoldatban. Mindezen tulajdonságai alapján alkalmas lehet a szennyvíziszapok ilyen irányú dekontaminálására, illetve a szennyvíziszapokkal kezelt területen történő bioenergetikai célú biomassa-termelésre (VASHEGYI et al., 2011).

A műtrágyaárak évenkénti folyamatos emelkedése, valamint hazánk kőolaj- és műtrágya-függőségének enyhítésére megoldást kell találni, mivel a mezőgazdaság számára szükséges tápanyagokat elsősorban importált műtrágyákból elégítik ki. A kialakult keresleti piac és a fokozódó talajtani problémák miatt szükség van egy olcsó, helyben lévő, a szükséges tápanyagtartalommal rendelkező, növényélettani szempontból előnyös és nagy mennyiségben folyamatosan képződő tápanyag- és szervesanyag-visszapótló készítményre. Itt meg kell jegyezni, hogy korábban a mezőgazdasági területek megfelelő szerves- és tápanyaggal történő ellátása az állattenyésztési ágazat feladata volt, de ma a csökkenő állatlétszám, valamint az alapanyag felvásárlásban konkurenciát jelentő feltörekvő biogáz piac miatt már nem jut kellő mennyiségű és minőségű szerves trágya a földekre. Ugyanígy komoly elhelyezési gondokat és kiadást jelent az egyre nagyobb mennyiségben keletkező kommunális szennyvíziszapok és ipari méretekben, koncentráltan képződő biomasszáik, szerves hulladékok hasznosítása. Magyarországon ugyanis egyre növekszik a csatornázott települések és a szennyvízhálózatba bekötött lakások száma (34. táblázat).

34. táblázat

Közüemi szennyvízgyűjtő-hálózattal rendelkező települések és lakások					
Év	Közüemi szennyvízgyűjtő-hálózattal rendelkező				A közüemi szennyvízgyűjtő-hálózat hossza, km
	település		lakás		
	összesen	az összes település százalékában	összesen	az összes lakás százalékában	
2000	854	27,2	2 078 762	51,0	24 683
2001	992	31,6	2 179 085	53,4	27 233
2002	1 156	36,9	2 299 383	56,0	30 536
2003	1 302	41,9	2 298 888	59,1	33 268
2004	1 392	44,2	2 595 470	62,2	35 447
2005	1 469	46,7	2 733 853	64,9	36 863
2006	1 545	49,1	2 856 674	67,4	38 744
2007	1 607	51,0	2 979 885	69,8	40 530
2008	1 669	53,0	3 054 956	71,0	41 897
2009	1 725	54,7	3 119 437	72,0	42 438
2010	1 743	55,3	3 144 228	72,3	43 200
2011	1 763	55,9	3 175 245	72,8	43 687

Forrás: KSH, 2012

Az alapvető cél, hogy 2015-re 80%-os legyen az ország csatornázottsága. Ennek értelmében tovább növekszik a tisztításra váró szennyvíz, ezzel együtt a víztisztítás során képződő szennyvíziszap mennyisége. A nagy környezeti terhelést jelentő kommunális szennyvíziszapoknak több ártalmatlanítási módoszata létezik: energetikai célú felhasználás, szántóföldi kihelyezés,

hulladéklerakóban történő elhelyezés vagy a komposztálóba történő átadás. **A négy hasznosítási forma közül a mezőgazdasági hasznosítás mind beruházási költség, mind pedig az üzemeltetés szempontjából a legkedvezőbb megoldás,** hiszen a szennyvizek tisztításából keletkező szennyvíziszapoknak helye van a trágyaszerek „listáján”, hiszen a talajok szerves-anyag és tápanyag-utánpótlásának egyik eszköze. Meghatározó szempont az iszapok makrotápelem tartalma (nitrogén, foszfor, kálium). A szennyvíziszapok kihelyezése, mezőgazdasági felhasználása azok egyéb toxikus szennyezőik miatt ismert veszélyekkel jár, ezért egy szigorú és időigényes szabályozásokkal terhelt engedélyezési eljárásrend időben eltolja az egyre nagyobb mennyiségben keletkező szennyvíziszapok problémájának hatékony és végleges megoldását, ami időszak alatt is gondoskodni kell keletkező szennyvíziszap kezeléséről.

Az 50/2001. (IV. 3.) Korm. rendelet rögzíti, hogy tisztítatlan szennyvíz, nyersiszap és a kezeletlen települési folyékony hulladék vagy más kezeletlen iszap a mezőgazdaságban nem használható fel, valamint termőföldön szennyvíziszap nem tárolható, a mezőgazdasági kihelyezésre alkalmas és felhasználásra kijelölt vagy kijelölhető mezőgazdasági területek száma csekély és ott is csak az azonnal felhasználható és bedolgozható szennyvíziszap mennyiség szállítható ki. A szennyvíziszap igen jól hasznosítható az energianövények termesztésében, ugyanakkor a szántóföldi energianövény termesztő területekre csak komposztált szennyvíziszapot lehet kihelyezni. Mivel a szennyvíziszap komposztálása további költségnövekedést idéz elő, célszerű olyan helyet választani, ahol komposztálás nélkül lehet elhelyezni a keletkezett szennyvíziszapot. Ehhez jó lehetőséget kínál és nagy befogadó kapacitással rendelkeznek a vörös iszap tárolókon kialakított rekultivált területek, amelyek jól hasznosíthatók a szennyvíziszap befogadására, mivel a tározók eleve zártak, így a csurgalékvíz kezelése megoldott. A már meglévő, VII. és X. számú kazettán fitoextrakciós célra elvetett „Szarvasi-1” energiafű területén képesek vagyunk a kommunális szennyvíziszapot komposztálás nélkül befogadni, mivel az itt termesztett energianövény csak tüzeléstechnikai célra hasznosítható. **A szennyvíziszap kezelési technológián belül a mezőgazdasági kihelyezésre kínál megfelelő alternatívát a „Szarvasi-1” energiafű,** amely kifejezett számszerűsíthető gazdasági előnyöket nyújt a termelő és felhasználó – jelen esetben a mezőgazdaság és a szennyvíz ágazat – számára, továbbá környezetvédelmi és társadalmi előnyöket az ország számára.

A „Szarvasi-1” energiafű és a városi szennyvíziszap kombinálás lehetőségeinek kutatásával célunk olyan szennyvíziszap megsemmisítési, felhasználási eljárás megalapozása, mely olcsó és végleges megoldást jelent a lakott területek által termelt kommunális szennyvíziszap megsemmisítésére a keletkezés környezetében, hosszabb szállítás nélkül és természetbarát körülmények között, serkentve a növény növekedését és maximalizálva a felhasznált szennyvíziszap mennyiségét.

Célunk továbbá, hogy a veszprémi és ajkai térség szennyvizének a szükséges tisztítási metodika mentén végtermékként képződő szennyvíziszap mennyiség környezetbarát és gazdaságos módon kerüljön felhasználásra. A MAL Zrt. vörösiszap tározóin elvetett „Szarvasi-1” energiafű elsődleges szerepe a vörösiszap tározókban található vörösiszap ártalmatlanítása. Ugyanakkor Veszprém és Ajka térség által megtermelt, Kolontárra szállított és a „Szarvasi-1” energiafű ültetvényre kihelyezett 16-25%-os szárazanyag tartalmú kommunális szennyvíziszap biztosíthatja a „Szarvasi-1” energiafű számára a szükséges NPK tápanyagokat (műtrágyát helyettesítendő), és a szükséges vízellátás egy részét. Ezzel egy időben részben vagy teljesen megoldódik a kommunális szennyvíziszap ártalmatlanítása is.

A 35. táblázat a különböző nagyságú szennyvíztisztító telepeken képződött szennyvíziszap mezőgazdasági kihelyezésének paramétereit, valamint költségvonzatát érzékelteti. Az adatok szerint a kihelyezés akkor gazdaságos, ha a kihelyezés területe maximum 50 km-re található a szennyvíztisztító teleptől.

Jelen esetben a veszprémi szennyvíztisztító közúton 42, az ajkai szennyvíztelep 8,5 kilométerre található a vörösiszap tározóktól. A 300-2 500 m³ közötti telepek esetén az iszap kihelyezési költsége 400-7 000 Ft/m³ körül alakul a kihelyezési és szállítási költséggel együtt. Azonban a 2012-

ben elfogadott, 2013-tól hatályos új hulladéktörvény, bevezette a „hulladék lerakási járulék” fizetés kötelezettségét, amely 2013-ra vonatkozóan 3 000 forint/tonna, 2014-ben és 2015-ben további 3 000-3 000 forinttal emelkedik. Ezért a szennyvíztisztító társaságok a mezőgazdasági kihelyezés esetén is hajlandók magasabb árat fizetni a szennyvíziszap lerakása után.

35. táblázat

A kommunális szennyvíziszap mezőgazdasági kihelyezésének paraméterei 2010-ben

Iszapként történő hasznosítások, elhelyezések	300 m ³ alatti sz.v.telepek	300-2500 m ³ közötti sz.v.telepek	2500-15000 m ³ közötti sz.v.telepek	15000 m ³ feletti sz.v.telepek
Mezőgazdasági kihelyezés				
Szántóföldi növény	100%	100%	100%	100%
Kihelyezett mennyiség m ³ /év	11 798	18 991	31 373	39 323
Száranyag tartalom	2-15 %	16-25%	16-26%	20-27%
Kihelyezés távolsága a teleptől (km)	30-50	0-50	1-50	5-75
kihelyezés átlagos költsége (Ft/m ³)	750-4 500 Ft/m ³ átlag: 2 625 Ft/m ³	400-7 000 Ft/m ³ átlag: 3 700 Ft/m ³	1 400-5 000 Ft/m ³ átlag: 3 200 Ft/m ³	1 450-3 000 Ft/m ³ átlag: 2 225 Ft/m ³

Forrás: SÜTŐ, HOMOLA (2010)

Az így előállított, majd egyszerű kaszálógépekkel learatott és bálázott „Szarvasi-1” energiafű tüzeléstechnikai célra értékesíthető. Megvizsgáltam a környéken és a maximum 100 km-es körzetben található erőműveket, amelyek felvevő piacot jelenthetnek a speciális paraméterekkel rendelkező, nehézfémeket akkumulált „Szarvasi-1” tüzeléstechnikai kockabáláknak. Mivel a fosszilis energiát használó erőműveknek (szén vagy cementerőművek) kötelező csökkenteniük a CO₂-kibocsátást, érdekük a fosszilis energiahordozók helyettesítése a nagy fűtőértékkel rendelkező más biomasszával hő és/vagy villamos energiatermelés vagy cement előállítás céljából. A „Szarvasi-1” energiafű energetikai szempontból kedvező tulajdonságokkal rendelkezik, mivel fűtőértéke közelíti, illetve meghaladja a hazai barnaszén, valamint a fa és a szalma-félék fűtőértékét (36. táblázat).

36. táblázat

A „Szarvasi-1”energiafű és néhány energiahordozó fűtőértéke

A tüzelőberendezés és átlagos hatásfoka (%)	Tüzelőanyag		
	Fajta	Fűtőérték (MJ/kg-MJ/m ³)	
		Laboratóriumi	Hatásfokkal korrigált
Széntüzelésű kazán (60)	Barnaszén	13,9	8,3
fatüzelésű kazán (65)	Tűzifa (akác)	14	9,1
Bálatüzelésű kazán (55)	"Szarvasi-1" bála	14,9	8,2
Gázkazán (85)	Földgáz	34	28,9
Pellet-tüzelésű kazán (85)	"Szarvasi-1" pellett	17,2	14,6
Pellet-tüzelésű kazán (85)	Fapellett	17,2	14,6

Forrás: Szarvasi Mezőgazdasági Kutató-fejlesztő Kht., 2010

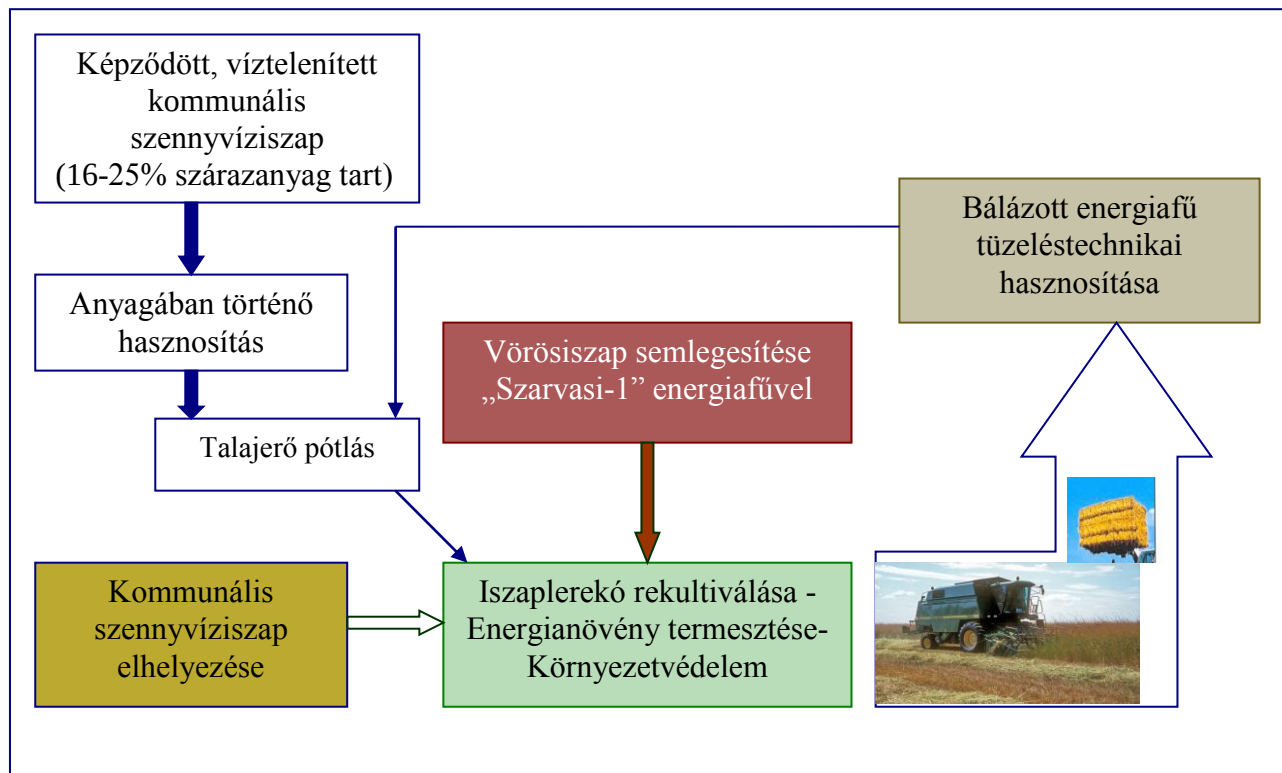
A táblázatból is látható, hogy a növény biogáz célú termesztése mellett másik stratégiai felhasználási módja annak tüzeléstechnikai hasznosítása (57. ábra). A jövőben az erdővédelem megköveteli, hogy ne lehessen kihordani a gallyakat és elszáradt növényrészeket, ezért olcsó

alapanyag kell a fűtési igények kielégítésére. A bálázott energiazöld értékesítésének a termőhely és a felvásárló erőmű közötti szállítási távolság szab határt.

Az ajkai vörösiszap tározóktól 75 kilométeres távolságban két hőerőmű, a szénfűtéses Ajkai Hőerőmű, 11,8 és az Inotai Hőerőmű található 68 kilométerre. Az Ajkai Hőerőmű az országban elsőként indította el megújuló-energia alapú termelését. Naponta 1 600 t biomassa mennyiséget képesek befogadni, amelyet elsősorban szénkiváltás céljából használnának. Nyitottak az energianövény befogadására.

Érzékenységvizsgálat tárgyát képezi a szénfűtéses erőművek közül a távolabbi, jelenleg is üzemelő Vértesi Erőmű Zrt. Oroszlányi Erőműve, amely a biomassa-szén együttégetéshez szükséges engedéllyel rendelkezik. Az oroszlányi telep az iszaptározóktól 129 km-es távolságra található.

A legtöbb hőerőmű a befogadás feltételeként megszabja az alapanyag hamutartalmát, annak elemi összetételét. A „Szarvasi-1” energiazöld tüzeléstechnikai kísérletei alapján megállapítható, hogy kén-tartalma csekély (0,12%), a szén kén-tartalmának mindössze 15-30-ad része, így eltüzelése esetén az SO₂ kibocsátás mértéke minimális. A szén 12-15%-os hamutartalmával szemben kis mennyiségű (2,8-4,2%) hamut tartalmaz, amelyet kálium- és foszfor- tartalmánál fogva a talajerő-visszapótlásnál jól lehet hasznosítani (PANNON HŐERŐMŰ RT, 2010).



Forrás: Saját összeállítás, 2013

57. ábra A „Szarvasi-1” energiazölddel megvalósítható megújuló energia-termelés és környezetvédelem együttes megvalósításának sematikus ábrája

Összefoglalva megállapítható, hogy a társadalmi igényként és a környezetvédelmi kötelezettségként felmerülő vörösiszap tározókban található erősen szennyező anyagot semlegesíteni kell. A „Szarvasi-1” energiazöld tudományos kísérletei bebizonyították, hogy a növény képes a toxikus elemeket magba zárni, amelyek a növény kaszálásával eltávolíthatók a területről. A tüzeléstechnikai célú energiaültetvényen túl egyéb termesztésbe nem vonható rekultiválandó területek alkalmasak az addicionális költségektől mentesen, komposztálás nélküli városi szennyvíziszap befogadására,

amivel a kommunális szennyvíziszap kihelyezés kérdése is megoldható. Ebből következően a **„Szarvasi-1” energiafű** vörösiszap tározón történő termesztése **egyszerre képes megoldani** 10-15 éves időintervallumban a **terület fitoextrakcióját, a lerakó rekultivációját, a veszélyes hulladéknak minősülő városi szennyvíziszap kezelést és a megújuló energiatermelés gazdaságos alapanyag gyártását**, mindeközben minimális forrás ráfordítással magas és egyedi jövedelemképességű termelő bázis jöhetne létre, nagyszámú, **magas képzettséget nem igénylő munkahelyek** teremthetnek.

A „Szarvasi-1” energiafű tüzeléstechnikai célú termesztésére és kommunális szennyvíziszap kezelésére vonatkozó kiinduló adatok:

- Bár az ajkai vörösiszap tározók rekultivációjában és az iszapsemllegesítési kísérlet programban a „Szarvasi-1” energiafű csupán néhány tíz hektár területet kapott, úgy gondolom az energiafű szennyvíziszap semllegesítési kísérleti eredményeire alapozva, hogy nem elrugaszkodott a „Szarvasi-1” energiafű további térnyerésében gondolkodni, ezért a gazdaságossági számításaimnál 100 hektár területet vettem alapul,
- A veszprémi és ajkai szennyvíztisztítóban keletkező szennyvíziszap mennyisége 3 552 t/év, illetve 2 065 t/év (VESZPRÉM MEGYE ÖNKORMÁNYZATA, 2009),
- A szántóföldi növényekre kihelyezhető műtrágya mennyiség (220 kg) NPK tartalmát 9 tonna kommunális szennyvíziszap adja, így a 100 hektár területre kihelyezhető szennyvíziszap mennyiség 900 tonna 16-25%-os szárazanyagtartalmú kommunális szennyvíziszap,
- Az érzékenységvizsgálatnál számolt talajerő visszapótláshoz műtrágya felhasználása esetén 220 euró/ha összeggel számoltam,
- Tüzeléstechnikai célú termesztés esetén a hektáronkénti hozam 14 tonna/ha „Szarvasi-1” energiafű,
- Az energiafű termesztésére vonatkozó gépesített munkavégzést szolgáltatás keretében veszem igénybe, ennek megfelelően a szolgáltatás díjával számolok,
- A kaszálás során figyelembe veendő kötelezettség: föld fölött 15-20 cm-es tarlót kell hagyni, ami egyrészt a vörösiszap port, másrészt a kihelyezett kommunális szennyvíziszapot is megköti, helyben tartja,
- A veszprémi és ajkai szennyvíztisztítóknak 2013-ban még 8 000 forint/tonna kihelyezési árral is megéri a keletkezett szennyvíziszapot elhelyezni, ezért ezzel a maximális összeggel számoltam a bevételi oldalon. 2014. és 2015. vonatkozásában érvényesítettem a hulladéktörvény által megszabott 3 000 forint/tonna járulék emelkedési tételt, így 2014-ben 11 000 forint/tonna és 2015-től 14 000 forint/tonna lerakásból származó bevétellel kalkuláltam. Érdekességgéppen megjegyzem, hogy 2012-ben az FCSM 14 000 forint/tonna összegért szállította el a keletkezett szennyvíziszapot.

A 37. táblázat és 58. ábra tételenként mutatja a „Szarvasi-1” energiafű tüzeléstechnikai és szennyvíziszap kezelési célú termesztésének költségeit és bevételeit, valamint az ezekből adódó nettó pénzáram egyenlegét.

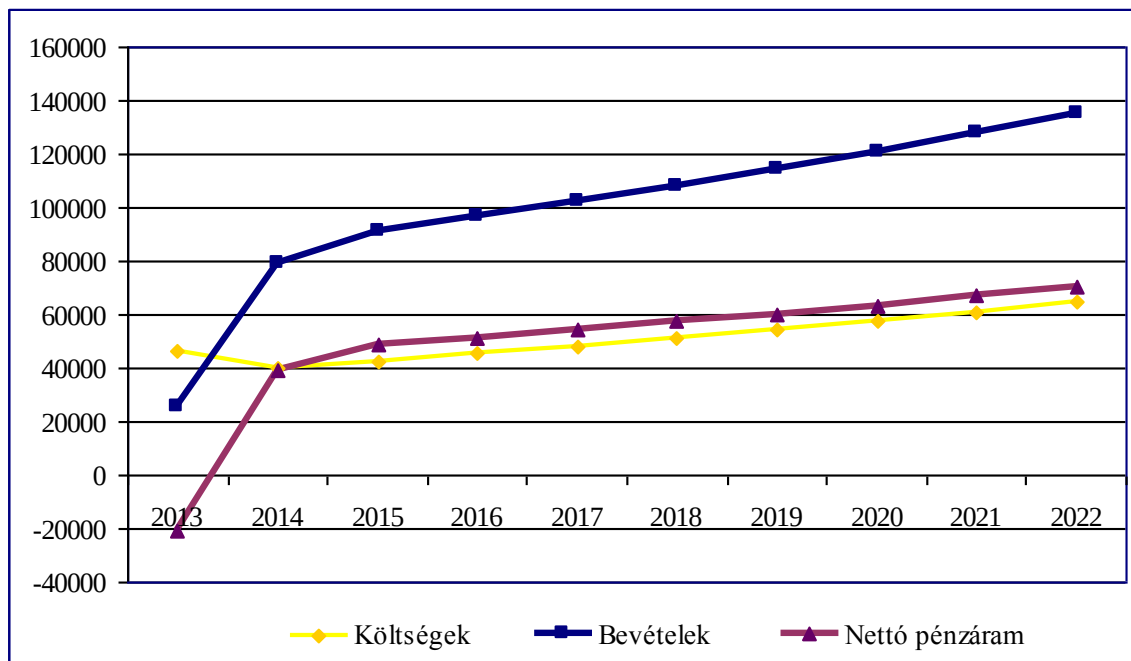
37. táblázat

A „Szarvasi-1” energiafű tüzeléstechnikai termelésének éves költségei és bevételei, figyelembe véve a szennyvíziszap lerakási díját, valamint a termelés nettó pénzárama

		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
KÖLTSÉGEK											
termelési oldalon											
Vetőmag	300 euró/ha	30 000									
Tárcsázás	17 euró/ha	1 700									
Kombinatorozás	17 euró/ha	1 700									
Vetés	19,3 euró/ha	1 930									
Hengerezés	9,6 euró/ha	960									
Kaszálás	16 euró/ha		1 600	1 700	1 806	1 919	2 039	2 166	2 301	2 445	2 598
Bálázás (250 kg kocka)	5 euró/db		28 000	29 750	31 609	33 584	35 684	37 914	40 283	42 801	45 476
Munkaerő	10 000 euró/év	10 000	10 570	11 172	11 809	12 482	13 193	13 946	14 740	15 581	16 469
Költségek összesen		46 290	40 470	42 622	45 224	47 985	50 916	54 026	57 324	60 827	64 543
BEVÉTEL											
értékesítésből és iszap kihelyezésből											
Tüzeléstechnikai kockabála/telep ár	8 euró/db		44 800	47 353	50 052	52 905	55 921	59 108	62 478	66 039	69 803
Szennyvíziszap lerakás/kihelyezés*		25 263	34 737	44 211	46 731	49 395	52 210	55 187	58 331	61 656	65 171
Bevétel összesen		25 263	79 537	91 564	96 783	102 300	108 131	114 295	120 809	127 695	134 974
Évenkénti pénzáram:		-21 027	39 067	48 942	51 559	54 315	57 215	60 269	63 485	66 868	70 431

* 295 HUF/EUR árfolyamon átszámítva

Forrás: Saját számítás, 2013



Forrás: Saját számítás, 2013

58. ábra A „Szarvasi-1” energiatüzeléstechnikai termelésének éves költségei és bevételei, valamint nettó pénzárama

Látható, hogy az adott körülmények közötti termelés hosszú távon is (több mint 15 év) gazdaságos. A költségekkel összefüggésben kalkulált 6,25%-os évenkénti üzemanyagár emelkedés determinálja a termeléssel kapcsolatos költségek árának emelkedését. Az tüzeléstechnikai célú energiatüzeléstechnikai bálák értékesítéséből származó bevételek számításánál alkalmazott 5,7%-os infláció követő emelés hatására a költségek és bevételek közötti marzs folyamatosan csökken, ugyanakkor a szennyvíziszap lerakásából származó bevétel jelentős növekedése miatt az összes bevétel fedezi a termeléssel összefüggő kiadási tételeket. Tehát a nettó pénzáram folyamatosan növekszik. Ezzel a tendenciával a 15 éves termelési időszakon belül is gazdaságos a „Szarvasi-1” energiatüzeléstechnikai előállítás. Az energiatüzeléstechnikai életciklusának végével, annak újratelése és tüzeléstechnikai termelése a talaj kizsigerelése nélkül is további megélhetési lehetőséget kínál a katasztrófa sújtotta területen élőknek. Az energiatüzeléstechnikai befektetés nettó jelenértéke 377 762 euró.

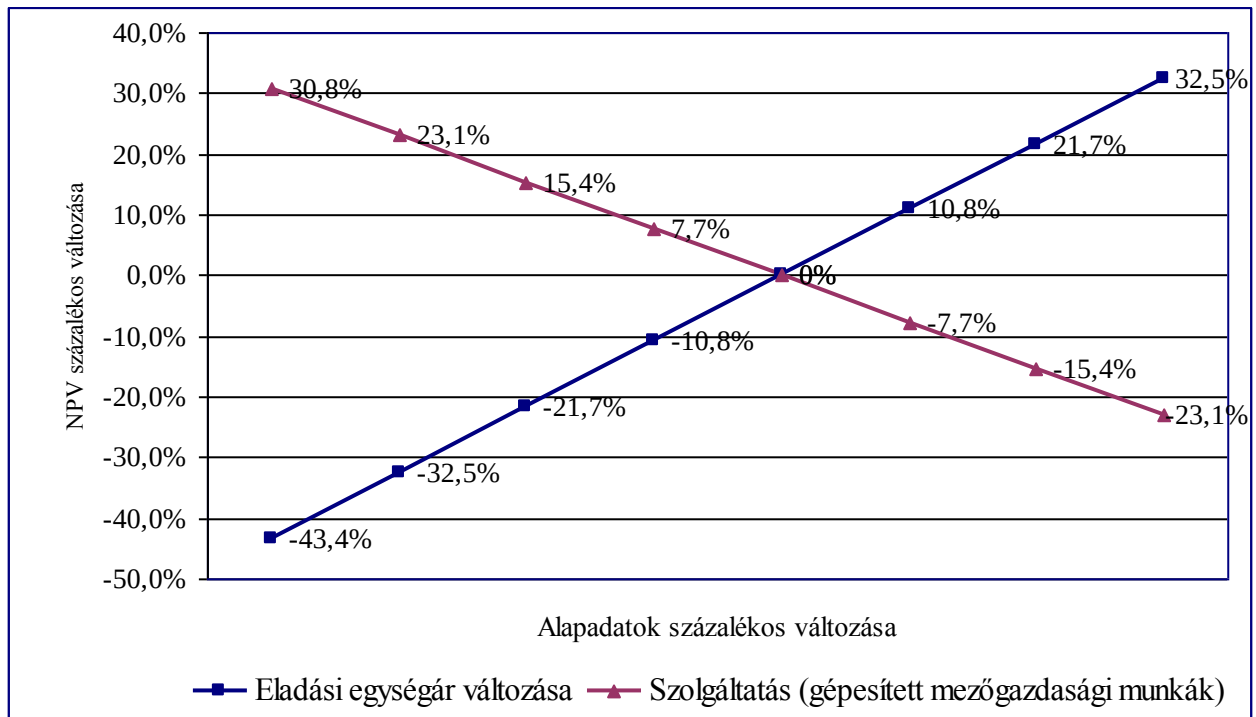
Érzékenységvizsgálat módszerével mutatok rá arra, hogy a számított nettó jelenérték hogyan változik egyes alapadatok változtatásának függvényében (38. táblázat). Ennek megfelelően az érzékenység vizsgálat keretében modellezem a Nettó Jelenérték (Net Present Value, NPV) változását az energetikai bála eladási árváltozásának, valamint a mezőgazdasági munkák szolgáltatási árváltozásának fényében (59. ábra). Továbbá vizsgálom a szennyvíziszap lerakási díj mértékének és a bérek változásának hatásait (60. ábra).

38. táblázat

Érzékenységvizsgálat az alapadatok függvényében

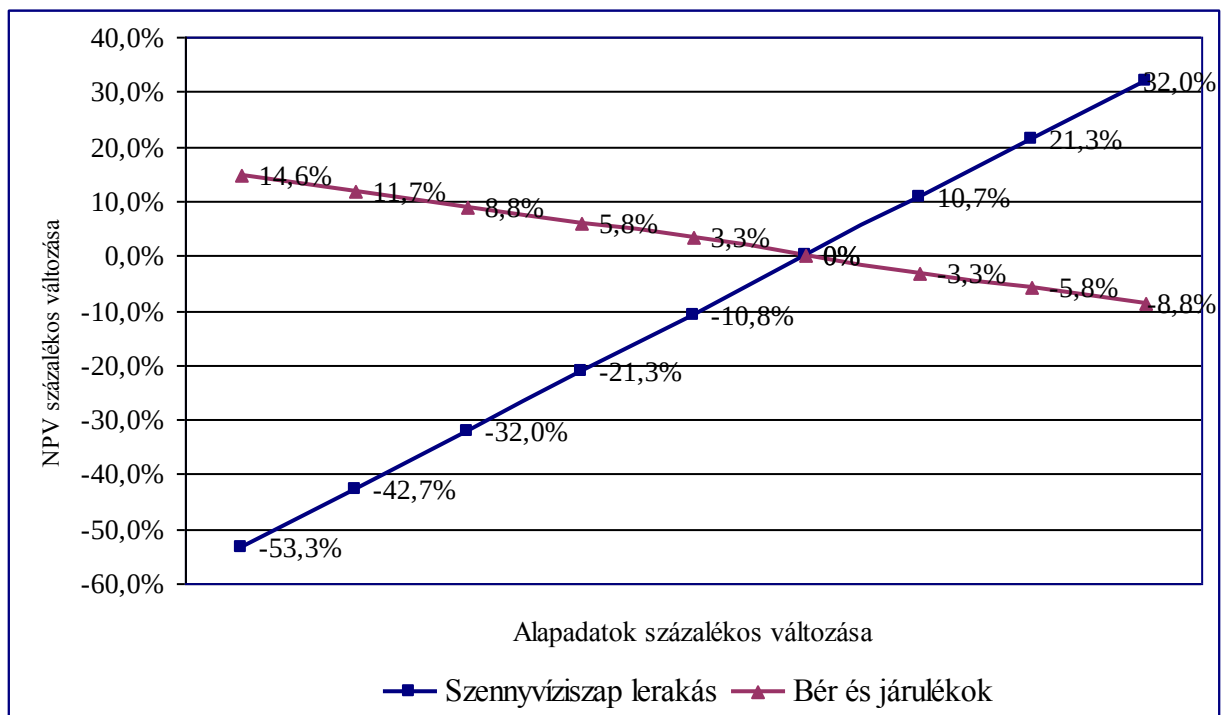
Alapadatok/ Eltérés az alapadathoz képest	-50%	-40%	-30%	-20%	-10%	0%	10%	20%	30%
Szennyvíziszap lerakás	157 570	193 607	229 678	265 818	301 283	337 762	373 801	409 839	445 876
	-53,3%	-42,7%	-32,0%	-21,3%	-10,8%	0%	10,7%	21,3%	32,0%
Eladási egységár változása	154 689	191 320	227 989	264 467	301283	337 762	374 373	410 983	447 594
	-54,2%	-43,4%	-32,5%	-21,7%	-10,8%	0%	10,8%	21,7%	32,5%
Bér és járulékok	387 128	377 257	367 485	357 352	348 908	337 762	326 591	318 015	308 140
	14,6%	11,7%	8,8%	5,8%	3,3%	0%	-3,3%	-5,8%	-8,8%
Szolgáltatás (gépesített mezőgazdasági munkák)	467 758	441 790	415 785	389 777	363 760	337 762	311 762	285 762	259 763
	38,5%	30,8%	23,1%	15,4%	7,7%	0%	-7,7%	-15,4%	-23,1%

Forrás: Saját számítás, 2013



Forrás: Saját számítás, 2013

59. ábra „Szarvasi-1” energiafű érzékenységvizsgálata az eladási egységár és a szolgáltatási ár változásának tükrében



Forrás: Saját számítás, 2013

60. ábra „Szarvasi-1” energiafű érzékenységvizsgálata a szennyvíziszap lerakási díj bevétel és a bér és annak járulékeinak változása tükrében

Megállapítható, hogy a kiadási oldalon legmarkánsabban a mezőgazdasági munkák szolgáltatásának árváltozása befolyásolja a Nettó jelenértéket. Ugyanakkor bevételi oldalon a szennyvíziszap lerakási díj mértékének változása hat leginkább az NPV változásra.

4.8 ÚJ, ÚJSZERŰ EREDMÉNYEK

A klímaváltozásról, annak okairól és lehetséges megoldásairól manapság sokat beszélnek. Sok tudományos cikk jelent meg a témában külföldön és belföldön egyaránt, amelyek hosszabb időtávlatokban nagyon perspektivikusan ábrázolják a megújuló energia szerepét. A közlekedési ágazatban felhasznált fosszilis üzemanyagok helyettesíthetőségéről már sokkal kevesebb szó esik, ráadásul a bioüzemanyagokon van a hangsúly, hiszen az európai gépjárműállományt nem lehet középtávon, de még hosszú távon sem teljesen lecserélni elektromos vagy hidrogén cellás gépjárművekre, amelyek előtt egyébként ígéretes jövő áll. Ezért a mostani gépjárműpark olyan átalakításán indokolt gondolkodni rövid- és középtávon, amely egyszerre jelenthet megoldást a környezetvédelem, az élelmezés- és takarmánybiztonság, valamint az energiabiztonság tekintetében. Disszertációm egyik célja volt a biomasszából előállítható bioüzemanyagok, így a bioetanol, a biodízel és a biogáz felhasználhatóságának összehasonlítása. Másik célom a biogáz előállításához felhasználható „Szarvasi-1” energiafű energiabiztonságot szolgáló tulajdonságainak bizonyítása gazdasági értelemben is, sőt az energiafű egyéb nemzetgazdasági ágazatokban betölthető szerepére is rávilágítok.

- E1. A disszertációmban bemutatott értékelés alapján egyértelműen **megállapítható, hogy a biomasszából előállítható bio-hajtóanyagok közül a biogázban rejlő potenciális fejlődési és fejlesztési lehetőség meghaladja az első generációs, élelmiszer alapanyagból előállítható bioetanolét és biodízelt.**
- E2. Megvizsgálva a biogáz mezőgazdasági alapanyagai közül a jelenleg közkedvelt és leginkább felhasznált **kukorica (silókukorica)** biogáz előállítás szempontjából mért értékeit **kijelenthető, hogy a „Szarvasi-1” energiafű az élelmezés- és a takarmánybiztonság veszélyeztetése nélkül képes alternatív megoldást jelenteni a biogáz előállításához.**
- E3. Mivel a növényi alapanyagok vizsgálatánál a „Szarvasi-1” energiafű bizonyult a legmegfelelőbbnek, szükségesnek tartottam termesztésének gazdaságosságát is vizsgálni. Modelléztem az energiafű termesztésének 10 évre vetített nettó jelenértékét, megtérülési rátáját és megtérülési idejét, és ezt a biogáz alapanyagként szolgáló silókukoricával hasonlítottam össze.

A CBA számításom eredményeképpen megállapítottam, hogy a „Szarvasi-1” energiafű biogáz célú termesztése a hasonló kockázatú-silókukorica-mezőgazdasági beruházásokból származó haszonnál jóval nagyobb várható profitot jelez. Ezzel igazolom azt a kezdeti Hipotézisemet, miszerint a fejlődő biogáz ágazat alapanyagigénye egyre nagyobb mennyiségű és biztonságosan előállítható alapanyagot kíván, így a „Szarvasi-1” energiafű termesztése biogáz alapanyagként jelen piaci körülmények között közép és hosszútávon jövedelmező tevékenység.

- E4. A biogázból előállítható biometán egyértelműen a legperspektivikusabb megoldást jelenti a tömegközlekedés modernizációjára. A városi és elővárosi közlekedésben szereplő autóbussz-állomány fejlesztési iránya a jelenlegi dízelüzemű buszok helyett a CBG üzemmód elterjesztése. Ehhez azonban projekt típusú szemlélet mellett közép- és hosszú távú gondolkodásmódra van szükség. Ez a jelentős beruházást igénylő projekt (biogázüzem, tisztító, töltőállomások, buszok beszerzése) gazdaságosan csak akkor megvalósítható, ha a budapesti network tagjai elsősorban a fővárosi érdekeltségű közüzemi vállalatokból kerülnek ki, hogy egymás között hosszú távú szerződésekkel garantálják a hajtóanyag termelését, illetve felhasználását. EU-s társfinanszírozott projektként 2013-ban Budapesten, a Fővárosi Önkormányzat kezdeményezésével, az FCSM és BKK konzorciumi tagságával a

projekt elszámolható költségeinek 85%-os támogatásban részesülhetett volna. A 2014-2020-as, következő programozási, költségvetési ciklusban is hasonló támogatási intenzitás képzelhető el. **Így egy ehhez hasonló nagyságrendű beruházás 3-4 év alatt megtérülhet.**

- E5. Korunk megoldandó problémáját jelenti a környezetszennyezésen belül a városi kommunális szennyvíziszap ártalmatlanítása és elhelyezése. Mivel a szennyvíziszap szennyező- és tápelemeket különböző koncentrációban tartalmaz, gondoskodni kell a toxikus szennyező anyagok kivonásáról. Ehhez nyújt segítséget a fitoextrakció, amelynek kombinálása az energiatermeléssel a leggazdaságosabb és leghatékonyabb eljárás mind a dekontaminálás, mind pedig a megújuló, zöld energia termelése szempontjából. A „Szarvasi-1” energiafűvel folytatott kísérlete bebizonyította, hogy a „Szarvasi-1” energiafű **tolerálja az ólmot és a cinket**, a kadmiumot és a rezet viszont kevésbé, a **Pb-akkumuláció indukálható** komplexképző anyagokkal, a **Zn-akkumulációt csökkenti az EDTE** és a citrát, valamint a „Szarvasi-1” energiafű **használható az ólommal és cinkkel egyszeresen vagy együttesen szennyezett talajok fitostabilizációjára**. Ezzel bizonyítottam, hogy a „Szarvasi-1” energiafű képes a szennyvíziszapok és az ajkai vörösiszap tározókban felhalmozott vörösiszap dekontaminálására. Gazdaságossági és érzékenységi vizsgálatokkal bizonyítottam, hogy a **beruházás megtérülését** legmarkánsabban a **mezőgazdasági munkákban igénybe vett szolgáltatás árváltozása, valamint a szennyvíziszap mezőgazdasági kihelyezésének díja befolyásolja**.

5 KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Kutatásaim eredményeit összefoglalva megállapítható, hogy a klímaváltozás mérsékléséhez egységes politikai, társadalmi és gazdasági erőfeszítések szükségesek. A világszerte növekvő társadalmi nyomás és gazdaságossági törekvések hatására előtérbe kerültek a megújuló energiahordozók. A különböző adottságú régiókban eltérő megújuló energiaforrást lehet kiaknázni. A kérdés, hogy hogyan lehet a legolcsóbban, környezetbarát, hatékony megújuló energiaforrást alkalmazni a fosszilis energia fokozatos helyettesítéséhez?

Magyarországon a növekvő energiaárak és az ország energiafüggősége arra ösztönöz, hogy adottságainkat kihasználva a biomasszából állítsunk elő megújuló energiaforrást. A jelenlegi ellentmondásos, nem komplex és támogatásellenes jogszabályi környezet, valamint a technológia hiányossága nem támogatja a megújuló energiatermelést, annak hálózatba történő betáplálását. A tapasztalat azt mutatja, hogy ma Magyarországon biomassza alapú megújuló energiatermelés csak abban az esetben gazdaságos, ha a megtermelt energiát helyben képesek felhasználni.

Összehasonlító vizsgálataim eredményeképpen arra a következtetésre jutottam, hogy a biohajtóanyagra vonatkozó hazai kötelezettségvállalások teljesítése kétséges, annak ellenére, hogy megfelelő mennyiségű és minőségű alapanyaggal rendelkezünk. Megítélésem szerint a bioetanol tekintetében egyáltalán nem, a biodízelnél csak valószínűsíthető, hogy a kitűzött célértékeket 2020-ra teljesítjük. A biometán hajtóanyagra vonatkozó vállalásaink minimálisak, pedig a CBG hajtóanyagban rejlő perspektíva már számos nyugat-európai országban hozott kiemelkedő eredményeket. Mivel az első generációs bioüzemanyagoknak az alapanyaga általában élelmiszernövény, jogosan merül fel az igény egyéb, alternatív, az élelmiszernövényeket (elsősorban kukoricát és olajnövényeket) helyettesíteni képes nyersanyagigényre. Kutatásaim és összehasonlító vizsgálataim alapján arra a következtetésre jutottam, hogy a kukorica kiváltására alkalmas energianövények közül a „Szarvasi-1” energiafű biogáz-előállítás szempontjából mért hasznos értékei magasabbak, bizonyos esetekben jóval meghaladják a kukoricáét. Megállapítható, hogy a "Szarvasi-1" energiafű agronómiai, energetikai, ipari tulajdonságai az agroökológiai, környezetvédelmi, talajhasznosítási, energetikai és a gazdaságossági szempontok figyelembevételével rendkívül perspektivikusak, több vonatkozásban egyedülállóak a többi e célra alkalmas növénykultúrákhoz viszonyítva. Mivel a fűfajta jól tolerálja a szélsőséges talajú termőhelyi adottságokat és a kedvezőtlen, sós vizű vízállásos területeket, kutatásomat kiterjesztettem annak vizsgálatára is, hogy használható-e a fű talajok rekultiválására. A kapott eredmények azt mutatják, hogy e fűfajta jól alkalmazható a szikes- és homoktalajok mellett a szennyvíziszappal terhelt területek ésszerű hasznosítására, javítására is, megoldva így a környezetvédelem és a megújuló energiatermelés problematikáját.

A biohajtóanyagok városi alkalmazásánál nagyon sok hiányosságunk van, amelyek elsősorban infrastrukturális, másrészt az ösztönzők hiányából, harmadrészt a stratégiai szemlélet hiányából erednek. Ma a CNG járművek (személygépkocsik, autóbuszok), illetve a biometán (CBG) hajtóanyag városi alkalmazása jelenti a jövőt. Ehhez azonban először biometán előállításra lenne szükség Budapesten. Ezt megfelelő mennyiségben az FCSM tudná tisztítani. Ezért célszerű átgondolni, hogy az iszapban rendelkezésre álló hasznos anyagokat inkább környezetkímélő módon használjuk fel. Ebből kifolyólag ösztönző rendszer kidolgozása szükséges. A „Szarvasi-1” energiafű kísérletei bebizonyították, hogy szennyvíziszaphoz keverve jelentősen képes növelni a nyers biogáz metántartalmát, így garantálható a hajtóanyag >97%-os CH₄ tartalma.

A szennyvíziszap elhelyezés, annak gazdaságos kezelése állandó problémát jelent a szennyvíztelepek számára. A sajnálatos ajkai vörösiszap tározó katasztrófa helyszínén végzett kísérleti telepítések egyértelműen bizonyítják, hogy a „Szarvasi-1” energiafű képes a szennyvíziszap nehézfém tartalmát megtisztítani, ugyanakkor a szennyvíziszap kihelyezése olcsóbban és hatékonyabban oldható meg az energetikai ültetvényen, mint a mezőgazdasági kihelyezés esetében.

.

6 ÖSSZEFOGLALÁS

A fenntartható fejlődés növekvő igénye a megújuló energiaforrások iránt a mezőgazdaság energiatermelő jellegének erősödését eredményezi. Ez a mezőgazdasági szerkezeti átalakulás számos előnnyel jár, különösen a fosszilis energiahordozókban szegény, de jó mezőgazdasági adottságokkal rendelkező országok, így Magyarország számára.

Együnk vagy tankoljunk?

Napjainkban az energia-előállítás és az energiafogyasztás döntő hányada, mintegy 87%-a fosszilis energiahordozókra épül, ezért az elmúlt 20 évben a fenntartható fejlődés legnagyobb kihívását és megoldandó problémakörét a globális CO₂-kibocsátásának növekedése, vagyis a fokozott üvegházhatással járó klímaváltozás jelentette. A CO₂-kibocsátás fő oka a fosszilis üzemanyagok használata (elsősorban kőolaj származékok, szén és földgáz), mivel a szénalapú üzemanyagok az égés során széndioxidot juttatnak a légkörbe. A globális népességnövekedés és technológiák fejlődése egyre több energiát igényel, amely fokozza a légkörbe bocsátott ÜHG kibocsátását, így környezetünkre gyakorolt káros hatásait.

A fentebb leírtak értelmében a fosszilis energiahordozókat helyettesítő megújuló energiák növekvő szerepe elvitathatatlan. A számos megújuló erőforrás közül ma hazánkban a biomassza az egyetlen olyan megújuló energiaforrás, amely megfelelő mennyiségben áll rendelkezésre és felhasználásával érdemben csökkenthető az ország energiafüggősége. Ezen túlmenően a biomassza olyan megújuló energiaforrás, amelynek hazai előállítása versenyképes lehet hosszú távon. Több kutatás foglalkozik a zöld villamos- és hőenergia előállításával, de a fosszilis üzemanyagok bioüzemanyagokkal történő helyettesíthetőségéről kevesen írnak.

Az energia-felhasználás ágazati statisztikai adatai is visszaigazolják, hogy a közlekedési szektor a legnagyobb energia felhasználó (>30%) az EU-ban. Magyarországon ez az ágazat a háztartások után csak a második helyen szerepel, ennek ellenére az előregedett járműpark technológiai szintjének elmaradottsága miatt napjaink légszennyezettségének fő kiváltója. A közlekedés kőolajfüggése jelentős, ezért kiszolgáltatottságát tovább súlyosbítja, hogy a kőolajárak növekedése közvetlenül és széles körben fejt ki kellemetlen hatását. Megoldást a közlekedési ágazat modernizálása, fejlesztése jelenthet.

Biomasszából előállítható megújuló üzemanyagok közül 2012-ben az első generációs bioetanol és biodízel, valamint a mezőgazdasági és kommunális hulladékból, valamint szennyvíziszapból nyerhető biogáz volt kereskedelmi forgalomban az EU számos tagországában.

Az EU-ban az első generációs bioüzemanyagok (bioetanol és biodízel) nyersanyaga jellemzően a kukorica és a repce. Ezek bioüzemanyag célú termesztéséért kiélezett verseny zajlik a földterületért az élelmisznövények rovására. Az EU-ban jellemző tendencia, hogy az ipari célra felhasznált növény iránti kereslet emelkedésével párhuzamosan növekszik annak termőterülete is. Ma a bioetanol és biogáz üzemek hatalmas mennyiségű kukoricát használnak fel alapanyagként. A helyzetet tovább rontja, hogy a bioetanol- és biogáz gyártás (ugyanígy a biodízelgyártás) megtérülési ideje Nyugat-Európában az intenzív támogatások ellenére is 10 év, ami azt jelenti, hogy erre az időtávra az alapanyag biztosítása kardinális kérdés.

A bioetanol üzemek elsősorban kukoricára, a legtöbb biogázüzem állati trágyára és silókukoricára, a biodízel gyártók pedig a repcére alapozzák tevékenységüket. Magyarországon a csökkenő állatállomány következtében csökkenő trágyamennyiséget többlet silókukorica felhasználásával pótolják a biogáz üzemek.

Ez az anomália úgy oldható fel, ha speciálisan energetikai célra nemesített növényeket használunk fel megújuló energia termeléséhez. E növények az élelmiszer- és takarmánynövények termesztésére

alkalmatlan termőhelyen is megteremnek, nagy hozamukkal pedig képesek a megújuló energia termelésében komoly szerepet játszani.

Van alternatíva!

A fentebb vázolt piaci egyensúly visszaállítását nagyban elősegítheti a „SZARVASI-1”energiafű termesztése azokon a területeken, melyeken élelmisznövények nem termesztethők. Biogázt nem élelmiszer- és takarmánynövényekből is elő lehet állítani, így nem versenyez az élelmisznövényekkel. Az energianövény tehát káros piaci hatások nélkül megtermelhető Magyarországon, vetőmagként exportképes magyar termék a nyugat-európai piacon.

A Bikazugi Mezőgazdasági Non-profit Kft. jogelődje, a Szarvasi Mezőgazdasági Kutató-fejlesztő Közhasznú Társaság tevékenysége keretében az 1980-as években merült fel, hogy a fosszilis energiahordozók felhasználásának környezeti ártalmait hazai nemesítésű energianövény létrehozásával kellene tompítani. Két évtized fajtanemesítési munkái során sikerült az igénytelen sztyeppe-füvek keresztezésével létrehozni a „SZARVASI-1”energiafűvet. Az éves betakarítható zöld széna mennyisége metán tonnában számolva ma a piacon elérhető növények közül a legmagasabb. Ezért a „Szarvasi-1”energiafű zöld állapotban és szalma- és hígtrágyákkal keverve jó hatásfokkal hasznosítható biogáz termelésre. E tulajdonságának köszönhetően a növényt a legjobb adalékanyag a biogáz előállításában. Az energiafűből vagy trágya- energiafű keverékéből előállított biogáz mellékterméke biotrágyaként kiválóan alkalmas a talajerő visszapótlására. A növény iránti kereslet élénkülését a német atomerőművi paradigmaváltás eredményezte. Kutatások igazolják, hogy a növény képes kiváltani az energetikai alapanyag-ellátásban a takarmánynövényeket (silókukorica), enyhítve az állattenyésztés takarmányhoz jutásának nehézségeit.

A „Szarvasi-1”energiafű egyéb energianövényekkel és a jelenleg referenciaként elfogadott kukoricával történő összehasonlításakor a vizsgálatok egyértelműen bizonyították, hogy a „Szarvasi-1” energetikai hasznosíthatóság szempontjából magasabb értékekkel rendelkezik az összes többi vizsgált növénynél. A kutatási eredmények közül kiemelendő: a hektáronkénti 19,3 tonnás (2009), illetve 18,5 tonnás (2010) száraztömeg-hozamával a „Szarvasi-1” egyértelműen túlszárnyalta a referenciaként használt kukoricát és a kutatás tárgyát képező más energiafűveket. Egy száraztömeg kilogrammra jutó, 350 l körüli, magas metán kihozatalával a magyar energiafű 2009-ben 6 757 köbméter metánt termelt hektáronként, ezzel 2009-ben a legmagasabb értéket érte el valamennyi vizsgált lágyszárú közül és 38%-kal magasabb hozamot szolgáltatott a kukoricához képest. Kijelenthető, hogy a jelenlegi energianövény kísérletekben a magyar „Szarvasi-1” energiafű a rendelkezik a legnagyobb teljesítőképességgel. Így a biogáz-előállításban a kukoricát helyettesítheti az élelmezés- és takarmánybiztonság javítása mellett.

Mára a hazai biogáz üzemek nyersanyagigényeiket is hosszú távra tervezik. Középtávon akár több tízezer hektárra lenne növelhető a „Szarvasi-1” energiafű magtermelése, így a Magyarországhoz köthető növénykultúra exportágazat is lehet. A vetési év és a kétévenként esedékes talajerő visszapótlás igényli a jelentősebb finanszírozást, a művelési költségek elenyészők, a betakarítás és feldolgozás pedig biztos hasznot hoz a termelőknek és mezőgazdasági többletfoglalkoztatást jelent a képzetlen vidéki lakosság körében. A biogáz üzemek számára alternatívát jelentő növények vizsgálatakor fő szempont, hogy a jelenleg domináns kukorica helyett jelenleg nem hasznosított alternatív kultúrákat helyezzük előtérbe gazdaságos termeléssel.

7 SUMMARY

The increasing demand of the sustainable development on renewing energy sources results in the strengthening of the energy production nature of agriculture. This agricultural structural change will entail a number of benefits, in particular for the countries poor in fossil energy carriers but having good agricultural potential, including Hungary.

Eat or refuel?

Today, a key part of energy production and energy consumption, i.e. ca. 87% is based on fossil energy carriers, therefore during the last 20 years, the greatest challenges and problems for sustainable development have been the increase of global CO₂ emission, i.e. climate change involving increased greenhouse effect. The main reason for CO₂ emission is the use of fossil fuels (first of all mineral oil derivatives, coal and natural gas); as the carbon based fuels emit carbon-dioxide into the atmosphere during combustion. The increase of the global population and the development of technologies require more and more energy, which contribute to the GHG emission into the atmosphere, and therefore to their harmful effects on our environment.

Based on the above, the increasing role of renewing energies replacing fossil energy carriers is inevitable. Today, among the numerous renewing energy sources biomass is the only renewing energy source in Hungary which is available in sufficient volumes and using them may significantly decrease the country's energy dependence. In addition, biomass is a renewing energy source the production of which in Hungary may be competitive on a long term. Several researches are focused on green electric and heat energy production but only a few deals with the replaceability of fossil fuels with biofuels.

Statistical figures on the energy use of industries confirm that the transportation sector is the greatest energy user (>30%) in the EU. In Hungary, this sector is only the second after households; however, due to the underdevelopment of the technological level of the old vehicle fleet it is the main contributor to today's air pollution. The dependence of transportation on mineral oil is significant, which is further strengthened by the fact that the increase of mineral oil prices has an unpleasant effect directly and in a wide circle. This could be solved via the modernisation and development of transportation.

In 2012, among renewing fuels made from biomasses, the first generation of bioethanol and biodiesel, as well as biogas obtained from agricultural and communal wastes and sewage sludge were traded in several EU countries.

In the EU, typically maize and rape are the raw materials for the first generation of biofuels (bioethanol and biodiesel). There is a fierce competition for lands to produce them for biofuel purposes to the detriment of food plants. The EU is characterised by the trend that with the increase of demand on plants used for industrial purposes the production area also increases. Today, the bioethanol and biogas plants use large volumes of maize as basic material. The situation is worsened by the fact that in West Europe the period of return on bioethanol and biogas production (and also biodiesel production) is 10 years despite the intensive supports, which means the supply of basic material for that period is a major issue.

The activities of the bioethanol plants are based mainly of maize, while those of most biogas plants are based on manure and silo maize, and those of biodiesel on rape. In Hungary, the reducing manure volume resulting from the reducing livestock is supplemented by the biogas plants with extra silo maize volumes.

This anomaly could be solved if plants bred specially for energetic purposes are used for renewing energy production. These plants can grow even on arable lands unsuitable for food and fodder plant

growing, and with their high yields they can play a significant role in the renewing energy production.

There is an alternative!

Restoration of the above market balance could be significantly promoted by the growth of “SZARVASI-1” energy grass on lands which are not suitable for food plant growing. Biogas can be produced also from non-food or fodder plants, and therefore it will not compete with food plants. So the energy plant can be grown in Hungary without any detrimental market effects, and is a Hungarian product that can be exported as sowing seeds to the West European markets.

The possibility of establishment of an energy plant bred in Hungary to reduce the environmental effects of the use of fossil energy carriers was raised in the 1980s in the frame of the activities of the Agricultural Research and Development Public Benefit Company, legal predecessor or Bikazugi Mezőgazdasági Non-profit Kft. The “SZARVASI-1” energy grass has been created by cross-breeding steppe grasses with low demands during two decades of breeding works. The volume of annual green hay yield in methane tons is the highest among the marketed plants. Therefore the “Szarvasi-1” energy grass can be used with good efficiency for biogas production in its green state mixed with straw and liquid manures. Due to this property, this plant is the best additive in biogas production. The by-product of the biogas made from energy grass or mixture of manure and energy grass is excellent for soil recovery. The increase of the demand on the plant resulted from the paradigm shift from the German nuclear power. Researches confirm that the plant is able to replace fodder plants (silo maize) in energetic basic material supply, reducing thereby difficulties in the fodder supply for animal husbandry.

Compared to other energy plants and to maize currently accepted as a reference, tests with “Szarvasi-1” energy grass have clearly demonstrated that as regards energetic utilisation “Szarvasi-1” has a higher value than all other tested plants. Research results to be highlighted: with the dry mass yield of 19.3 tons (2009) and 18.5 tons (2010) by hectare, “Szarvasi-1” has definitely exceeded the results of maize used as a reference and other energy grasses covered by the research. With its high methane yield of 350 l per one dry mass kilogram, the Hungarian energy grass produced 6,747 cubic metres of methane on a hectare in 2009, and thereby it reached the highest value in 2009 among all tested grasses and had a yield by 38% higher compared to maize. So we can state that in the current energy plant experiments, the Hungarian “Szarvasi-1” energy grass has the highest capacity. Therefore it can replace maize in biogas production in addition to the improvement of food and fodder safety.

The raw material demands of the Hungarian biogas plants are planned for a long term. On a medium term, the seed production of “Szarvasi-1” energy grass could be increased to several ten thousands of hectares, and therefore the plant culture derived from Hungary could be also an export sector. The sowing year and the soil recovery due every two years require the most significant financing resources, cultivation costs are insignificant and harvesting and processing will be surely profitable for the producers, and provide extra agricultural jobs for untrained inhabitants in the country. In testing plants considered alternatives for the biogas plants, it is a major aspect that alternative cultures currently not utilised are preferred with cost-efficient production instead of the currently dominating maize.

8 FÜGGELÉKEK

8.1 IRODALOMJEGYZÉK

1. AEBIOM (2010): Brochure Biogas Roadmap, <http://www.aebiom.org/?p=231>, utolsó letöltés: 2012. október 4.
2. AFDC ENERGY (2012): www.afdc.energy.gov/data/tab/fuelsinfrastructure/data_set/10326 utolsó letöltés: 2012. október 23.
3. AMERICAN BIOGAS COUNCIL (2012): Biogas 101 Handout, http://www.americanbiogascouncil.org/biogas_biogasBenefits.asp, utolsó letöltés: 2012. november 2.
4. BAI A. (2010): A biomassza energetikai hasznosítása- a hajtóanyagok jelentősége. In: Alternatív energia a határtérségben, a biomassza, mint megújuló energiaforrás szerepe. Konferencia, Debrecen, 2010. július 1.
5. BAI, A.; JOBBÁGY P. (2011): Az EU biodízel-importjának hatása a fejlődő országokra, kézirat
6. BAKOS I. (2003): Projektek pénzügyi tervezése, Miskolci Egyetem, jegyzet
7. BIOMASSE-VERBAND (2012): Biogas – Warme, elektrische Energie und Teribstoff, <http://www.biomasseverband.at/biomasse/statistik/oekostrom/>, utolsó letöltés: 2012. november 5.
8. BIRKMOSE T., LINGSO H., HINGE J. (2007): State of Biogas plants in the European Agriculture, in IP/B/AGRI/IC/2007_020, European Commission
9. BKV (2009): BKV Tesztbuszok, Mercedes Citaro lezáró jelentés, http://www.bkv.hu/ftp/tesztbuszok/mercedes_citaro_lezaro_jelentes.pdf, utolsó letöltés: 2012. december 20.
10. BRITISH PETROL (2012): General article on biofuels, <http://www.bp.com/sectiongenericarticle800.do?categoryId=9037217&contentId=7068633>, utolsó letöltés: 2012. október 25.
11. BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (2008): Informationsbroschüre „Biomethan“, [http://www.nachwachsenderohstoffe.de/presseservice/pressemitteilungen/aktuelle-mitteilungen/aktuelle-nachricht/archive/2008/may/article/neue-informationsbroschuere-biomethan/?tx_ttnews\[day\]=08&cHash=dba9adef9202205ea79eaaaba2cea7f](http://www.nachwachsenderohstoffe.de/presseservice/pressemitteilungen/aktuelle-mitteilungen/aktuelle-nachricht/archive/2008/may/article/neue-informationsbroschuere-biomethan/?tx_ttnews[day]=08&cHash=dba9adef9202205ea79eaaaba2cea7f), utolsó letöltés: 2012. november 4.
12. BUNDESNETZAGENTUR (2012): EEG, http://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/BNetzA/Sachgebiete/Energie/ErneuerbareEnergienGesetz/EvaluierungsberichtAusglMechV/EvaluierungsberichtAusglMechV.pdf?__blob=publicationFile, utolsó letöltés: 2012. november 5.
13. CEPM (2012): Key figures on maize, www.cepm.org/maize_key_figures.en, utolsó letöltés: 2012. november 4.
14. EBB (2011): Global biofuels. <http://www.ebb-eu.org/>, utolsó letöltés: 2012. november 29.
15. EBRAND (2013): Vízerőművek Magyarországon, <http://ebrand.hu/vizenergia/vizeromuvek-magyarorszagon/572>, utolsó letöltés: 2013. április 26.
16. ECOFYS (2011): Financing Renewable Energy in the European Energy Market, http://ec.europa.eu/energy/renewables/studies/doc/renewables/2011_financing_renewable.pdf, utolsó letöltés: 2012. november
17. EIA (2013): Annual Energy Outlook <http://www.eia.gov/oiaf/servicerpt/hydro/hydrogen.html> utolsó letöltés: 2012. október 23.

18. ENERDATA (2012): World energy statistics, <http://yearbook.enerdata.net/>, utolsó letöltés: 2012. október 31.
19. ENERGIA HIVATAL (2011): Vezetékes energiahordozók statisztikai évkönyve, http://www.eh.gov.hu/gcpdocs/attachments/article/134/vezest_k_2010.pdf utolsó letöltés: 2012. október 28.
20. ENERGIE-CONTROL (2012): Stromkennzeichnungbericht, <http://www.e-control.at/portal/page/portal/medienbibliothek/oeko-energie/dokumente/pdfs/Stromkennzeichnungsbericht%202012.pdf>, utolsó letöltés: 2012. november 4.
21. ERTRAC (2010): ERTRAC Research and Innovation Roadmaps. http://www.ertrac.org/pictures/downloadmanager/6/50/ertrac-researchinnovation-roadmaps_59.pdf
22. Európai Bizottság (2009): A fenntartható fejlődés területén elért eredmények. <http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=IP/09/1188&format=HTML&aged=1&language=HU&guiLanguage=en>
23. Európai Bizottság (2012): Víz-, energia- és termőföld-gazdálkodás az inkluzív és fenntartható növekedés érdekében, http://erd-report.eu/erd/report_2011/documents/erd_report%202011_summary_hu.pdf utolsó letöltés: 2012. október 26.
24. Európai Bizottság (2010): Jelentés a földhasználat bioüzemanyagokkal és a folyékony bio-energiahordozókkal kapcsolatos közvetett megváltoztatásáról. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2010:0811:FIN:HU:DOC>
25. Environmental Protection Agency (EPA) (2012): Operating Anaerobic Digester Project, <http://www.epa.gov/agstar/projects/index.html>, utolsó letöltés: 2012. november 2.
26. EUROSERVER (2011): Barobilan, <http://www.euroserver.org/pdf/barobilan11.pdf>, utolsó letöltés: 2012. november 5.
27. EUROSERVER (2012): Biofuels Barometer, http://www.energies-renouvelables.org/observ-er/stat_baro/observ/baro179_a.pdf, utolsó letöltés: 2012. október 4.
28. EUROPEAN BIOGAS ASSOCIATION (2012): Biogas and biomethane in Europe, http://www.google.hu/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CDYQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.agriforenergy.com%2Fcontent%2Findex.php%3Foption%3Dcom_phocadownload%26view%3Dcategory%26download%3D595%3Ad4-5_international_biogas-and-biomethane_aebiom_en.pdf%26id%3D20%3Aregional-report-biogas&ei=jLKXUJKeI4Tvsgav_YHYBA&usg=AFQjCNEUY8klpvKucLVP_gwv4GswOxtcrw&sig2=-tdvg6m2fCKB7Y9Srqs1BQ, utolsó letöltés: 2012. november 5.
29. EUROSTAT (2012): EU Energy in figures, http://ec.europa.eu/energy/publications/doc/2012_energy_figures.pdf
30. EUROSTAT (2012): <http://epp.EUROSTAT.ec.europa.eu/tgm/table.do?tab=table&init=1&plugin=0&language=en&pcode=ten00076>
31. F.O.Licht's (2012): World Ethanol & Biofuels Report, 9 (17)
32. FACHVERBAND BIOGAS (2012): Energiepflanzen http://www.biogas.org/edcom/webfvb.nsf/id/DE_Alle_Publikationen?open, utolsó letöltés: 2012. november 4.
33. FAO (2009): International cooperation for sustainable land and water management, Background Thematic Report, http://www.fao.org/fileadmin/templates/solaw/files/thematic_reports/TR_16_web.pdf utolsó letöltés: 2012. november 2.
34. FAO (2012) Food price Index, utolsó letöltés: 2012. szeptember 10.,

- <http://www.fao.org/worldfoodsituation/wfs-home/foodpricesindex/en/>
35. FARKASNÉ F.M., FOGARASSY CS., SZŰCS I. (2006): Externáliák a mezőgazdaságban, Ökológiai gazdálkodás II, Szaktudás Könyvesház
 36. FARKASNÉ F. M. (2011): A fenntartható fejlődés, a klímaváltozás és a földhasználat változása, társadalmi-gazdasági tényezőinek összefüggése, OTKA kiadvány
 37. FIGYELŐ ONLINE (2009): Hét Magyarországnyi erdő tűnt el, http://www.figyelo.hu/cikkek/171893_het_magyarorszagnyi_erdo_tunt_el, utolsó letöltés: 2012. november 2.
 38. FIAT (2012): Környezetbarát LPG, http://fiat.hu/cgi-bin/pbrand.dll/FIAT_HUNGARY/section/section.jsp?BV_SessionID=@@@@0821375548.1352824417@@@@&BV_EngineID=cccfadfifjlimgfcefecejgdfkhdfji.0&com.broadvision.session.new=Yes&contentOID=1075822744&Failed_Reason=Session+not+found&Failed_Page=%2fFIAT_HUNGARY%2fsection%2fsection.jsp, utolsó letöltés: 2012. november 13.
 39. FODOR F., VASHEGYI I., SIPOS GY. (2012): „Szarvasi-1” energy grass – combining bioenergy with phytoremediation, 4th International Energy Farming Congress, 13-15 March, Papenburg/Németország, Book of Abstract 20. p.
 40. FOGARASSY CS.; NEUBAUER É. (2011): Vízgazdaságtan, avagy a vízlábnyom mérése és gazdasági összefüggései. MTA Szociológiai Intézet: Sebezhetőség és adaptáció tanulmánykötet
 41. GEISENDÖRFER H. (2011): Alternative für Biogasanlage, Energiepflanzen (Németország), joule 4. 2011, 70-71. p.
 42. GREENPEACE (2011): The convenient solution-case studies, <http://www.greenpeace.org.uk/climate/the-convenient-solution-case-studies>, utolsó letöltés: 2012. november 5.
 43. GYULAI I. (2009): A biomassza dilemma, Magyar Természetvédők Szövetsége, http://www.mtvosz.hu/dynamic/biomassza_dilemma_2010.pdf, utolsó letöltés: 2012. november 2.
 44. GYULAI I. (2010): A biomassza dilemmától az atrotonnáig, http://lmv.hu/biomassza-dilemma_atrotonna, utolsó letöltés: 2012. november 10.
 45. GYURICZA CS. (2011): Enni vagy nem enni, Zöldenergetika http://www.zoldenergetika.hu/zem/index.php?option=com_content&view=article&id=255:enni-vagy-nem-enni&catid=51:figyelj&Itemid=69, utolsó letöltés: 2012. november 16.
 46. GYURICZA CS. (2011): EU Energia és Környezeti Innovációk, Szent István Egyetem Szabadegyetemi Programsorozata, 2011. május 24., Gödöllő
 47. HANCSÓK J. et al. (2006): Új generációs bio-motorhajtóanyagok I., Magyar Kémikusok Lapja, 2006. 61(8), 260-264 p.
 48. HAJDÚ J. (2009): Biogázüzemek működése és biogáz üzemi technológiák, OBEKK, Tudományos Szakmai Kiadványok Sorozata, Gödöllő, 11/12
 49. HAJDÚ J. (2009): A szilárd biomassza hőenergetikai hasznosítása, OBEKK Tudományos Szakmai Kiadványok Sorozata, Gödöllő, 10/12
 50. HAJDÚ J. (2006): Bio-hajtóanyag előállítás és hasznosítás lehetőségei Magyarországon, előadás, Szeged, 2006. 05.24.
 51. HOPFNER-SIXT K. (2010): Monitoring of Agricultural Biogas plants in Austria, http://www.nas.boku.ac.at/uploads/media/Monitoring_biogasplants_berlin.pdf, utolsó letöltés: 2012. október 5.
 52. HUMER, J. (2009): Trockenheitstolerante Futter, BauernZeitung, 52-54/ 2009. 7. p.
 53. ICIS (2011): Ethanol prices and Pricing information. http://www.icispricing.com/il_shared/Samples/SubPage10100100.asp
 54. IEA (2012): Key world energy Statistics, <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/name,31287,en.html>

- utolsó letöltés: 2012. október 12.
55. IEA BIOENERGY (2009): Presentation of Task 36 and 37, Biofuels and Bioenergy - a Cahnaging Climate Conference, Vancouver, http://www.iea-biogas.net/_content/publications/workshops-and-seminars.html, utolsó letöltés: 2012. november 6.
 56. IEE (2012): Communication to key decision makers, <http://www.envipark.com/wp-content/blogs.dir/1/files/Communication-to-key-decision-makers.pdf>, utolsó letöltés: 2012. október 5.
 57. IPPC (2007): Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): Fourth Assessment Report. www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg1.htm
 58. JANOWSZKY ZS. (2003): Fűfélék ipari célú hasznosítása, DATE, Mezőgazdaságtudományi Kar, Növénytermesztés és Tájökológiai Tanszék, előadás, Debrecen, 2003. 10. 05.
 59. JOBBÁGY P. (2013): A hazai biodízel-ágazat komplex elemzése, Ph.D értekezés, Debrecen
 60. JOBBÁGY P., BAI A., JUHÁSZ I.L. (2010): A biometán perspektívái a hazai közlekedésben, Mezőgazdasági Technika, LI évf. Különszám, 17-19 p.
 61. KAMARÁS Z. (2005): Energiafüvet termesztet a Pécsi Hőerőmű, Zöldtech Magazin, 2005. XI.
 62. KAPROS T., CSETE J., SZUNYOG I. (2009): A biogáznak földgáz vezetékbe történő betáplálását befolyásoló műszaki, jogi és pénzügyi szempontok az Európai Unióban, EU társfinanszírozott K+F (4080904) projekt zárójelentése
 63. KIRCHMAYER F. (2010): Production of „Green electricity” in Austria, in International Report on Biogas and biomethane, AGRIforEnergy, www.agriforenergy.com/content/index.php?option=com_phocadownload&view=categy&download=595:d4-5_international_biogas-and-biomethane_aebiom_en.pdf&id=20:regional-report-biogas utolsó letöltés: 2012. október 27.
 64. Központi Statisztikai Hivatal (2012): A társadalmi haladás mutatószámrendszere, Közlekedési infrastruktúra, <http://www.ksh.hu/thm/tablak.html> utolsó letöltés: 2012. november 1.
 65. Központi Statisztikai Hivatal (2013): Időszakos jelentés, www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszaki/jelszall/jelszall11.xls, utolsó letöltés: 2013. május 12.
 66. LÁNG I. (Szerk.) (2007): Környezet- és természetvédelmi lexikon. Budapest: Akadémiai kiadó
 67. LILLE METROPOLE (2011): Biomethane production and its use in captive fleets Lille MetropoleExperience, http://www.polisnetwork.eu/uploads/Modules/PublicDocuments/biogasmx-torun_lille.pdf, utolsó letöltés: 2013. május 15.
 68. LANDWIRTSCHAFTLICHE LEHRANSTALTEN, LLA (2013): Triesdorfer Energiepflanzentag 2013, Triesdorfi Energiakonferencia, 2013. Június 11, Triesdorf, Németország.
 69. LPV (2013): Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen mit der Landwirtschaft, <http://www.lpv.de> utolsó letöltés: 2013. június 6.
 70. Magyar Közlöny (2010): A megújuló energia közlekedési célú felhasználásának előmozdításáról és a közlekedésben felhasznált energia üvegházhatású gáz kibocsátásának csökkentéséről 2010. évi CXVII. Törvény, Budapest: Magyar Közlöny 176
 71. MBSZ (2013): A Magyar Biomassza Szövetség közleménye, http://nol.hu/gazdasag/vamteherrel_sujtja_az_eu_az_import_bioetanolt, utolsó

- letöltés: 2013. május 13.
72. MEZŐGAZDASÁGI GÉPESÍTÉSI INTÉZET (2012): Költségelőrejelzés, <http://www.agrarunio.hu/hir/iranymutato-gepimunka-koltsegek-2012-ben-7045.html>, utolsó letöltés, 2013. április 2.
 73. MGKKE (2011): Gázutak, <http://www.mgkke.hu/oldal/gazkutak>, utolsó letöltés: 2012. november 13.
 74. NÉMETH K. (2011): Dendromassza-hasznosításon alapuló decentralizált hőenergia-termelés és felhasználás komplex elemzése, PhD értekezés, Keszthely
 75. Nemzeti Cselekvési Terv (2011) <http://www.kormany.hu/hu/nemzeti-fejlesztesi-miniszterium/klima-es-energiaugyi-allamtitkarsag/hirek/nyilvanos-magyarorszag-megujulo-energia-hasznositasi-cselekvesi-tervenek-vegleges-valtozata>
 76. Nemzeti Fenntartható Fejlődési Stratégia (2007) http://www.nfu.hu/ormany_által_elfogadott_nemzeti_fenntarthato_fejlodesi_strategia
 77. OIL-PRICE (2013): Crude Oil and Commodity Prices, http://www.oil-price.net/?gclid=CMryg9_b77YCFY623god0GAANw, utolsó letöltés: 2013. április 29.
 78. OPEC (2012): Fossil fuels lose little ground by 2035, OPEC World Oil Outlook 2012, <http://energyforumonline.com/7854/fossil-fuels-lose-ground-2035/>, utolsó letöltés: 2013. április 29.
 79. PÄDAM S. , BRIGHTMAN, T., PARKER, T., BHARDWA, M. (2010): Biomethane in five European cities, Biogasmax project, EC RTD: 019795
 80. PAPPAS Auto (2012): Környezetvédelem minimális áron, www.pappas.hu/.../aktualis/.../detail/?...AdB, utolsó letöltés: 2012. december 20.
 81. POPP J. (2013): A bioenergia szerepe az energiaellátásban, Gazdálkodás
 82. POPP J., SOMOGYI A., BÍRÓ T. (2010): Újabb feszültség a láthatáron az élelmiszer- és bioüzemanyag-ipar között? Gazdálkodás, 6 (54) 592-603. p.
 83. POPP J.; POTORI N. (Szerk) (2011): A biomassza energetikai célú termelése Magyarországon. Budapest: Agrárgazdasági Kutató Intézet 1-173p.
 84. POPP J.; SOMOGYI A. (2007): Bioetanol és biodízel: áldás vagy átok? (I) Bioenergia II, (1) 5-13 p.
 85. POPP J.; SOMOGYI A. (2007): Bioetanol és biodízel: áldás vagy átok? (II) Bioenergia II, (2) 3-13 p.
 86. PUCKER, J., JUNGMEIER, G., SIEGL, S., PÖTSCH, E.M. (2010): Kobilanz Biogas Erfolgsfaktoren zur nachhaltigen Nutzung der Biogastechnologie am Beispiel ausgehalter Biogasanlagen, Joanneum Research, Animal (2013), 7:s2, pp 283–291
 87. RES-LEGAL (2012): Legal sources on renewable energy, <http://www.res-legal.eu/search-by-country/netherlands/single/s/res-e/t/promotion/aid/premium-tariff-sde/lastp/171/>, utolsó letöltés: 2012. november 6.
 88. ROOS K. (2004): Status of existing and Emerging Biogas production and Utilization Systems, AgSTAR Program, US EPA conference, <http://www.epa.gov/agstar/documents/conf04/rooswedam.pdf> utolsó letöltés: 2012. október 27.
 89. SCHUMACHER K.P. (2011): Land-use competition between industrial livestock farming and biogas in the Oldenburger Muensterland, <http://www.pecsrl2012.com/site/images/upload/samenvattingen/A6005%20Schumacher%20Kim%20Philip%20001-12-11%20def.pdf>, utolsó letöltés: 2012. október 5.
 90. SIMON L. (2006): Toxikus elemek akkumulációja, fitoindikációja és fitoremediációja a talaj-növény rendszerben, MTA Doktori értekezés
 91. SIPOS GY. (2006): A szántóföldi energianövényekből előállított bioüzemanyagok versenyképessége, Nemzetközi tudományos konferencia, Az alternatív energiaforrások hasznosításának gazdasági kérdései, Sopron, Nyugat-magyarországi Egyetem, CD-kiadvány, ISBN: 978-963-9364-82-0

92. SIPOS GY. (2008): Application of by-products of bioetanol production in feeding, environmental and feeding safety concerns of utilization. Gyöngyös: XI. Nemzetközi Tudományos Napok, in full paper (II). 576-582 p.
93. SIPOS GY., URBÁNYI B., VASA L., KRISZT B. (2007): A bioetanol-gyártás melléktermékek alkalmazása. Gazdasági Tükörcép Magazin. http://www.gtm.hu/cikk.php?cikk_id=664
94. SOMOGYI A. (2012): Az első generációs bioüzemanyag-piac komplex értékelése, doktori (PhD) disszertáció, Szent István Egyetem, Gödöllő
95. SOMOGYI A., SIPOS GY. (2009): The Energy-safety in terms of land utilization. Debrecen: 4th Aspects and Visions of Applied Economics and Informatics, in full paper (I). 147-153. p.
96. SÜTŐ V., HOMOLA A. (2010): Szennyvíziszap hasznosítás, elhelyezés jelene és jövője Magyarországon, http://www.google.hu/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CDQQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.maviz.org%2Fsystem%2Ffiles%2Ffilemanager%2Fprivate%2Factive%2F5%2FSuto_Vilmos_-_Szennyviz_iszap_hasznositas.doc&ei=KlWvUKeJJ4zQsgaI9oDADQ&usq=AFQjCN GIP3PXUI5rR4cRusojEz1Lg1SALg&sig2=0E-v7V5iVNhM4EqQkc58LQ, utolsó letöltés: 2012. november 23.
97. SZÜCS I., FEKETÉNÉ, F.M., DOBÓ E., SZAKÁCS T., SZŐCS L., M. K. SINGH., (2006): Dynamic Potential Of Bioenergy: Energy For Sustainable Development. In: Farkas I (szerk.) „12th workshop on Energy and Environment”, Gödöllő, 15. p.
98. SZÜCS I., FARKASNÉ F. M., VINOGRADOV SZ. (2008): Földminőség, földérték és fenntartható földhasználat az Európai Unió adottságok között. NKFP-2004-4/015. számú kutatás Zárójelentése. Gödöllő
99. TAMÁS J. (2010): Természeti erőforrások és zöld ipar, Kárpát –medencei Területfejlesztési Nyári Egyetem, „A területi kohézió jövője”, Debrecen, http://www.mrtt.hu/nyari_egyetem/eloadasok/tamas.pdf, utolsó letöltés: 2012. november 12.
100. TECHNISCHE UNIVERSITAT WIEN (2012): Biogázból biometán- technológiai áttekintés, http://www.fedarene.org/documents/projects/Biomethane/BMR_D.3.1.1_BiogasUpgrading_TechReview/BMR_D.3.1.1_BiogasUpgrading_TechReview_HU.pdf, utolsó letöltés: 2012. november 5.
101. TERRÓN J.A. (2011): Experiences on Natural gas urban transport buses, <http://www.ngvireland.com/download/ngv2011/juanAngelTerronAlonso.pdf>, utolsó letöltés: 2012. december 21.
102. TIHANYI L., CSETE J., SZUNYOG I., HORÁNSZKY B. (2012): Helyzetjelentés a biogázzal és a biometánnal 2012 elején, Műszaki Földtudományi Közlemények, 83. 1. pp. 237-248.
103. UELLEND AHL H., Wang G., Møller H., Jørgensen U., Skiadas I.V., Gavala H.N., Ahring B.K. (2009): Energy balance and cost –benefit analysis of biogas production from perennial energy crops pretreated by wet oxidation, http://www.crpa.it/media/documents/crpa_www/progetti/seq-cure/documentazione/area-riservata/uellendahl_vadswec.pdf, utolsó letöltés: 2012. november 10.
104. UNFCCC (1994): Egyesült Nemzetek Éghajlatváltozási Keretegyezménye. http://unfccc.int/essential_background/convention/items/2627.php
105. USA Energy Policy Act of 2005, <http://www.govtrack.us/congress/bill.xpd?bill=h109-6>
106. USDA (2011): Long-term Projections, <http://www.ers.usda.gov/Publications/OCE111/OCE111a.pdf>, utolsó letöltés: 2013.

- május 13.
107. USDA (2013): Oil crops yearbook, <http://usda.mannlib.cornell.edu/MannUsda/viewStaticPage.do?url=http://usda.mannlib.cornell.edu/usda/ers/89002/2009/index.html>, utolsó letöltés: 2013. május 13.
 108. USDA-Foreign Agricultural Service (2012): Grain report, <http://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Rapeseed%20Production%20Somewhat%20Better%20than%20Expected%20Vienna%20EU27%208-5-2011.pdf>, utolsó letöltés: 2012. november 4.
 109. VASHEGYI I., SIPOS GY., FODOR, F. (2011): Chelator –enhanced lead uptake, accumulation in energy grass, International Journal of Phytoremediation, 13. 302-315 p.
 110. VÁSÁRHELYI RÓNA KFT (2013): Aktuális gépi szolgáltatás árajánlat
 111. VESZPRÉM MEGYE ÖNKORMÁNYZATA (2009): Veszprém megye környezetvédelmi terve 2011-2016. Helyzetértékelés, <http://veszpremmegye.hu/letoltesek/kornyezetvedelem/2011/helyzetertekeles.pdf>, utolsó letöltés: 2012. november 30.
 112. VIDÉKFEJLESZTÉSI MINISZTERIUM (VM) (2012): 2015-ig nem kell visszasajtolni a termálvizet, <http://www.kormany.hu/hu/videkfejlesztesi-miniszterium/agrargazdasagert-felelos-allamtitkarsag/hirek/2015-ig-nem-kell-visszasajtolni-a-termalvizet>, utolsó letöltés: 2013. június 6.
 113. VM ASZK (2013): Gépi földmunkák szolgáltatási díjai, árajánlat 2013. március 19.

9 MELLÉKLETEK

9.1 A HASZNÁLT MÉRTÉKEGYSÉGEK ÁTVÁLTÁSA

- CO_{2eq} (széndioxid-egyenérték) – az egyes üvegházhatású gázok által okozott üvegházhatás-növekedéssel egyenértékű hatást kiváltó CO₂ mennyisége
- J (joule) – az energia SI mértékegysége, 1 GJ = 0,2778 MWh = 0,0239 toe
- toe (tonna olajegyenérték) – szabvány, egy tonna kőolaj fűtőértékén alapuló mértékegység
1 toe = 41 868 GJ = 11 630 kWh
- Btu (British thermal unit) - Megközelítőleg 1,055 joule-nak megfelelő energiaegység, Észak Amerikában az olajok (energia tartalmának) fűtőértékét jelenti.
- W (watt) – a teljesítmény SI-ből származtatott mértékegysége, 1 W = 1 J/s
- Wh (wattóra) – az energia SI-n kívüli, széleskörűen használt mértékegysége, 1 GWh = 3600 GJ = 85,9845 toe

A mértékegységeknél használt SI előtétek

k kilo = $\times 10^3$

M mega = $\times 10^6$

G giga = $\times 10^9$

T tera = $\times 10^{12}$

P peta = $\times 10^{15}$

9.2 AZ EURÓPAI UNIÓ ENERGIA-FÜGGŐSÉGE TAGORSZÁGONKÉNT SZÁZALÉKBAN

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
EU27	46,69	47,39	47,56	48,97	50,24	52,46	53,67	52,98	54,64	53,73	52,68	53,84
Belgium	78,09	80,6	77,53	79,61	79,79	80,11	79,75	77,05	79,86	74,33	76,84	72,9
Bulgária	46,48	46,28	46,71	46,81	48,41	47,5	46,25	51,34	52,14	45,34	40,33	36,63
Csehország	23	25,35	26,57	25,3	25,71	28,25	27,8	25,04	27,9	26,97	25,6	28,61
Dánia	-35,32	-28,37	-42	-31,78	-47,49	-50,9	-35,94	-24,73	-22,9	-20,65	-18,21	-8,46
Németország	59,51	60,96	60,27	60,79	60,82	61,17	60,74	58,11	60,53	61,5	59,78	61,08
Észtország	32,03	32,14	29,47	26,31	28,43	25,39	28,49	23,81	24,02	21,16	12,93	11,7
Írország	84,41	89,32	88,77	89,37	90,28	89,41	90,49	87,92	89,46	87,63	85,62	88,9
Görögország	69,48	68,93	71,47	67,51	72,69	68,57	71,84	71,25	73,32	67,76	69,11	65,26
Spanyolország	76,62	74,73	78,46	76,66	77,62	81,47	81,2	79,65	81,27	79,28	76,69	76,44
Franciaország	51,54	50,7	51,03	50,58	50,79	51,69	51,45	50,44	50,84	51	49,3	48,86
Olaszország	86,54	83,29	85,98	83,93	84,73	84,41	87,01	85,09	85,31	82,75	83,78	81,29
Ciprus	98,6	96,06	100,54	96,05	95,42	100,69	102,49	95,87	97,56	96,42	100,89	92,61
Lettország	59,71	58,94	57,91	62,46	68,84	63,04	65,74	61,51	57,93	58,83	41,62	59,05
Litvánia	59,82	46,91	42,19	44,33	47,07	57,11	62,39	61,3	58,17	50,18	81,92	81,81
Luxemburg	99,6	97,37	98,58	98,39	97,91	97,39	98,24	96,73	97,5	97,57	96,82	97,37
Magyarország	55,18	53,58	56,9	62	60,96	63,17	62,69	61,32	63,37	58,72	58,26	52,03
Málta	100,25	99,82	99,82	99,84	99,85	100	100	100	100	98,3	100,79	100,58
Hollandia	38,66	34,29	34,07	37,79	30,77	38,37	37,45	38,88	34,4	36,5	30,69	30,4
Ausztria	65,57	64,99	67,98	70,61	70,78	71,43	72,43	68,9	68,91	65,35	61,82	69,3
Lengyelország	10,64	10,36	11,3	13,14	14,59	17,6	20,03	25,64	30,57	31,67	31,51	33,74
Portugália	84,92	84,91	84,02	85,35	83,91	88,54	82,97	81,96	82,82	81,05	75,45	77,45
Románia	21,96	26,29	24,38	25,41	30,24	27,57	29,18	31,49	27,7	20,24	21,66	21,34
Szlovénia	52,58	50,23	50,45	53,45	52,18	52,31	52,05	52,49	55,13	48,18	49,3	48,35
Szlovákia	64,97	62,25	64,15	64,65	67,85	65,42	63,86	68,37	64,57	66,43	63,13	64,19
Finnország	55,3	55,1	52,17	58,84	54,54	54,22	53,82	53,05	54,24	54,05	48,14	53,76
Svédország	39,16	36,86	37,59	43,73	37,35	37,66	37,77	36,29	37,9	37,14	36,53	36,8
Nagy Britannia	-16,96	-9,39	-12,51	-6,52	4,58	13,48	21,17	20,42	26,17	26,2	28,27	36,04

Forrás: EUROSTAT, 2013

9.3 A HATEKONY BIOGÁZ TISZTÍTÁSI TECHNOLÓGIA

Paraméter	Vizes mosás	Szerves fizikai mosás	Aminos mosás	Nyomás-	Membrán
				váltásos adszorpció (PSA)	
Jellemző üzemméret tartomány [m³/óra biometán]					
jellemző metán tartalom a biometánban [vol%]	95,0-99,0	95,0-99,0	>99,0	95,0-99,0	95,0-99,0
metán kinyerés [%]	98	96	99,96	98	80-99,5
metán veszteség [%]	2	4	0,04	2	20-0,5
jellemző nyomás [bar(túl)]	4-8	4-8	0	4-7	4-7
villamos energia igény [kWhel/m³ biometán]	0,46	0,49-0,67	0,27	0,46	0,25-0,43
fűtési igény és hőmérséklet	-	közepes	magas	-	-
		70-80°C	120-160°C		
kéntelenítés szükségessége	eljárástól függ	igen	igen	igen	igen
fogyóeszköz igény	Lerakodás gátló adalék, szárítóanyag	szerves oldószer (nem veszélyes)	aminos oldószer (veszélyes, korrozív)	aktív szén (nem veszélyes)	
szabályozhatóság [%]	50-100	50-100	50-100	85-115	50-105
referenciaüzemek száma	magas	alacsony	közepes	magas	alacsony
Jellemző beruházási költség [€/ (m³/óra) biometán]					
100m³/óra biometánhoz	10 100	9 500	9 500	10 400	7 300-7 600
250m³/óra biometánhoz	5 500	5 000	5 000	5 400	4 700-4 900
500m³/óra biometánhoz	3 500	3 500	3 500	3 700	3 500-3 700
Jellemző üzemeltetési költségek					
[ct/m³ biometán]					
100m³/óra biometánhoz	14	13,8	14,4	12,8	10,8-15,8
250m³/óra biometánhoz	10,3	10,2	12	10,1	7,7-11,6
500m³/óra biometánhoz	9,1	9	11,2	9,2	6,5-10,1
Forrás: TUW, 2012					

9.4 A „SZARVASI-1” ENERGIAFŰ EURÓPAI FAJTAOLTALMI TANÚSÍTVÁNYA



TANÚSÍTVÁNY

A KÖZÖSSÉGI FAJTAOLTALMI JOG MEGADÁSÁRÓL

AZ EU 27 FEBRUÁR 2006 NAPON HOZOTT 16991 SZÁMÚ DÖNTÉSE ALAPJÁN, A KÖZÖSSÉGI FAJTAOLTALMI JOGOKRÓL SZÓLÓ 2100/94/EK TANÁCSI RENDELET FIGYELEMBE VÉTELÉVEL A FENT JELZETT DÖNTÉS DÁTUMÁTÓL KEZDŐDŐ HATÁLYAL A KÖZÖSSÉGI NÖVÉNYFAJTA HIVATAL A KÖZÖSSÉGI FAJTAOLTALMI JOGOKAT

MEZŐGAZDASÁGI KUTATÓ-FEJLESZTŐ KHT.
SZABADSÁG ÚT 30
HU - 5540. SZARVAS,

MINT A FAJTAOLTALOM JOGOSULTJA RÉSZÉRE BIZTOSÍTJA.

A JOGOSULT KÉPVISELETÉT ADVOPATENT SZABADALMI ÉS VÉDJEGY IRODA LÁTJA EL,

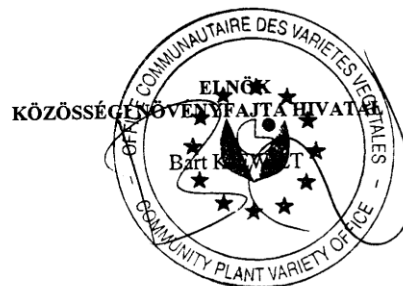
AKINEK/AMELYNEK SZÉKHELYE VAGY TELEPHELYE HU ORSZÁGBAN 1011 BUDAPESTFŐ U. 19 CÍMEN TALÁLHATÓ.

A *Elytrigia elongata* (Host) Nevski FAJTA NEVE : SZARVASI 1

A LEJÁRAT IDŐPONTJA : 31 DECEMBER 2031

A KÖZÖSSÉGI FAJTAOLTALMI JOG AZ EURÓPAI UNIÓ BELÜL MINDENHOL EGYSÉGESEN HATÁLYOS ÉS JELENLEGI TERÜLET TEKINTETÉBEN KIZÁRÓLAG EGYSÉGES RENDELKEZÉS ALAPJÁN ADHATÓ ÁT. A JOGUTÓDLÁSRÓL A JOGOSULT A KÖZÖSSÉGI FAJTAOLTALMI JOGOKRÓL SZÓLÓ 2100/94 SZÁMÚ TANÁCSI RENDELETNEK MEGFELELŐEN RENDELKEZHET.

EZ A TANÚSÍTVÁNY NINCS HATÁSSAL A JOGOSULTNAK ARRÁ A KÖTELEZETTSÉGÉRE, HOGY A KÖZÖSSÉGI FAJTAOLTALMI JOG TARTAMÁIG MINDEN ÉVBEN BE KELL FIZETNIE AZ ESEDÉKES DÍJAKAT.





EURÓPAI UNIÓ

KÖZÖSSÉGI NÖVÉNYFAJTA HIVATAL

DÖNTÉS
(Szám.: 16991)

A közösségi fajtaoltalmi ügyekben illetékes bizottság a 2100/94/EK Tanácsi Rendelet (továbbiakban „a rendelet”) 62. cikke alapján úgy döntött, hogy a fajtaoltalmi jogot

SZARVASI 1 elnevezésű

2005/0499 bejelentési számú

Elytrigia elongata (Host) Nevski fajhoz tartozó növényfajta részére biztosítja.

A bejelentő **MEZŐGAZDASÁGI KUTATÓ-FEJLESZTŐ KHT.**
neve és címe : **SZABADSÁG ÚT 30**
HU - 5540 SZARVAS

Dátum: **27 FEBRUARY 2006**

A Közöségi Fajtaoltalmi jog megadása ügyében a bizottság a Rendelet 63. cikke alapján, az alábbi fajtamegnevezést hagyta jóvá:

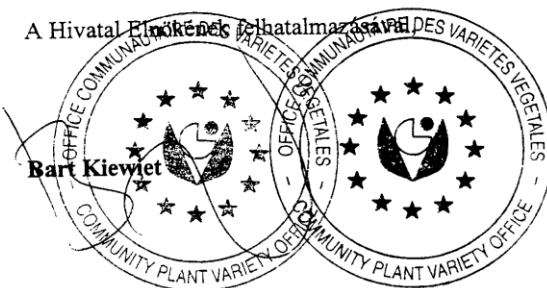
SZARVASI 1

Aláírás:

Dirk Theobald

Martin Ekvad

José Elena



Felhívjuk a kérelmező figyelmét arra, hogy jelen döntés ellen fellebbezést nyújthat be. A fellebbezési értesítést a kérelmezőnek írásban kell benyújtania a Közöségi Növényfajta Hivatalhoz a döntés kézbesítésétől számított két hónapon belül.

Felhívjuk a kérelmező figyelmét arra, hogy jelen döntés ellen a közvetlenül vagy egyénileg érintett harmadik fél is fellebbezhet. Az ilyen jellegű fellebbezésről szóló értesítést írásban kell benyújtani a Közöségi Növényfajta-Hivatalhoz, a döntés közzétételétől számított két hónapon belül.

A fellebbezési eljárás díjköteles.

Megértését köszönjük.

Variety description

1. Reference number of reporting authority:..... 009497
 2. Reference number of requesting authority:..... 2005/0499
 3. Breeder's reference:..... szarvasi 1
 4. Applicant (name and address):..... MEZŐGAZDASÁGI KUTATÓ-FEJLESZTŐ
KHT.
SZABADSÁG ÚT 30.
HU-5540 SZARVAS
-
5. Botanical name of taxon:..... Elytrigia Elongata (Host) Nevski
 6. Common name of taxon:..... Tall Wheatgrass
 7. Variety denomination:..... SZARVASI 1
 8. Date and/or document number of Test Guide-
line/**technical protocol**:..... Hungarian National Test Guidelines 2005
 9. Testing authority:..... OMMI, Budapest, Hungary
 10. Testing station(s) and place(s):..... Szarvas – Bikazug, Hungary
 11. Period of testing:..... 2002-2003
 12. Date and place of issue of document:..... 09/01/2006



13. **Group:** (if characteristics of number 15 are used for grouping they are marked with a G in that number)

14. Characteristics included in the UPOV Test Guidelines or national Test Guidelines:

National No.	Characteristics	State of Expression	Note	Remarks
1.	Leaf sheaths: anthocyanin coloration	absent or very weak	1	
2.	Leaf sheaths: hairiness	absent	1	
3.	Tendency to form inflorescence in year of sowing	absent or very weak	1	
4.	Leaf: hairiness	weak	3	
5.	Plant: growth habit in autumn	semi-erect	3	
6.	Plant: natural height in spring	tall	7	
7.	Time of inflorescence emergence	late	7	
8.	Plant: growth habit in spring	semi-erect	3	
9.	Flag leaf: length	long	7	
10.	Flag leaf: width	medium	5	
11.	Stem: length of longest stem	long	7	
12.	Stem: thickness	medium	5	
13.	Inflorescence: length	long	7	
14.	Second crop: height	medium	5	

15. Similar varieties and differences in relation to those varieties:

Denomination of similar variety	Characteristics, in which the similar variety is different	State of Expression of similar variety	State of Expression of the candidate variety
---------------------------------	--	--	--

16. Additional information:

- a) Additional data: —
- b) Remarks: —



2/2

9.5 A SZARVASI-1 ENERGIAFŰ TAKARMÁNYOZÁSI EREDMÉNYE

“MEZŐLABOR” Szolgáltató és Kereskedelmi KFT

8500 Pápa, Jókai Mór u. 32.



Számlánk:			Levelek száma:
Ügyintézőnk:	Simon Ákos	„Enyingi” Agrár ZRT	Kelte:
Bankszámlaszám:	Kínizsi Bank 73200196-11203238	Kiscséripuszta Szarvasmarha telep	Ügyintézőjük:
Telefon:	06-89-324-788		
Fax:	06-89-324-786		
E-mail:	labor@skm.hu		

Tárgy: Takarmányvizsgálat, értékelés

Pápa, 2012. 10.05

Mellékelten megküldjük az alábbi értékelést a 2012.09.27.-án kiadott 2489-2012 számú jegyzőkönyvben szereplő mintához.

Minta azonosító: 2489 Energia fű

A beküldött minta az érzékszervi vizsgálat alapján száraz, sárgászöld, a fűszalmához és a gabonaszalmákhoz hasonló küllemmel rendelkezik

Beltartalmi értékei, és a rostfrakciókra kapott értékek is ezt támasztják alá, ezért (mivel emészthetőségi adatok nem állnak rendelkezésünkre) a számított értékek megadásánál a fűszalmára vonatkozó adatokat használtuk.

A mérési adatokból megállapítható, hogy az energiafű a fűszalmánál és a gabonaszalmáknál alacsonyabb hamutartalommal, és a fűszalmához hasonló, a gabonaszalmáknál kissé magasabb fehérje tartalommal rendelkezik. A rost és rostösszetevőkre kapott értékek hasonlóak a gabonaszalmákéhoz. A számított értékek (metabolizálható fehérjék, energia értékek) a gabonaszalmákénál kicsit magasabbak.

A fenti megállapításokat az alábbi táblázat alapján tettük. A táblázatban közölt adatok 100% szárazanyagra vonatkoznak.

	Mérték- egység	Búzaszalma	Árpastralma	Fűszalma	Energiafű
Nyers hamu	g/kg	61	60	70	50
Nyers fehérje	g/kg	34	38	52	46
Nyers zsír	g/kg	13	19	15	17
Nyers rost	g/kg	468	409	411	394

1/2

“MEZŐLABOR” Szolgáltató és Kereskedelmi KFT**8500 Pápa, Jókai Mór u. 32.**

Számnok:			Levélük száma:
Ügyintézőnk:	Simon Ákos	„Enyingi” Agrár ZRT	Kelte:
Bankszámlaszám:	Kínizsi Bank 73200196-11203238	Kiscséripuszta Szarvasmarha telep	Ügyintézőjük:
Telefon:	06-89-324-788		
Fax:	06-89-324-786		
E-mail:	labor@skm.hu		

	Mérték- egység	Búzaszalma ősz	Árpa szalma tavaszi	Fűszalma	Energiafű
NDF	g/kg	820	783	753	770
ADF	g/kg	558	510	491	454
ADL	g/kg	77	54	74	54
MFE	g/kg	46,2	53,4	57	57,1
MFN	g/kg	17	22,4	29,7	26,5
NEm	MJ/kg	2,89	3,48	3,64	3,82
NEg	MJ/kg	0,67	1,22	1,38	1,54
NEI	MJ/kg	2,94	3,45	3,6	3,7

Kérjük a fentiek szíves tudomásul vételét.

Készítette

Benecz Sándor

Laboratóriumvezető



Cím: 8500 Pápa
Jókai u. 32.
Tel.: 06-89-324-788
Fax: 06-89-324-786
E-mail: labor@skm.hu

"MEZŐLABOR"
Szolgáltató és Kereskedelmi KFT

Nyilv.szám: R/0033/2006
Web: www.mezolabor.hu

A NAT által NAT-1-1400/2012 számon akkreditált vizsgálólaboratórium.

Vizsgálati Jegyzőkönyv



Megrendelő neve: Enyingi Agrár Zrt.
Címe: 8130 Enying Kossuth u. 42

Mintavétel helye:
Helység: Kiscsérpuszta alsó telep
Vállalat:
Mintavétel ideje: 2012.09.18 **Minta beérk. ideje:** 2012.09.18

Minta megnevezése: Energia fű

Küllem, szín, szag: Száraz, sárgás zöld

Minta azonosító: 2489 **Vizsgálatok kódja:** IV/a+ADF,NDF, ADL

Jegyzőkönyv azonosító: 2489-2012

Kód	Megnevezés	Vizsgálati érték		Mérési bizonytalanság	Vizsgálati módszer
		Eredetiben	Sz.a.-ban		
	Nedvesség g/kg	75	0,00	± 8,0% R	MTK 2004 III. 4.
3	Szárazanyag g/kg	926	1 000		
20	Nyers hamu g/kg	46	50	± 4g/kg A	MSZ ISO 5984 : 1992 (visszavont sz.)
5	Nyers fehérje g/kg	43	46	± 4g/kg A	MSZ 6830-4 : 1981 (visszavont sz.)
11	Nyers zsír "A" g/kg	16	17	± 4g/kg A	MSZ 6830-5 : 1984
10	Nyers rost g/kg	365	394	± 14g/kg A	MSZ- 6830-7 : 1981 (visszavont sz.)
	N.m.k.a. g/kg	456	492		
	Em.fehérje szám g/kg	16	17		
22	Ca g/kg	2,3	2,4	± 20,0% R	MSZ EN ISO 6866 : 2001
25	P g/kg	1,0	1,1	± 20,0% R	MSZ ISO 6491 : 2001
10/a	ADF g/kg	420,00	453,81		MTK 1990.II.8.2.
10/b	NDF g/kg	713,00	770,39		MTK 1990.II.8.2.
10/c	ADL g/kg	50,00	54,02		MTK 1990.II.8.2.

FM kód	Energia+MF adatok		
	Megnevezés	Mértékegység	Érték
8	MFE	g/kg szárazanyag.	57,10
	MFN	g/kg szárazanyag.	26,50
	NEm	MJ/kg szárazanyag.	3,82
	NEg	MJ/kg szárazanyag.	1,54
	NEI	MJ/kg szárazanyag.	3,70
	UDP	g/kg szárazanyag.	18,6

Megjegyzés:

A vizsgálati eredmények a laboratóriumba beérkezett mintára vonatkoznak. Az eredmények megengedett eltéréseire a 43/2003. (IV.26.) FVM rendelet 15.sz.mellékletében megadott eltérések érvényesek.

A vizsgálati jegyzőkönyvet a laboratórium írásbeli engedélye nélkül csak teljes terjedelmében szabad lemásolni.

A *-gal jelölt vizsgálatokra a laboratórium NAT által nem akkreditált.

1/1

Jegyzőkönyv kiadási ideje:
2012.09.27

Benecz Sándor
laboratóriumvezető

9.6 2013. JANUÁR 1-TŐL ALKALMAZOTT HATÓSÁGI ÁTVÉTELI ÁRAK

A kötelező átvételű villamos energia átvételi árai ¹ (ÁFA nélkül), HUF/kWh								
Kategória			2012. január 1-től			2013. január 1-től		
			Csúcs ²	Völgy ²	Mély völgy ²	Csúcs ²	Völgy ²	Mély völgy ²
Megújuló energiaforrásból nyert villamos energia	A MEH 2008. 01.01. előtt (vagy addig benyújtott kérelemre) hozott határozata alapján termelt (kivéve 5 MW-nál nagyobb vízerőmű) [KR. 4. § (1) bekezdés]	Nap- és szélenergiaforrásból termelt [KR. 1. számú melléklet 1. b) pont]	31,91	31,91	31,91	33,76	33,76	33,76
		Nem nap- és szélenergiaforrásból termelt [KR. 1. számú melléklet 1. a) pont]	35,65	31,91	13,03	37,72	33,76	13,78
	A MEH 2008. 01.01. után hozott határozata ⁶ alapján termelt (kivéve: 5 MW-nál nagyobb vízerőmű, 50 MW-nál nagyobb egyéb erőmű) [KR. 4. § (2)-(3), (6) bekezdés]	20 MW vagy annál kisebb naperőműben termelt [KR. 1. számú melléklet 2. b) pont]	30,71	30,71	30,71	32,18	32,18	32,18
		20 MW vagy annál kisebb erőműben (kivéve: naperőmű) termelt [KR. 1. számú melléklet 2. a) pont]	34,31	30,71	12,53	35,96	32,18	13,13
		20 MW-nál nagyobb, de legfeljebb 50 MW-os erőműben termelt (kivéve: szélenergiaforrásból 2008. nov. 30-tól) [KR. 1. számú melléklet 3. a) pont]	27,45	24,57	10,02	28,76	25,75	10,50
		20 MW-nál nagyobb, de legfeljebb 50 MW-os szélenergiaforrásból 2008. nov. 30-tól termelt [KR. 1. számú melléklet 3. b) pont]	34,31	30,71	12,53	35,96	32,18	13,13
		Használt berendezést ³ is tartalmazó erőműben termelt [KR. 1. számú melléklet 4. pont]	21,34	13,66	13,66	22,36	14,31	14,31
	5 MW-nál nagyobb vízerőműben, 50 MW-nál nagyobb egyéb erőműben termelt [KR. 4. § (4) bekezdés; 1. számú melléklet 4. pont]		21,34	13,66	13,66	22,36	14,31	14,31
Hulladékból nyert energiával termelt villamos energia	[KR. 4. § (5) bekezdés; 1. számú melléklet 5. pont]	32,19	22,18	11,57	33,73	23,24	12,13	

Forrás: Energia Hivatal, 2013

9.7 AZ ÜVEGHÁZHATÁSÚ GÁZKIBOCSÁTÁS-MEGTAKARÍTÁS JELLEMZŐ ÉS ALAPÉRTELMEZETT ÉRTÉKEI

Bioüzemanyag-előállítási mód	ÜHG-kibocsátás-megtakarítás jellemző értéke (százalék)	ÜHG-kibocsátás-megtakarítás alapértelmezett értéke (százalék)
Cukorrépa-etanol	61	52
Búza-etanol (a feldolgozáshoz használt üzemanyag földgáz hagyományos kazánban)	45	34
Búza-etanol (a feldolgozáshoz használt üzemanyag szalma kogenerációs erőműben)	69	69
Kukorica-etanol, Közösségben előállított (a feldolgozáshoz használt üzemanyag földgáz kogenerációs erőműben)	56	49
Cukornád-etanol	71	71
Repce-biodízel	45	38
Napraforgó-biodízel	58	51
Szójabab-biodízel	40	31
Zöldség hulladékból vagy állati eredetű olajokból előállított biodízel	88	83
Biogáz organikus háztartási hulladékból sűrített földgázként	80	73
Biogáz nedves trágyából sűrített földgázként	84	81
Biogáz száraz trágyából sűrített földgázként	86	82
Búzaszalma-etanol	87	85
Hulladékfa-etanol	80	74
Hulladékfa alapú <i>Fischer-Tropsch</i> dízel	95	95
Hulladékfa-dimetil-éter	95	95
Hulladékfa-metanol	94	94

Forrás: 2009/28 EK irányelv

9.8 ECONOMIC SPECIFICATION OF NEW RES

RES-E sub-category	Plant specification	Investment costs	O&M costs	Efficiency (electricity)	Efficiency (heat)	Lifetime (average)	Typical plant size
		[€/kW _{el}]	[€/kW _{el} *year]	[t]	[t]	[years]	[MW _{el}]
Biogas	Agricultural biogas plant	2550 - 4290	115 - 140	0.28 - 0.34	-	25	0.1 - 0.5
	Agricultural biogas plant - CHP	2765 - 4525	120 - 145	0.27 - 0.33	0.55 - 0.59	25	0.1 - 0.5
	Landfill gas plant	1350 - 1950	50 - 80	0.32 - 0.36	-	25	0.75 - 8
	Landfill gas plant - CHP	1500 - 2100	55 - 85	0.31 - 0.35	0.5 - 0.54	25	0.75 - 8
	Sewage gas plant	2300 - 3400	115 - 165	0.28 - 0.32	-	25	0.1 - 0.6
	Sewage gas plant - CHP	2400 - 3550	125 - 175	0.26 - 0.3	0.54 - 0.58	25	0.1 - 0.6
Biomass	Biomass plant	2225 - 2995	84 - 146	0.26 - 0.3	-	30	1 - 25
	Cofiring	450 - 650	65 - 95	0.37	-	30	-
	Biomass plant - CHP	2600 - 4375	86 - 176	0.22 - 0.27	0.63 - 0.66	30	1 - 25
	Cofiring - CHP	450 - 650	85 - 125	0.2	0.6	30	-
Biowaste	Waste incineration plant	5500 - 7125	145 - 249	0.18 - 0.22	-	30	2 - 50
	Waste incineration plant - CHP	5800 - 7425	172 - 258	0.14 - 0.16	0.64 - 0.66	30	2 - 50
Geothermal Electricity	Geothermal power plant	2575 - 6750	113 - 185	0.11 - 0.14	-	30	5 - 50
Hydro large-scale	Large-scale unit	850 - 3650	35	-	-	50	250
	Medium-scale unit	1125 - 4875	35	-	-	50	75
	Small-scale unit	1450 - 5750	35	-	-	50	20
	Upgrading	800 - 3600	35	-	-	50	-
Hydro small-scale	Large-scale unit	975 - 1600	40	-	-	50	9.5
	Medium-scale unit	1275 - 5025	40	-	-	50	2
	Small-scale unit	1550 - 6050	40	-	-	50	0.25
	Upgrading	900 - 3700	40	-	-	50	-
Photovoltaics	PV plant	2950 - 4750	30 - 42	-	-	25	0.005 - 0.05
Solar thermal electricity	Concentrating solar power plant	3600 - 5025	150 - 200	0.33 - 0.38	-	30	2 - 50
Tidal stream energy	Tidal (stream) power plant - shoreline	5650	145	-	-	25	0.5
	Tidal (stream) power plant - nearshore	6825	150	-	-	25	1
	Tidal (stream) power plant - offshore	8000	160	-	-	25	2
Wave energy	Wave power plant - shoreline	4750	140	-	-	25	0.5
	Wave power plant - nearshore	6125	145	-	-	25	1
	Wave power plant - offshore	7500	155	-	-	25	2
Wind onshore	Wind power plant	1125 - 1525	35 - 45	-	-	25	2
Wind offshore	Wind power plant - nearshore	2450 - 2850	90	-	-	25	5
	Wind power plant - offshore: 5...30km	2750 - 3150	100	-	-	25	5
	Wind power plant - offshore: 30...50km	3100 - 3350	110	-	-	25	5
	Wind power plant - offshore: 50km...	3350 - 3500	120	-	-	25	5

Forrás: ECOFYS, 2011