

SZENT ISTVÁN EGYETEM
GÖDÖLLŐ

**A „SZARVASI-1” ENERGIAFŰ HELYE A MEGÚJULÓ
ENERGIATERMELÉSBEN**

Doktori (PhD) értekezés tézisei

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

1. A munka előzményei – 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 IPCC (2007) különböző faktorok – a Föld népességének növekedése, a gazdasági növekedés és az ÜHG kibocsátás – alapján vizsgálta a légkör hőmérséklet-változását.

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 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.

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.

2. A disszertáció célkitűzései

A dolgozatom célja összefoglalva 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.

A disszertáció kutatási területét ennek megfelelően határoztam meg. Dolgozatomban a biomassza alapanyagok felhasználásának lehetőségére kerestem a választ gazdasági, politikai, élelmezés-, 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 kívántam rámutatni. Mivel kutatásom egyik fő célja a biogázból nyerhető üzemanyag, vagyis a biometán felhasználhatóságának és gazdaságossági kérdéseinek feltárása, ezért fontos szempont volt a biometán termelés aktuális és lehetséges mezőgazdasági alapanyagainak bemutatása. A metánkihozatal, a szárazanyag tartalom függvényében részletesen vizsgálom a „Szarvasi-I” energiafűvet, annak biogáz alapanyagként történő felhasználásának jövőjét, és összehasonlítom a jelenleg használatos siókukorica értékeivel.

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 energianövényekkel, pl. „Szarvasi-I” 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-I” energiafűvel

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.

A fentiek alapján dolgozatomban öt hipotézisre keresem a konkrét válaszokat:

Hipotézis 1. (H1) – A biomasszából előállítható bio-hajtóanyagok közül a biogázban rejlő potenciális fejlődési és fejlesztési lehetőség meghaladja az első generációs, élelmiszernövényekből 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 alapanyagként. 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.

Anyag és módszer

A hazai és nemzetközi szakirodalom által jegyzett források adták a kutatómunkám tudományos alapját. A disszertációban megfogalmazott kérdések megválaszolását a kiemelt jelentőségű külföldi és magyar szakirodalom áttekintése és rendszerezése segítette. A bioüzemanyagokra, azon belül is a biogázra vonatkozó szakirodalom feldolgozásával a nemzetközi piac átfogó megismerésén túlmenően, a magyar lehetőségek feltárása is lehetővé vált. Ezzel a jelenlegi problémák megoldásához is közelebb juthatunk.

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.

A jelentősebb témakörök szerint összegezve kiemelendők az alábbi szerzők alkotásai:

- A megújuló energiaforrásokra vonatkozó elméleti összefüggéseket részletesen elemzi többek között Láng, Fogarassy-Neubauer, Farkasné, Popp és Somogyi.
- A biomassza, mint lehetséges megújuló energiaforrás potenciálját tárgyalja Popp-Potori (szerk), Popp, Jobbágy-Bai-Juhász, Gyuricza.
- A közlekedésben használható alternatív hajtóanyagok, mint a bioetanol, biodízel és biometán nemzetközi és hazai vizsgálatához Somogyi, Popp-Potori (szerk), Popp-Somogyi-Bíró, Bai, Gyulai, Sipos-Somogyi, Sipos et al, Popp, Bai-Jobbágy, Hajdú, Popp-Somogyi, Uellendhal et al. munkái járultak hozzá.
- A biogáz és az ebből nyerhető biometán üzemanyag perspektíváját Gyuricza, Tihanyi et al, Kapros-Csete-Szunyog, Hopfner-Sixt, Kirchmayer, Pucker et al, Jobbágy-Bai-Juhász, Schumacher, Pädams et al. és Terrón tudományos cikkei tárgyalják. A számításaimhoz szükséges alapadatokat a Budapesti Közlekedési Központ (BKK), Fővárosi Csatornázási Művek (FCSM), valamint a Budapesti Központi Szennyvíztisztító Telep (BKSZT)

- A „Szarvasi-I” energiafűre vonatkozó konkrét vizsgálatok eredményeit Geißendorfer, Sipos és Fodor-Vashegyi-Sipos publikálták.
- A silókukorica és a „Szarvasi-I” energiafű termesztésére vonatkozó költség és bevételi adatokat a Pálhalmi Agrospeciál Kft és a Bikazugi Mezőgazdasági Nonprofit Kft szolgáltatották.
- A biogázra vonatkozó komplex kutatómunka keretében a következő hazai és nemzetközi intézmények alapadatainak feldolgozására törekedtem: Agrárgazdasági Kutató Intézet, Központi Statisztikai Hivatal, Magyar Biogáz Egyesület, Magyar Energia Hivatal valamint Eurostat, FAO, US Department for Agriculture, Environmental Protection Agency, European Biomass Association, Technische Universität Wien, European Biodiesel Board, Landwirtschaftlichen Lehranstalten, Bikazugi Mezőgazdasági Nonprofit Kft. és ELTE Növényélettani és Molekuláris Növénybiológiai Tanszék.

A disszertációhoz kapcsolódó alapvető szakirodalmi források mellett, további információt nyújtottak a témával szűkebb és tágabb értelemben foglalkozó folyóiratok, tanulmányok és szakmai vitaanyagok. A nemzetköziek közül kiemelt érdemel a *F.O.Licht*, *Environmental Impact Assessment Review*, *Natural Resources Research*, *AgraFacts*, és az *Európai Tükör*, *Gazdálkodás*, *Statisztikai Tükör*, *Tudomány* című folyóiratok, mint hazai források.

További elsődleges forrásként tüntettem fel az Európai Unió Bizottságának, az Európai Parlamentnek és az OECD megjelentetett dokumentumait, valamint a szakmai konferenciákon, üzleti megbeszéléseken megszerezhető információk összességét.

Módszerek

Kutatómunkám célkitűzéseivel kapcsolatban feltett Miért? Mit? Mikor? Hol? és Hogyan? kérdések komplex megválaszolására törekedtem a „Szarvasi-I”energiafű a megújuló energiatermelésben betöltött helyének vonatkozásában. Kifejtettem és megmagyaráztam a vizsgálandó fogalmakat, amelyek a fenntartható fejlődésre, a megújuló energiákra és a bioüzemanyagokra vonatkoznak.

Kiemelt figyelmet fordítottam a bioüzemanyagok terjedésével összefüggésbe hozható gazdasági, környezetvédelmi és társadalmi aspektusoknak, amelyeket nemzetközi kitekintésben vizsgáltam, a kutatás célkitűzéseinek megfelelően összegyűjtött alapadatokat elemeztem. Az első generációs bioüzemanyagok és a biogázhoz kapcsolódó szakirodalom feldolgozásakor összehasonlítást, dokumentumelemzést, komparatív elemzéseket végeztem, melyeket PESTEL (politikai, gazdasági, társadalmi, technológiai, környezetvédelmi) analízis alkalmazásával rendszereztem.

Önálló fejezetben foglalkozom a bioetanol, a biodízel és a biogáz, mint bioüzemanyagok előállításának kérdéseivel az élelmezés-, energia- és környezetbiztonság tükrében. A három bioüzemanyag helyzetét 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 növények közül kiválasztott négy növény (referencia: kukorica, „Szarvasi-I”energiafű, Óriás szilfium, Vesszős köles) szárazanyag tartalmának, friss tömeghozamának, száraz tömeghozamának, metán kihozatalának és metánhozamának kísérleti eredményeinek összegzésével.

A „Szarvasi-I”energiafű és a silókukorica termesztés gazdaságosságának (cost-benefit analysis, CBA) vizsgálatánál a primer és szekunder adatok feldolgozásához és rendszerezéséhez Microsoft Excel táblázatkezelő programot használtam az elemzéshez alkalmas képletekkel, mutatókkal, megbízhatósági faktoral.

A biometán nagyvárosi perspektívájának vizsgálatokor 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 „Szarvasi-1” energiafű egyéb irányú hasznosítási lehetőségei keretében bemutattam a szennyvíziszap kezeléssel történő termesztés kísérleti eredményeit, melyek magyar nyelven először doktori disszertációmban jelennek meg. A kísérlet során a szennyvíziszap 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 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 (biomasszaprodukciója), valamint növekedett-e akkumulációs képessége.

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.

Az ötödik hipotézisként felállított 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 pénzáram vizsgálattal, empirikus módszerrel és becslésekre alapozott számításokkal kívántam igazolni.

Jelentős mennyiségű szakmai tapasztalatot és ismeretet szereztem a Bikazugi Mezőgazdasági Non-profit Kft ügyvezetőjeként, melyeket empirikus módon ültettem át doktori disszertációmba. A kutatás előkészítése és megvalósítása során a külföldi és hazai konferenciákon való részvételből, saját szakmai anyagokból és a „Szarvasi-1” energiafűről szóló előadásokból szerzett ismereteket az értekezésbe beépítettem.

3. Eredmények

1. Az elmúlt 20 évben a fenntartható fejlődés legnagyobb kihívását és megoldandó problémakörét a globális CO₂-kibocsátás jelentette.

A világ energia-előállításának és energia-fogyasztásának mintegy 87%-a épül ma a fosszilis eredetű energiahordozókra. Ezért 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 (Oil Producing and -Exporting Countries) országok határozták meg a kőolaj árát. A kőolaj világpiaci árának ugrásszerű növekedése az elmúlt néhány évben az energiahordozók keresletének élénkülése mellett, Kína és India ipari termelésének fokozódó importenergia igényével is magyarázható. A növekvő kereslet értelemszerűen a kőolaj (és így a földgáz) árának emelkedését hozza magával, ami a mezőgazdasági input és így az output árak növekedését is determinálja. Ebből eredően alapvető politikai, gazdasági és társadalmi érdekünk a kőolajfüggőség csökkentése, és alternatív energiaforrások felkutatásával és kihasználásával a CO₂ kibocsátás csökkentése.

2. Ma hazánkban a biomassa az egyetlen olyan megújuló energiaforrás, amely megfelelő mennyiségben áll rendelkezésre és felhasználási területeit figyelembe véve érdemben csökkenthető az ország kőolajfüggősége, energetikai kitétsége.

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 biomassa pedig a legszélesebb körben felhasználható megújuló energia, melyből villamos- és hőenergia, valamint hajtóanyag egyaránt előállítható. 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.

A megújuló energiaforrások hazai vizsgálata során a főbb megállapításokat a következőképpen lehet összegezni:

- A napenergia, amely az egyik legkézenfekvőbb megoldás lehet a hazai energiaszükséglet kielégítésére az üvegházakra, a mezőgazdasági szárítókra és a napkollektorok által előállítható melegvíz rásegítésre korlátozódik.
- Magyarországon a szélenergia vonzó alternatíva a mezőgazdasági körzetek és a gazdálkodók számára, ahol a megtermelt energiát azonnal felhasználják, mivel a szélenergiát nem lehet tárolni. További problémát jelentenek földrajzi adottságaink (a földfelszín kialakítása, mőtárgyak, domborzat, a szélesebb talajfeletti változása) melyek a szélenergia termelés változékonyságát hozzák magukkal. Ezen túlmenően a jelenlegi energia átvételi rendszer anomáliái sem teszik lehetővé, hogy hosszú távra alapozhassunk erre a megújuló energiaforrásra.
- 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 a teljes hazai villamosenergia-felhasználás kevesebb, mint 0,5%-át biztosították.
- A geotermikus energia hasznosításának erőműi felhasználására Magyarországon nincs példa. 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.
- Ma hazánkban a biomassa az egyetlen olyan megújuló energiaforrás, amely megfelelő mennyiségben áll rendelkezésre és felhasználási területeit figyelembe véve érdemben

csökkenthető az ország kőolajfüggősége, energetikai kitétsége, mivel közvetlenül vagy a szükséges átalakítással megfelelő, folyamatosan megújuló energiaforrás nyerhető belőle.

3. A biomassza energetikai célú hasznosításakor számolni kell azzal, hogy egyes biomasszaféleségek a korlátozottan rendelkezésre álló termőföldért versenyeznek és hosszabb, vagy rövidebb időre kizárják annak egyéb célú hasznosítását.

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 hulladékai 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-öttszörösét termeli meg biomasszaként. Az emberi életműködés melléktermékeit (szennyvíziszap) és a feldolgozóipar szerves gyártási melléktermékeit a harmadlagos biomasszák körébe helyezük.

A világ fő dilemmáját az élelmiszercélú nyersanyagokért folytatott verseny jelenti, amelyben az élelmiszer-, a takarmány-, a bioüzemanyag és a környezetipar versenyez egymással az egységnyi területen megtermelhető nyersanyagokért.

1. táblázat: Az Európai Unió fosszilis üzemanyag fogyasztásának helyettesíthetősége első generációs bioetanollal és biodízelrel

Bioetanol alapanyag	Kukoricatermő terület 2011		Összes gabona (búza, kukorica, rozs) terület-kukoricával bevetve		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 (repcse, napraforgó, szója) terület-repcével bevetve		Fosszilis üzemanyag fogyasztás	Biodízelrel kiváltható
	Ezer ha	Ezer toe	Ezer ha	Ezer toe	Ezer toe	%
Repcse (1,2 toe/ha)	6 700	8 040	11 124	13 348,8	193 137	6,91

	Összes gabona/olajosmag terület		Fosszilis üzemanyag fogyasztás	Bioüzemanyaggal kiváltható
	Ezer ha	Ezer toe	Ezer toe	%
Bioüzemanyagok összesen	66 647	96 633,3	309 715	31,20

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

Bár az élelmezési és takarmány szükségletet jóval meghaladó mennyiségben vagyunk képesek biomasszát fenntartható módon előállítani, amelyből jelentős mennyiségű bioüzemanyagot és biogázt lehet gyártani, látható, hogy az EU27-ben a szántóterületet bioüzemanyag

alaptermékkel bevetve 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. Ezért ennél hatékonyabb megoldást kell találni a fosszilis hajtóanyagok helyettesítésére, amelyet a biogáz előállítás biztosíthat.

4. A biomasszából készült biogáz alternatívát jelenthet a hagyományos, fosszilis üzemanyagok helyettesítésében, mivel a biogáz az egyetlen olyan biomassza termék, amely semmilyen érdekcsoportnak, illetve ágazatnak érdekeit sem sérti, sőt jelentősen hozzájárul a környezetbiztonság, így a környezetvédelem fenntartásához.

A biogáz előnyei hasonlóak, mint a gépjárműhajtásban már alkalmazott sűrített földgáznak (CNG). Ugyanakkor a hulladékból előállított bioüzemanyag további előnye:

- 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 bioetanol és a biodízel 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 alaptermékkel. Ugyanakkor a biogáz előállítás mellékterméke értékes trágyaként felhasználható, csökkentve ezzel a műtrágyázás költségeit.
- Tisztább környezet – Anaerob lebontású biogáz előállításakor, szemben az aerob komposztálással jelentősen csökkenthető a hulladék mennyisége, és a rothadás miatt keletkező kellemetlen szag.

5. Az első generációs bioüzemanyagok jelen technológiai szint mellett is megfelelhetnek a 2020-ig kitűzött célok megvalósításához szükséges eszközöknek, azonban önmagukban nem lesznek képesek megoldani az ÜHG kibocsátás drasztikus csökkentését. Ezért a közlekedéspolitikai kérdéskör vizsgálatok ki kell térni az ágazat korlátaira is.

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. Következésképp az EU egyértelmű célja egy CO₂-semleges közeli és a kőolajimporttól függetlenített közlekedési rendszer kialakítása. Ugyanakkor a kőolajmentes közlekedési célt a jövőbeni elektromos meghajtású vagy hidrogéncellás jármű jelentheti, amely jelentős, ma még fel sem mérhető infrastrukturális beruházást igényel.

Mivel a biomasszából készült hajtóanyag (bioetanol, biodízel vagy biogáz) alkalmas alternatív jármű hajtására, az EU politikai és jogszabályi keretet határozott meg a bioüzemanyagokra vonatkozóan. A közlekedési célú energiafelhasználásban minden tagállam számára kötelező a 10%-os részarány elérése 2020-ra. A megfogalmazott célérték nem elrugaszkodott, megfelelő és prudens végrehajtással teljesíthető. A kötelező felhasználás mértékének meghatározása kedvez a bioüzemanyag előállításnak és felhasználásnak, hiszen ez azt jelenti, hogy ezzel

garantált lesz egy kiszámítható mennyiségi igény és piac egyaránt. Mivel a második generációs üzemanyag előállítás jelenleg kísérleti stádiumban van, ennek kereskedelmi mennyiségű piaci bevezetéséig további fejlesztések szükségesek.

A közlekedéspolitikai kérdéskör vizsgálatakor tehát ki kell térni az ágazat korlátaira is, mivel az alapvető korlátot az előregedett gépjárműpark, az értékesített új járművek számának csökkenése mellett jelentősen befolyásolja a társadalmi ösztönzők hiánya, a bioüzemanyagok fogyasztói felhasználását ösztönző infrastruktúra hiánya és a jelenlegi belsőégésű motorok behatárolt technikai paraméterei.

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

6. 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.

Elengedhetetlen egy olyan jogszabályi háttér és az ehhez illeszkedő támogatási politika, amely gazdaságosan teszi lehetővé a mezőgazdasági, kommunális és ipari hulladék alapanyagból származó biogáz előállítását és felhasználást.

A biogáz ipari beruházások jövőjét a szabályozatlanság és a pénzügyi támogatás hiánya, valamint számos adminisztratív akadály nehezíti, mint például:

- 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 értnek a biogáz üzemek gyakorlati működéséhez és működtetéséhez.

A jelenlegi ipari növekedési trendet és a fejlesztések előtt álló akadályokat figyelembe véve az iparági bővülés lehetőségeit korlátozottan tartom.

7. A biogáz biometán üzemanyag formájában történő felhasználása ígéretes jövőnek mutatkozik.

A gázüzemanyagok magas oktánszámuk miatt nem tartalmaznak kopogásgátló adalékanyagokat, tökéletesen elkeverhetők a motorba jutó levegővel. A legjelentősebb előny, hogy az autógázok egyszerű szénhidrogén vegyületeket tartalmaznak, nem úgy, mint a hagyományos üzemanyagok. A felsorolt tulajdonságok miatt az autógáz tökéletesebben ég el, mint a hagyományos üzemanyag. 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 gáz-

levegő jobb keveredési tulajdonságainak köszönhetően az olajfogyasztás lecsökken, az olajcsere periódusa megduplázódik, ennek következtében kevesebb fáradt olaj keletkezik.

A biometán, mint üzemanyag jelenlegi ismereteink szerinti további előnye:

- mivel a sűrített földgáz (CNG) és a sűrített biometán (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 területéről 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,
- 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 tehető a biogáz felhasználására.

8. A "Szarvasi-1" energiatűz 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.

Az Európai Unió agrárpolitikájának köszönhetően a mezőgazdasági termelés egyértelműen a GOFR növények termesztésére állt rá. Azonban 2010-ben megszűnt a kukorica és búza intervenciós értékesítési rendszere, ezért érthető, hogy egyre 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. Ezért problémát jelenthet a már működő gázüzemek folyamatos és biztonságos alapanyag ellátása is. A megfelelő mennyiségű és minőségű biogáz előállítására céljából a jövőben számítanunk kell a bekevert növényi alapanyagok mennyiségének növekedésére. Mivel biogázt

jelenleg kukorica hozzáadásával állítanak elő, a növény iránti növekvő kereslet emelkedő piaci árakhoz vezet, ezért a biogáz üzemek alternatív megoldásként energianövényeket, azon belül energiafűveket fognak keresni, melyekből gáz halmazállapotú alternatív energiahordozók állíthatók elő az energiafüggőség csökkentésére.

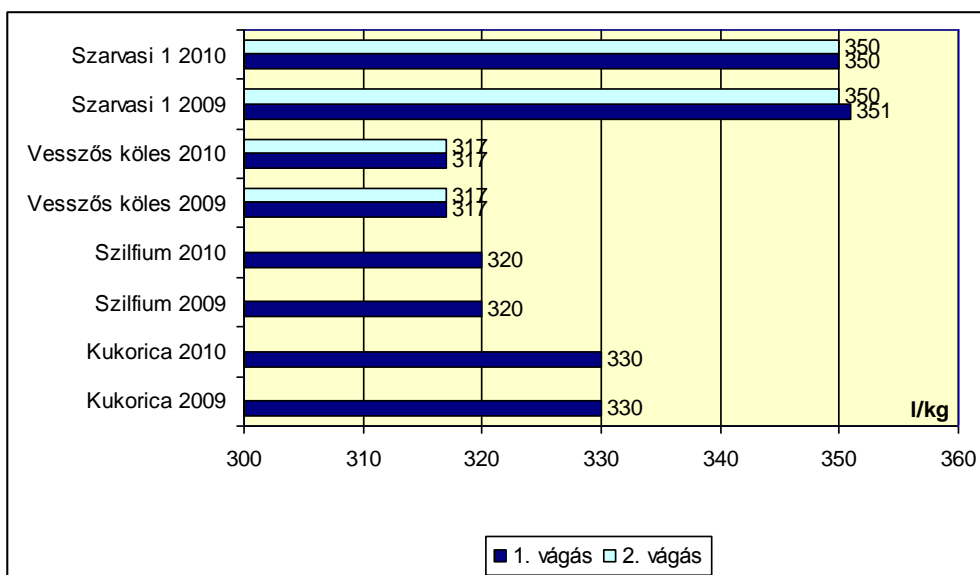
A „Szarvasi-1” energiafű legjobb ismérve, hogy rossz minőségű termőhelyeken, szélsőséges időjárási körülmények között is eredményesen termeszthető. A növény 10-15 éves ciklusban tervezhető újravetés nélkül, normál gabona gépsorral termeszthető, az energianövények között a telepítési költségeket tekintve a legolcsóbb megoldás. A „Szarvasi-1” energiafű zöld állapotban valamint, szarvasmarha és a hígrágyákkal keverve jó hatásfokkal hasznosíthatók biogáztermelésre. Ez a tulajdonsága a növényt a legjobb adalék anyaggá emeli a biogáz előállítás során. 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, 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.

9. Kísérletek bizonyították, hogy 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 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.

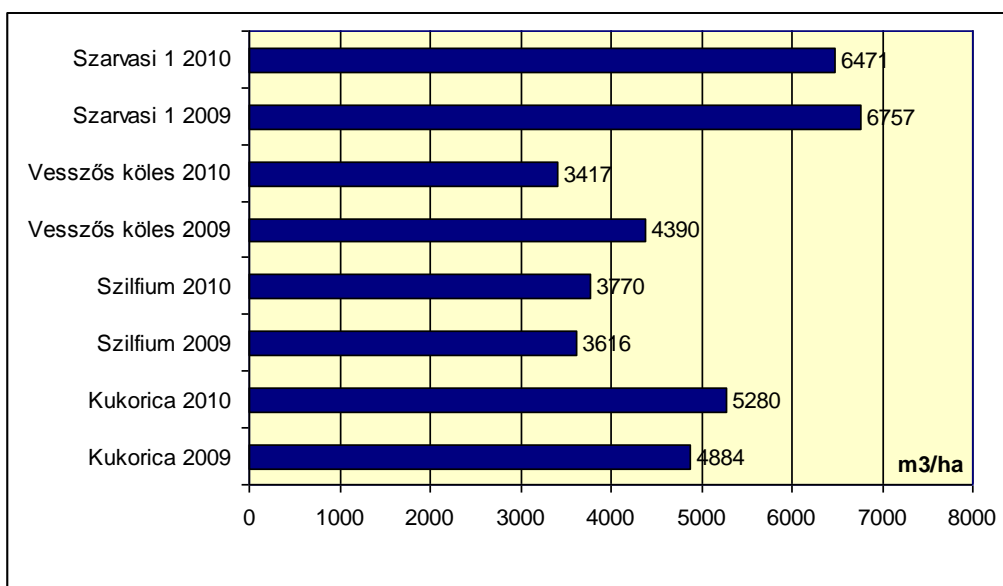
A biogáz üzemek számára alternatívát jelentő növények vizsgálatakor fő szempont, hogy a jelenleg domináns kukorica helyett jelenleg nem hasznosított kultúrákat, mint fő termények helyezzük előtérbe, amelyek az eddigi kultúráknak valódi lehetséges alternatíváját kínálják gazdaságos előállítás mellett.

A kutatás céljaként meghatározott, a biogáz termelésben helyettesítendő kukorica alapanyag referencia tulajdonságait összehasonlítva a vizsgálat tárgyát képező három, energia előállítására alkalmas növényvel (Óriás Szilfium, Vesszős köles és a „Szarvasi-1” energiafű) megállapítható, hogy a „Szarvasi-1” energiafű szárazanyag tartalmát, friss massa tömegét, száraz tömeg hozamát, metán kihozatalát (1. ábra) és metánhozamát (2. ábra) tekintve egyértelműen meghaladja mindhárom növény értékeit.



Forrás: LLA, 2011

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



Forrás: LLA, 2011

2. ábra Metánhozam 2009-2010 (m³/ha)

10. Az uniós nagyvárosok esetén a sűrített biometán (CBG) felhasználására vonatkozó projekteket indító városoknál a legfőbb problémát a biofinomítók beruházási költsége, illetve a szükséges infrastruktúra kialakításának költsége jelenti. Ahol a CBG piaci penetrációja jelentős, a gépjármű modellek túlkínálata és a biometán iránt mutatkozó túlkérés okoz problémát.

A biometán városi közlekedésben történő felhasználására számos európai példa áll rendelkezésre. Vizsgáltam Lille, Róma, Stockholm és Göteborg CBG előállítására és felhasználására vonatkozó példáját.

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.

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.

2. táblázat: Európai városok biometán előállítással és felhasználással kapcsolatos támogatásai

Lille	Róma	Göteborg és Stockholm
Cégautóként gépjárműadó mentesség	Zöld járművek vásárlásának támogatása (1 500-3 000 euró)	Zöld járművek 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 autók 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 költségtérítése		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

A fentiek 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.

11. Az európai nagyvárosok tapasztalataiból és a budapesti tömegközlekedésben használt elavult buszok fenntartási és üzemanyagköltségeiből kiindulva, valamint a tömegközlekedésben használható alternatív hajtású autóbuszok beszerzési, fenntartási és üzemanyagköltségét összehasonlítva megállapítható, hogy a CNG meghajtású és biometán hajtóanyaggal üzemelő autóbuszok jelentik a legolcsóbb és legkörnyezetkímélőbb megoldást a főváros számára.

Magyarország 2020-as vállalásai között szerepel a bioüzemanyagok 10%-os részesedése a közlekedésben felhasznált összes üzemanyagból. Jelenleg a bioüzemanyagokat 4,8 térfogat százalékban keverik a benzinnel és a gázolajhoz. A bioüzemanyagok jelentős 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 kézenfekvő lehet a városi tömegközlekedés, illetve városi hulladékgyűjtés rendszerének modernizálása. Ehhez regionális vagy helyi kezdeményezésekre és azok támogatására van szükség.

Ezért 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 hagyományos dízel üzemű autóbuszok beszerzési árával állítok szembe, és vizsgálom a jelenlegi <E0 és E0 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. Az összehasonlításból egyértelműen következik, hogy közép- és hosszú távon a CNG autóbuszok beszerzése és azok biometán hajtása a leggazdaságosabb, mivel

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

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

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

12. 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” energifű.

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, és amelynek megfelelő elhelyezéséről kell gondoskodni. Hazánkban legelterjedtebb 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. A fitoextrakciós módszer lényege, hogy a növények azon képességét használja ki, hogy különböző mértékben képesek felvenni a talajból az elemeket. Ezen túlmenően a talajok további szennyező elemeket (pl. Pb,

Cd, Cr, As stb) tartalmazhatnak, amelyek adott esetben gátolhatják a növény növekedését. Bizonyos növények, így a „Szarvasi-1” energiafű is, 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 „Szarvasi-1” energiafűre vonatkozó kísérletek eredményeit 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.

13. „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.

Megállapítható, hogy a társadalmi igényként és a környezetvédelmi kötelezettségként felmerülő vörösiszap tározókban található erősen szennyező anyagot semlegesíteni kell. A „Szarvasi-1” energiafű tudományos kísérletei bebizonyították, hogy a növény képes a toxikus elemeket magba zárni. Az így előállított, majd egyszerű kaszálógépekkel learatott és bálázott „Szarvasi-1” energiafű tüzeléstechnikai célra értékesíthető.

3. 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-I" bála	14,9	8,2
Gázkazán (85)	Földgáz	34	28,9
Pellettüzelésű kazán (85)	"Szarvasi-I" pellett	17,2	14,6
Pellettüzelésű kazán (85)	Fapellett	17,2	14,6

Forrás: Szarvasi Mezőgazdasági Kutató-fejlesztő Kht, 2010

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. A szennyvíziszap kezelési technológián belül a komposztálás nélküli mezőgazdasági kihelyezésre kínál megfelelő alternatívát a „Szarvasi-1” energiafű, amely 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” energiatü 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.

4. Új és újszerű tudományos eredmények

E1. A biomasszából előállítható bio-hajtóanyagok közül a biogázban rejlő potenciális fejlődési és fejlesztési lehetőség meghaladja az első generációs, élelmiszer alapanyagból előállítható bioetanolét és biodízelt.

Az élelmezés-, energia- és környezetbiztonság szempontjából kritikusként ítélt első generációs bioetanol és biodízelt mellett fokozatosan megjelennek a második, illetve harmadik generációs, azaz a nem élelmezési célú alapanyagból készült üzemanyagok. Emellett egyre nagyobb jelentőséget kap a hulladékokból előállítható biogáz, amely motorikus hajtóanyagként a bioetanol és biodízelt mellett egyaránt használható. A biogáz az egyetlen olyan biomassza termék, amely semmilyen érdekcsoportnak illetve ágazatnak érdekeit nem sérti, nem veszélyezteti az élelmezésbiztonságot sem. A biogáz ÜHG-kibocsátás csökkentési értékei (81%) messze meghaladják az első generációs bioetanolét (49%) vagy biodízelt (56%). Ezen túlmenően a biogáz energiaegyenlegét („Szarvasi-1” energiatűből 5,5-15,6) nézve is egyértelműen jobbnak mondható első generációs versenytársaihoz viszonyítva (1,2-8,3). Motorikus hajtóanyagként is jobb mutatókkal rendelkezik, hiszen a kukoricából előállított biogázzal nagyobb távolságot lehet megtenni, mint a kukoricából előállított bioetanolal.

E2. A biogáz mezőgazdasági alapanyagai közül a jelenleg közkedvelt és leginkább felhasznált kukorica (silókukorica) biogáz előállítás szempontjából mért értékei kapcsán kijelenthető, hogy helyette a „Szarvasi-1” energiatű az élelmezés- és a takarmánybiztonság veszélyeztetése nélkül képes alternatív megoldást jelenteni a biogáz előállításához.

Megvizsgáltam a biogáz üzemek számára alternatívát jelentő növényeket, ahol a fő szempont az volt, hogy a jelenleg domináns kukorica helyett nem hasznosított kultúrákat helyezzük előtérbe. Olyan növényeket vizsgáltam, amelyek várhatóan magas és stabil száraztömeghozamot biztosítanak, metántartalmuk és metánkihozataluk megfelelő a biogáz előállításához. A vizsgált négy növény az óriás szilfium, a vesszős köles, a „Szarvasi-1” energiatű és a referenciaként használatos kukorica. Szárazanyag tartalmukat tekintve a „Szarvasi-1” energiatű esetében 49, míg a kukoricánál 32%-os szárazanyagtartalmat mutatott a mérés. Az óriás szilfium a kukoricához hasonló magas friss massa tömeget hoz, biztonságosan azonban a „Szarvasi-1” energiatűre lehet alapozni a jövőbeni elvárásokat. A „Szarvasi-1” energiatűnél a legrosszabb adat 18,5 atrotonna/hektár, míg a kukoricánál a legjobb is csak 16 at/ha. A metánkihozatal esetében a kukoricánál csak 330 l/kg-mal, a „Szarvasi-1” energiatűnél pedig 350 l/kg-mal lehet számolni, ezzel egyértelműen versenyképes a baromfitrágya metánkihozatalával is. A „Szarvasi-1” metánhozama (6 471 és 6 757 m³/ha) egyértelműen meghaladja a kukoricáét és a többi energianövényét.

E4. A CBA számításom eredményeképpen megállapítottam, hogy a „Szarvasi-1” energiatű 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” energiatű termesztése biogáz alapanyagként jelen piaci körülmények között közép és hosszútávon jövedelmező tevékenység.

A közúti közlekedésben 2020-ig kötelezően elérendő 10%-os megújuló energia használatot az első generációs bioetanol és biodízelt mellett hazánkban a biometán hajtóanyag felhasználása tudná biztosítani. A jelenleg leggyakrabban használt biogáz alapanyag, az állati trágya nem képes egymagában biztonságosan ellátni a gyarapodó biogáz üzemek növekvő alapanyag

igényét. Növényi hulladék vagy kifejezetten energianövények hozzáadása szükséges. Mivel a növényi alapanyagok vizsgálatánál a „Szarvasi-1”energiafű bizonyult a legmegfelelőbbnek, szükségesnek tartottam termesztésének gazdaságosságát is vizsgálni, és azt a közkedvelt silókukoricával összehasonlítani. A közgazdasági módszerek közül a termesztés költség-haszon elemzését (Costs Benefits Analysis-CBA) választottam, amihez Magyarországon releváns saját erős művelés költségtételeit vettem alapul. Modelleztem az energiafű és a silókukorica termesztésének 10 évre vetített nettó jelenértékét. CBA számításom eredménye alapján 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. A silókukorica esetén a 10 évre kalkulált Nettó jelenérték 753 993 euró. Azaz az energiafű a hasonló kockázatú mezőgazdasági beruházásokból származó haszonnál jóval nagyobb várható profitot jelez. Az energiafű 1 000 hektáros területen történő termesztés befektetett bázisvízi költsége valamivel több, mint 5 év alatt térül meg.

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.

E5. A biogázból előállítható biometán egyértelműen a legperspektivikusabb megoldást jelenti a tömegközlekedés modernizációjára.

A városi és elővárosi közlekedésben szereplő autóbusz 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 BKSZT és BKK konzorciumi tagságával a projekt elszámolható költségeinek 85%-os támogatásában 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.

E6. A „Szarvasi-1” energiafű képes a szennyvíziszapok és az ajkai vörösiszap tározókban felhalmozott vörösiszap dekontaminálására

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, amely a növények azon képességét használja ki, hogy különböző mértékben képesek felvenni a talajból az elemeket, azonban a lényeg a betakaríthatóság. A fitoextrakció kombinálása az energiatermeléssel a leggazdaságosabb és leghatékonyabb eljárás mind a dekontaminálás, mind pedig a megújuló, zöld energia termelése szempontjából. Ezért a „Szarvasi-1” energiafűvel kísérleteket folytattunk arra vonatkozóan, hogy egyszeres és többszörös nehéz-fém kezelés hatására hogyan változik a növény élettani tulajdonsága. Megállapítottam, 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 vizsgálatokat is végeztem a fű tüzeléstechnikai és környezetvédelmi célú felhasználása érdekében. Megállapítottam, hogy a beruházás megtérülését legmarkánsabban a mezőgazdasági munkákban igénybe vett szolgáltatás átváltozása, 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 energiaforrások. 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-I” 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 infrastruktúrális, 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 vagy a BKSZT tudná tisztítani. Ezért célszerű átgondolni, hogy az iszapban rendelkezésre álló hasznos anyagokat inkább környezetkímélő módon használjuk fel, mintsem – jelentős szállítási és kihelyezési többletköltséggel – földekre rakjuk le vagy lerakókba deponáljuk. Ebből kifolyólag ösztönző rendszer kidolgozása szükséges. Gazdaságos lehetőség (pl. rothasztás), esetében az iszapban lévő szerves anyagból másodlagos energiatermelést (hő- és villamos energiatermelés) indokolt folytatni vagy tisztítással a tömegközlekedésben is használható biometánt előállítani. 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 vörösiszaptározó katasztrófa helyszínén végzett kísérleti telepítések egyértelműen bizonyítják, hogy a „Szarvasi-1” energiafű képes a vörösiszap nehézfém tartalmát megtisztítani, így a szennyvíziszap kihelyezése olcsóbban és hatékonyabban oldható meg egyéb mezőgazdasági ültetvényre nem hasznosítható területen, mint a mezőgazdasági kihelyezés esetében.

6. Életrajz

Sipos Gyula egyetemi tanulmányait Veszprémben, a Veszprémi Egyetem Georgikon Mezőgazdaság-tudományi kar, Gazdasági agrármérnöki szakán kezdte 2001 szeptemberében, majd felvételt nyert a Szent István Egyetem, Gazdasági és Társadalomtudományi kar Vállalatgazdaságtan szakára, ahol 2006 júniusában gazdasági agrármérnökként végzett. Egyetemi évei alatt, 2004-ben az Egyesült Államok ösztöndíjasaként Washingtonban, Baltimoreban és New Yorkban a genetikailag módosított élelmiszerek marketing stratégiáját tanulmányozta.

Az egyetemi tanulmányok befejeztével felvételt nyert a Szent István Egyetem (Gödöllő) Gazdálkodás és Szervezéstudományok Doktori Iskola nappalis doktorandusz képzésére. Feladatai között szerepelt az egyetemi oktatás és kutatás, jelentős nemzetközi konferenciákon előadóként mutatta be kutatási témájának eredményeit. Ez időben a Földművelésügyi és Vidékfejlesztési projekt koordinátoraként jelentős szerepet vállalt a magyar megújuló energia stratégia megalkotásában, a beérkező dokumentumok szintetizálásával, ellenőrzésével és az ehhez kapcsolódó elemzések elkészítésével.

Óraadó tanárként 2006-2010 között oktatói tevékenységet vállalt a Szent István Egyetemen, valamint a Szent István Gimnáziumban (Budapest), ahol a Közös Agrárpolitika kérdéskörét és a megújuló energiában rejlő lehetőségeket tanította. Több esetben volt tagja konferencia szervezőbizottságoknak, szakmai zsűriknek.

2007-ben felvételt nyert az OTP Bank Közép-dunántúli Régiójához, ahol a régió igazgató vállalati értékesítési tanácsadója lett. Munkája miatt a Doktori képzés levelezős hallgatójává vált. 2008-ban az OTP Bank központi Hitelkockázatok Szabályozási Főosztály tanácsadója lett, ahol az akvizált területek (kelet-európai térség) számára egységes kockázatkezelés szabályozását hozta létre, az országok berendezkedéseiből adódó különbségek feloldásával.

2009-ben létrehozta és megalakította a GVSX Kft, amelynek tulajdonosaként műszaki tanácsadással és műszaki termékfejlesztéssel foglalkozott. Több innovatív termék megalkotása fűződik nevéhez és fejlesztői csapatához. Ezzel egy időben a Bikazugi Mezőgazdasági Nonprofit Kft ügyvezető igazgatója, majd később tulajdonos-társa lett. A nonprofit mezőgazdasági Kft fő profilja az energianövény termesztése és értékesítése. A birtokában lévő tudást és lehetőséget jól hasznosítva, az energianövény feldolgozására és felhasználására vonatkozó kísérleteket és fejlesztéseket végez.

Doktori disszertációjában a „Szarvasi-1” energiafű többcélú felhasználási lehetőségeit mutatja be, amelynek védésére 2014-ben kerül sor.

Középfokú „C” típusú német, valamint alap és középfokú angol nyelvvizsgával rendelkezik.

Publikációi sorában 5 magyar és idegen nyelvű tudományos szócikk, 6 magyar és idegen nyelvű tudományos konferencia előadás, valamint 3 magyar nyelvű egyéb folyóiratban megjelent szócikk található.

7. Publikációs jegyzék

Tudományos folyóiratok (magyar nyelven megjelent tudományos cikk, idegen nyelven megjelent tudományos cikk):

1. Sipos, Gy. (2014): A biogáz-termelés növényi alapanyagainak összehasonlító elemzése *Gazdálkodás* (befogadó nyilatkozat csatolva)
2. Sipos, Gy., Urbányi, B., Vasa, L., Kriszt, B. (2007): Application of by-products, *Cereal Research Communications*, 2007. 35. 2.(2). 1065-1068 p., ISSN 0133-3720
3. Sipos, Gy., Somogyi, A. (2008): The challenges of EU-communication 3 years before the Hungarian Presidency, *Studies in Agricultural Economics* N^o 108, 33-46 p., ISSN 1418-2106
4. Sipos, Gy., Solti, Á., Czech, V., Vashegyi, I., Tóth, B., Cseh, E., Fodor, F. (2013): Heavy metal accumulation and tolerance of energy grass (*Elymus elongates* subsp. *Ponticus* cv. Szarvasi 91) grown in hydroponic culture, *Plant Physiology and Biochemistry* (IF: 2,84) Vol. 68, 96-103 p.
5. Sipos, Gy., Popp, J., Zsarnóczai, J. S. (2013): Food, energy and environment in the context of bioenergy expansion, *Economics of Sustainable Agriculture*, Scientific Book Series 6, 61-79 p.

Tudományos konferencia előadás kiadványban megjelentetve (magyar nyelvű, idegen nyelvű)

6. Sipos, Gy. (2006): A szántóföldi energianövényekből előállított bioüzemanyagok versenyképessége, Nemzetközi Tudományos Konferencia, Az alternatív energiaforrások hasznosításának gazdasági kérdései, Sopron, CD:\Abstract\8\Sipos, 1-6 p., ISBN: 978-963-9364-82-0
7. Sipos, Gy. (2007): Application of by-products of bioethanol production in feeding, environmental and feeding safety concerns of utilization VI. Alps-Adria Scientific Workshop, Oberfellach (Austria), 1065-1068 p.
8. Sipos, Gy. (2008): Application of By-product of bioethanol production in feeding, environmental and feeding safety concerns of utilization, XI. Nemzetközi Tudományos Napok, Gyöngyös, 2008. március 27-28, Vol. I. 626-630 p.
9. Sipos, Gy., Somogyi, A. (2009): The Energy –safety in terms of land utilization, 4th Aspects and Visions of Applied Economics and Informatics, Debrecen, 2009. március 26-27, Vol. I. 147-153 p.
10. Sipos, Gy., Somogyi, A., Bános, K. (2009): The Development Pole Program within the Strategies of the Municipality, Szegedi Tudományos Napok 2009 ISBN 978-963-88468-3-9
11. Sipos, Gy., Fodor, F., Vashegyi, I. (2012): Szarvasi-1 Energy Grass combining bioenergy production with phytoremediation, 4th International Energy Farming Congress: 13-15 March, 2012. Papenburg (Germany), Book of Abstract 20 p.

Egyéb folyóiratok

12. Sipos, Gy., Urbányi, B., Vasa, L., Kriszt, B. (2007): A bioetanol gyártás során keletkező melléktermékek alkalmazása, *Gazdasági Tükörcsoporthoz Magazinn*, VII. évf. 2007. január 32 p.

13. Sipos, Gy. (2007): A bioetanol gyártás mellék termékeinek környezet- és takarmánybiztonsági vonásai, *Ma és Holnap*, 2007. VII. évf. 2. szám, Megújuló energia különszám 36-37 p.
14. Sipos, Gy., Somogyi, A. (2010): A bioüzemanyag-gyártás kihívásai, Energetikai Kiadó, *Energia Fogyasztók Lapja*., XIV: évf. 3. szám, 16-18 p.