

# **1. melléklet**

*e-tudomány*

*Zöld Különszám*

*beérkezett és elfogadott cikkei (teljes terjedelemben)*

Vavrik Antal - Ács Tibor - Kovács Gábor - Eörsi-Tóta Gábor<sup>1</sup>

## Szilárd biomassza gyakorlati energetikai hasznosítása

A környezetvédelemre-, a primer energiahordozók struktúrájának megváltoztatására- és a munkahelyteremtésre irányuló törekvések miatt – összhangban az EU-s célkitűzésekkel – egyre nagyobb hangsúlyt kap hazánkban is a biomassza energetikai hasznosítása. A biomassza energetikai hasznosítását szén-dioxid kibocsátás szempontjából közel semlegesnek lehet tekinteni, mivel hasznosítás során a légkörbe kerülő szén-dioxid meghatározó részét az élő szervezetek a légkörből építették be szervezetükbe. A szilárd biomasszák tüzelési célú felhasználásának ugyanakkor gazdasági alapja is van, mert a biomasszák ára versenyképes a földgázzal, vagy más fosszilis tüzelőanyag forrásokkal. A tonnánkénti ár és a minőség nagyon széles határok között mozog(hat), ezért a biomassza tüzelésű projektek esetében is tervezési alapfeltétel a tüzelőanyag hosszú távú rendelkezésre állása, minősége és ára.

Hazánkban az elmúlt időszakban több energetikai célú biomassza projekt indult, nem mindegyik jutott el a megvalósulás fázisáig és a megvalósultak sem mindig tekinthetők társadalmilag széles körben elfogadottnak és sikeresnek, bár a létesítmények – részben az igénybe vett és vehető támogatásoknak köszönhetően - jelenleg is többnyire gazdaságosan működnek.

Az MVM ERBE Zrt. (ERBE) a biomassza tüzelésű projektek tervezésében és megvalósításában eddig is jelentős szerepet töltött be. Az ERBE úgy találta, hogy hasznos, ha eddigi tapasztalatait és a jelenlegi szabályozási környezet nyújtotta lehetőségeket összefoglalja és hozzáférhetővé teszi, azzal a céllal, hogy hozzájáruljon a társadalmi elfogadottság növeléséhez.

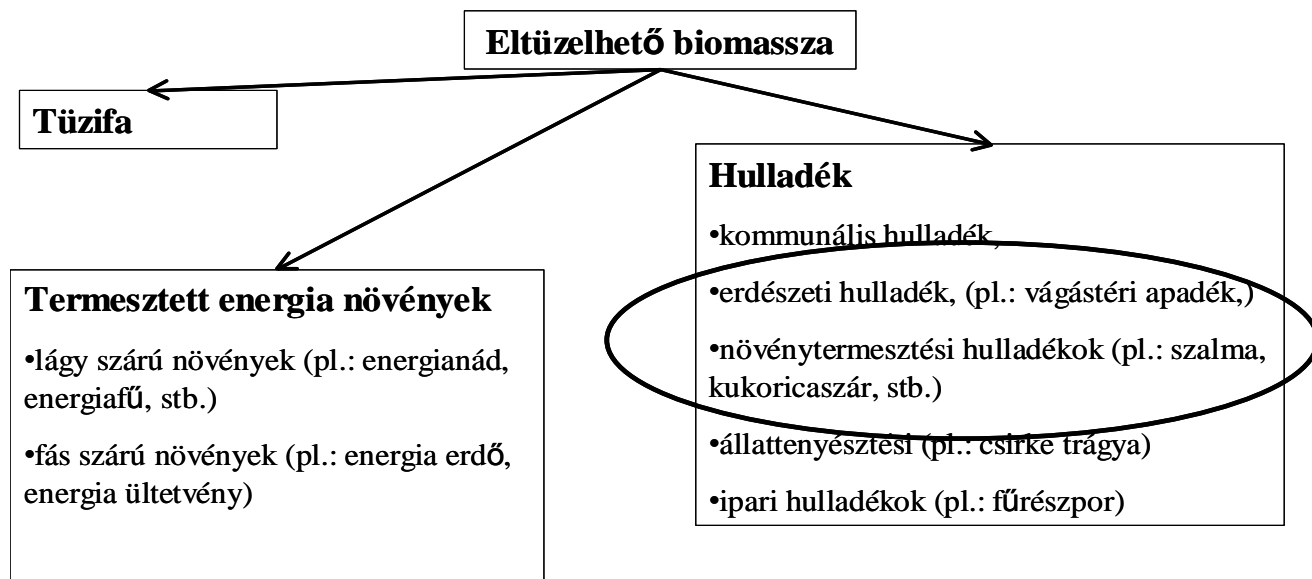
---

<sup>1</sup> A szerzők az MVM ERBE ENERGETIKA Mérnökiroda munkatársai: Vavrik Antal vezérigazgató, Ács Tibor gépészmérnöki vezető szakértő, Kovács Gábor osztályvezető, Eörsi-Tóta Gábor gépészmérnöki vezető szakértő.

A hazai, energetikai szempontból tüzeléssel hasznosítható potenciális biomassa mennyiség tűzifából, energetikai célból termesztett növényekből, erdészeti- (vágástéri apadék), mezőgazdasági- (szalma, kukoricaszár,) és állattartási (szárnyas trágya) hulladékokból tevődik össze. Az utóbbi években gyakorlatilag a tűzifára alapozott energiatermelés jelentette a biomassa energetikai felhasználását hazánkban. A tűzifa alapú energiatermelés hazánk erdőállományát figyelembe véve jelentősen nem növelhető.

A Nemzeti Megújuló Stratégiában megfogalmazott megújuló energia felhasználásra vonatkozó célok alapján kijelenthető, hogy a biomassa alkalmazásának aránya mezőgazdasági struktúraváltást igényel, vagyis a szántóföldi termesztésben az energetikai célú növénytermesztésnek meg kell jelennie. A termesztett biomassa potenciális mennyiségével foglalkozó tanulmányok azonban eltérő adatokat tartalmaznak. Ennek oka, hogy a mezőgazdasági és erdészeti termelés vagy feldolgozás során keletkező hulladékok hasznosítása alacsony szintű, így az sem tisztázott, hogy mekkora mennyiséget kellene termesztéssel előállítani. Jelen cikkben az ERBE elsősorban a jelenleg is megtermelődő, de még nem hasznosított nyersanyagok energetikai célú felhasználási lehetőségeire koncentrált. Az ERBE szerint ezen anyagok felhasználása után lehet megítélni, hogy a Nemzeti Megújuló Stratégiában megfogalmazott célok elérésének érdekében valóban mekkora szántóföldi területeket kell az energetikai célú növénytermesztésbe bevonni.

Energetikai szempontból a szilárd biomasszák az alábbiak szerint csoportosíthatók:



A fenti nyersanyagokat felhasználó technológiákat energetikai hasznosítás szempontjából a következők szerint lehet csoportosítani:

- közvetlen égetés (kazán):
  - kondenzációs villamos energia termelés,
  - kapcsolt villamos energia termelés,
    - ellennyomású gőzturbinával megvalósítva,
    - elvételes kondenzációs gőzturbinával megvalósítva,
  - hő termelés,
- tüzelőanyag átalakítás:
  - üzemanyag gyártás (bioetanol üzemek),
  - fizikai eljárással történő átalakítás:
    - elgázosítás (gázmotoros hasznosítás),
    - pirolízis (dieselmotoros hasznosítás)
  - biológiai eljárással történő átalakítás (anaerob biodegradáció)
    - biogáz üzemek (mezőgazdasági hulladékok gázmotoros hasznosítása)
    - szennyvíztisztító üzemek (gázmotoros hasznosítás)
    - hulladéklerakók (gázmotoros hasznosítás)

Jelen cikkben vizsgált nyersanyagok (nyesedék, vágástéri apadék, szalma, kukoricaszár) fizikai tulajdonságaiknál fogva elsősorban közvetlen égetéssel hasznosíthatók<sup>2</sup>.

### ***Erdészeti hulladékok***

Az erdészetben a bruttó termelés ~20%-a tekinthető hulladéknak, melynek begyűjtése és hasznosítása nem megoldott. A faipari hulladékok (pl. fafeldolgozó üzemekből) nagyobb része azonban már jelenleg is falemez-ipari vagy lakossági hasznosításra kerül. Az ERBE megítélése szerint elsősorban az erdészetekben áll rendelkezésre jelentős kihasználatlan biomassa potenciál.

A hazai erdőállomány átlaghozama fafajtáktól függően 3-5 t/ha/év mennyiség között mozog. Ennek a mennyiségnek ~25%-a (0,75-1,25 t/ha/év) jelenleg begyűjtési okok miatt a vágástéren marad. Egy 10 000 ha-os erdészet esetében tehát 7,5-12,5 ezer t/év vágástéri apadék energetikai hasznosításával lehet kalkulálni. Ez a mennyiség az utóbbi évek gépesítésének köszönhetően faapríték formájában juthat el a hasznosítási helyre. Átlagosan 10 MJ/kg-os fűtőértékkel számolva ez a mennyiség 2-3 MW<sub>th</sub> csúcsteljesítményű fűtési rendszer üzemeltetésére elegendő.

### ***Mezőgazdasági hulladékok***

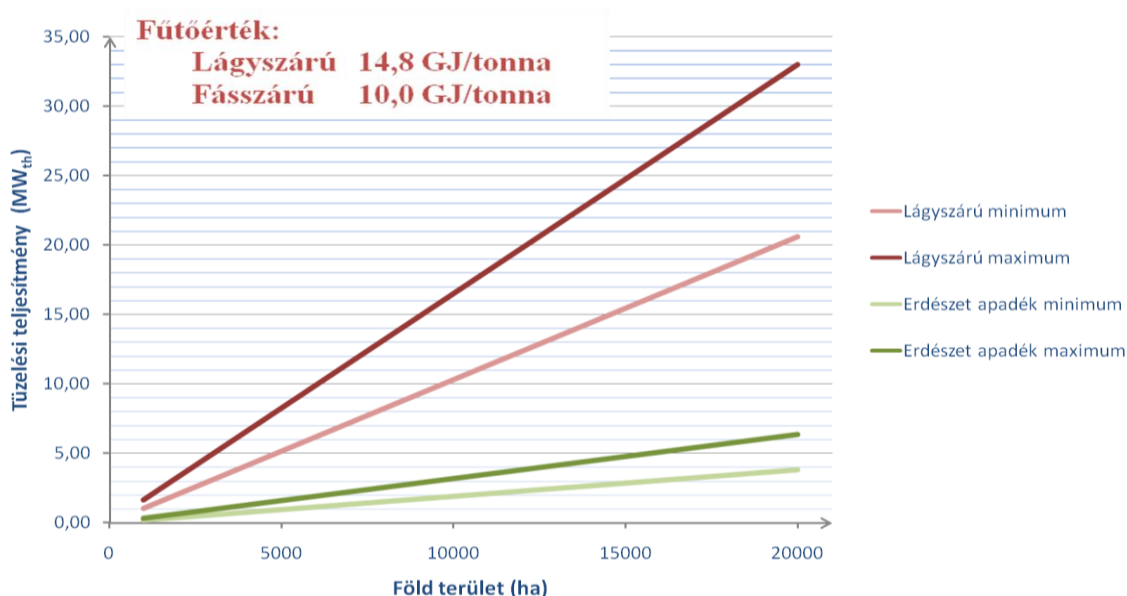
A mezőgazdaság területén elsősorban a termesztett növények szára (szalma, kukoricaszár) és a kertészeti nyesedékek alkotják a termesztés során keletkező hulladékot. Az ipari feldolgozás folyamán a maghéj, ocsú és az olajpogácsa hasznosítható energetikailag. A mezőgazdasági hulladékok hasznosításáról pontos adataink nincsenek, de elsősorban a szalma és a kukoricaszár jelentkezik olyan mennyiségben, melynek hasznosítása gazdaságos lehet. A kertészeti nyesedékek és az ipari feldolgozás melléktermékei nem jelentkeznek kellően koncentráltan egy energetikai beruházáshoz, ezért ezen melléktermékek keletkezésének helyét, a hasznosítás integrálásának lehetőségeit egy-egy biomassa tüzelésű beruházás során részletesen vizsgálni kell.

---

<sup>2</sup> Ezeknek a szilárd tüzelőanyagoknak akár biológiai úton, akár fizikai úton légnemű, vagy folyékony tüzelőanyaggá alakítása technológiailag megvalósítható ugyan (léteznek ilyen kísérleti, illetve pilot üzemek), azonban vagy a technológiák üzembiztonsága, vagy gazdaságossága egyelőre nem tette lehetővé elterjedésüket.

A kalászosok szalmájának hozama az ERBE eddigi munkái alapján 2,5-4 t/ha/év mennyiség között mozog. A kukorica szár hozama hasonló érték  $\sim 3,5$  t/ha/év. Ezek szerint egy 1 000 ha-os szántóföldről 2 500-4 000 t/év mennyiségű lágyszárú biomassa energetikai hasznosításával lehet számolni. Ez a mennyiség bálázva juthat el a hasznosítás helyére. Átlagosan 14,8 MJ/kg-os fűtőértékkel számolva ez a mennyiség egy  $\sim 1-1,5$  MW<sub>th</sub> csúcsteljesítményű fűtési rendszer üzemeltetésére elegendő.

A rendelkezésre álló terület alapján az alábbi grafikon segítségével becsülhető a tüzelési teljesítmény. A grafikon nem helyettesíti a pontos energetikai számításokat, azonban jó támpontul szolgál(hat) a potenciális beruházók számára.



A grafikonból látszik, minél nagyobb földterület áll rendelkezésre, úgy nő a bizonytalanság a rendelkezésre álló tüzelőanyag, és a hozzá rendelhető tüzelési teljesítmény tekintetében is. Egy energetikai beruházásnál minden esetben hosszútávú együttműködésről van szó, ezért a tüzelőanyag termelőknek, szállítóknak ill. a beruházóknak és tervezőknek javasolt konzervatív megközelítéssel alkalmazni a tüzelőanyag rendelkezésre állására vonatkozó adatszolgáltatásokat.

Alapvető követelmény a tüzelőanyagokkal szemben, hogy minél alacsonyabb nedvességtartalmúak legyenek, vagyis magas fűtőértékkel rendelkezzenek. Fontos tulajdonság ugyanakkor, hogy a szennyező anyag tartalom (kén, klór, fluor, nitrogén, foszfor, kálium,

nehéz fémek) is alacsony legyen, ne legyen szükség költséges füstgáztisztítási technológiára. Fizikai tulajdonságát tekintve cél a minél kisebb méret, hogy a reakció minél könnyebben lejátszódjon.

A lágyszárú növények összetétele más, mint a fásszárúaké. Lágyszárú növények eltüzelésekor – a fatüzeléshez képest – több a salak, nagyobb az NO<sub>x</sub> és klórtartalom, valamint alacsonyabb a salakolvadási hőmérséklet, ami határérték túllépéshez, vagy többletkorrózióhoz, illetve tüzeléstechnikai problémákhoz vezethet. Általánosságban technikai akadály a lágyszárú tüzelőanyagok égetésének nincs, azonban kijelenthető, hogy a lágyszárú növények friss zöld állapotban alkalmasabbak a biológiai úton történő biogáz előállításra.

Hazánkban széles körben a következő tüzelőanyagokkal lehet számolni:

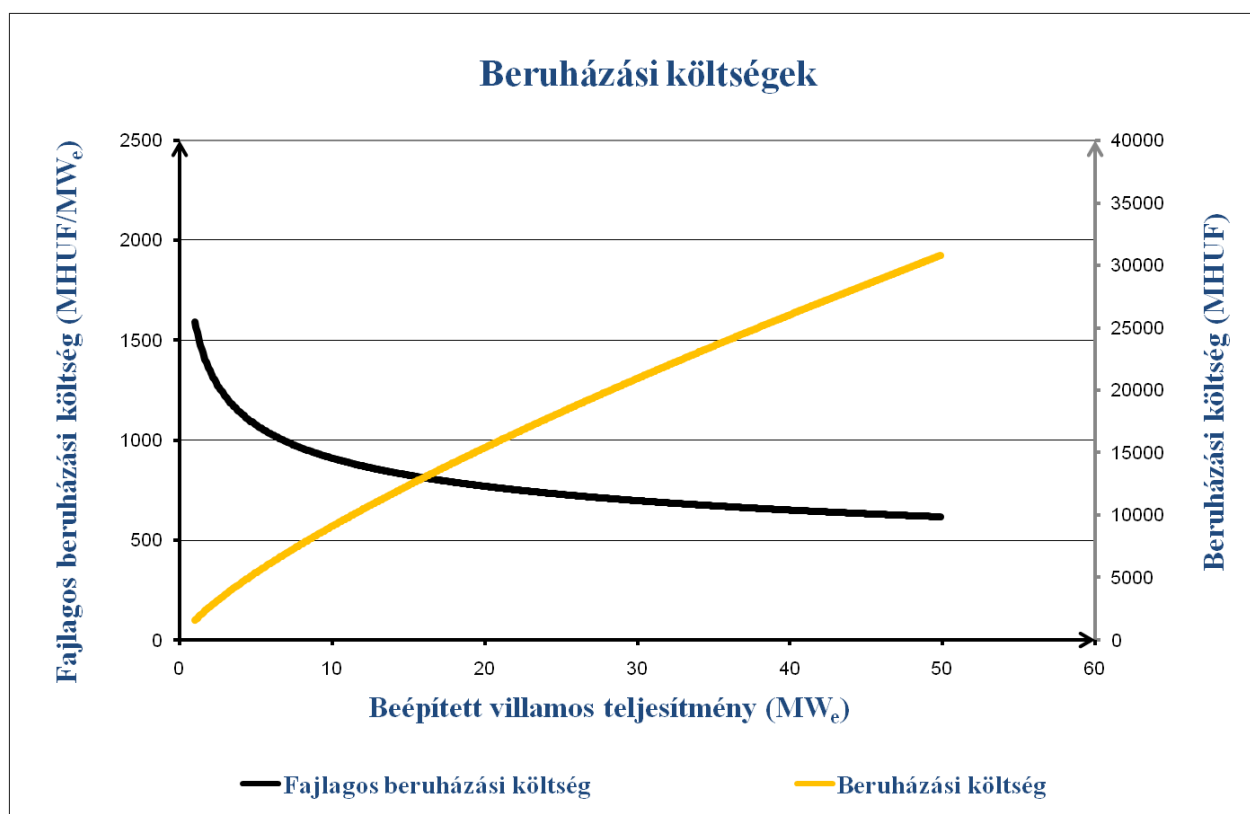
- kalászosok szalmája,
- kukoricaszár,
- erdészetekből származó faapríték,
- szárnyas trágya.

A biomasszából tüzeléssel történő villamos energia termelés víz-gőz körfolyamatot jelent, ahol a legnagyobb beruházási költség tételt a kazán jelenti. A tüzelőanyag és az energetikai cél (fűtés, villamos energia termelés) függvényében a szükséges kazán technológia kiválasztható. Az alábbi táblázat a kazán típusok és megnevezések között segít eligazodni.

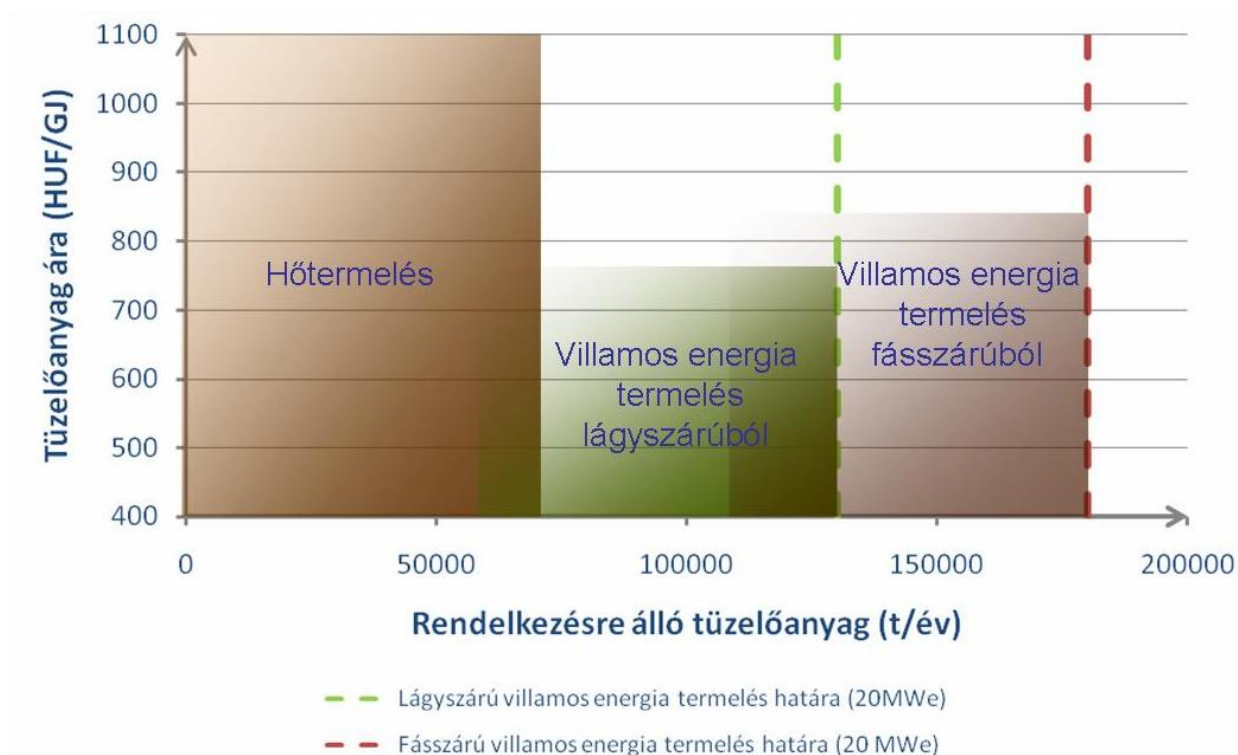
Típus		Fluid ágyas	Rostélyos	
Tüztér falazat		membrán fal	membrán fal	falazott,
Gőzparaméter	nyomás	≥80 bar	≥60 bar	≤40 bar
	hőmérséklet	≥480 °C	≥450 °C	≤470 °C
Elsődleges tüzelőanyag		fásszárú	lágyszárú és fásszárú	lágyszárú és fásszárú
Tüzelési teljesítmény		≥15 MW <sub>th</sub>	≥15 MW <sub>th</sub>	≤20 MW <sub>th</sub>
Körfolyamat hatásfoka		≥30%	≥28%	≤30%
Felhasználási terület		Villamos energia termelés	Villamos energia termelés	Villamos energia és hő termelés

Fontos megjegyezni, hogy hazánkban gyakorlatilag minden nemzetközileg ismert gyártó terméke hozzáférhető, a magyar ipar fel van készülve a kazánok helyszíni összeszerelésére, telepítésére.

Az ERBE hasznosnak tartja, ha szakmai tapasztalatait megosztja és a szakmai közönséget tájékoztatja, hogy a beépített villamos teljesítmény függvényében hogyan alakulnak a biomassza tüzelésű erőművek beruházási költségei. Az alábbi grafikon az előkészítési munkák során becsült és megvalósult kulcsrakész erőművek külső kapcsolatok kiépítését is tartalmazó adatai alapján készült.



Energetikai beruházások gazdaságosságára a tüzelőanyag árának kiemelten meghatározó szerepe van. Az ERBE által végzett előkészítő munkák tapasztalatainak összegzéseként a következő ábrán feltüntetett tüzelőanyag ár kondíciók teljesülése esetén célszerű szilárd biomassza alapú projekt létjogosultságát részletesebben megvizsgálni. Az ábrán a sötétebb háttérszín a kedvezőbb projekt lehetőséget jelöli.



A fentebbi ábra az ERBE által különböző projektek előkészítése során elvégzett gazdaságossági számításokon alapszik. Az ábrából látszik, hogy a hatályos jogszabályi környezetben, amennyiben a rendelkezésre álló biomasszát villamos energia termelésre fordítjuk, úgy a támogatott villamos energia ár ellenére a biomasszáért az erőmű üzemeltetője kevesebbet tud fizetni, mint egy fűtőmű üzemeltetője, sőt a tüzelőanyag ár a beszállítók piaci elvárásai alatt marad. A gazdaságos villamos energia termelés feltétele továbbá a magasabb egységteljesítmény, ami nagyobb mennyiségű biomassza rendelkezésre állását vonja maga után. A nagyobb biomassza szükséglet egyrészt várhatóan a szállítási költségeket növeli, másrészt a biomassza mennyiségének növekedésével az ellátásbiztonság rizikója is nő.

A villamos energia termelés határát az ERBE a jelenlegi jogszabályi háttért figyelembe véve 20 MW<sub>e</sub> egységteljesítménynél húzta meg, mivel a 20 MW<sub>e</sub> egységteljesítmény felett a termelt villamos energia támogatott átvételi ára csökken, az egységteljesítmény túl lépése nem indokolt, mert a gazdaságossági mutatók romlanak, a tüzelőanyag ellátás biztonsága csökken.

A biomasszából történő villamos energia termelés terjedésének a gazdaságosságon túli, illetve arra kiható akadálya, hogy a hatályos jogszabályi háttér minimum hatásfokokat ír elő<sup>3</sup>. A minimum hatásfok megkövetelésével az ERBE szakmai szempontból egyetért, hiszen korunkban nem engedhető meg elavult, rossz hatásfokú villamos energia termelés, ugyanakkor látni kell, hogy korszerű jó minőségű berendezések és technológiák a beruházási költséget növelik. A megnövekedett beruházási költség a gazdaságosságot, vagy a biomasszáért fizethető tüzelőanyag árat rontja. A tiszta biomassza tüzelésre jelenleg előírt 30%-os hatásfokérték egyes esetekben tartható, azonban biztosan csak hőkiadással együtt érhető el. A hőigények vizsgálata - a kapcsolt villamos energia termelés - így létfontosságúvá vált a biomassza tüzelésű erőművek telepítési helyének kiválasztásában.

Az ERBE szakmai meggyőződése, hogy *a biomasszának fűtési célú felhasználása gazdaságosan megvalósítható támogatás nélkül is*, míg a biomassza alapú villamos energia termelés további térnyerése csak a villamos energia ár támogatás megtartása mellett csak egyéb támogatási formák megjelenésével együtt képzelhető el. A biomasszát kistérségi projektként kisipari méretben, célszerűen a tüzelőanyag forráshoz közel, kisebb városok, lakóközösségek vagy mezőgazdasági létesítmények meleg-, vagy forró vízzel történő fűtésére, továbbá alacsony nyomású gőzt használó ipari telepek energia ellátására érdemes felhasználni. Ilyen paraméterű kazánok hazánkban is gyárthatóak, beszerezhetőek.

Tüzeléstechnikai szempontból a tüzelőanyagok fizikai tulajdonságait tekintve alapvetően rostély tüzelés javasolható. Természetesen a rendelkezésre álló tüzelőanyag minőségének függvényében elképzelhető portüzelés, vagy fluidágyas kazán is, azonban ezen drága technológiák alkalmazását a hőtermelés paraméterei nem indokolják.

Hő igények kielégítésekor alacsonyabb teljesítményekről van szó ( $< \sim 30 \text{ MW}_{\text{th}}$ ), ezért az ún. füstcsöves kazánok terjedtek el.

---

<sup>3</sup> A minimum hatásfokról a 389/2007 (XII.23) Korm. Rendelet 7. sz-ú melléklete rendelkezik. A rendelet azonban nem fogalmaz egyértelműen, nem tisztázott, hogy az előírt hatásfokot valamilyen időtartamban (havi, éves), vagy garanciális mérés keretében kell teljesíteni, továbbá a hatásfok számításának módja, a hőértékesítés beszámíthatósága sem egyértelmű. Az ERBE javasolja a melléklet egyértelműsítését.

A tüztér és adagoló rendszer kialakítások közül a hidraulikus adagolóval ellátott mozgó rostély tüzelés javasolt, ami a tüzelőanyag ellátás oldaláról nagy szabadságfokot biztosít. Ezzel a megoldással akár a tervezettől eltérő minőségű és méretű biomasszák is eltüzelhetők. Hasonló kialakítású - meleg vagy forróvíz kazánokra - vannak hazai gyártói kezdeményezések is, ezért ezen technológia elterjedésének hazai munkahely teremtő, megtartó vonzata is lehet.

A távhő tekintetében az ERBE csak meglévő távhőrendszer hőtermelői kapacitás kiváltásában/átalakításában lát gazdaságos lehetőséget. A lakosság gazdasági szerepvállalása vagy jelentős támogatások elengedhetetlenek új távhő rendszerek megvalósításához.

A nagyobb városok távhőpiacán az elmúlt évek kapcsolt energiatermelés támogatásának köszönhetően, jelentős fejlesztéseket vittek végbe. Az alap hőigényeket korszerű gázmotorral, vagy gázturbinával kapcsoltan termelik. Sok esetben, azonban tartalék, vagy csúcs kazánként megmaradtak a távhőrendszer régi földgáz kazánjai. A biomassza tüzelőanyag egyik lehetséges hasznosítási pontja, hogy ezeket az elavult kazánokat biomassza tüzelésű kazánokra cserélik.

Hazánkban a 30 ezer lakos alatti városokban több Önkormányzat működtet 300-500 lakásos távhő rendszert elavult földgáz tüzelésű kazánnal. Ezek a kisebb városok a biomassza forráshoz közel találhatóak és megfelelő piacot jelenthetnek a tüzelőanyag számára. Az alábbiakban pár példát mutatunk be.

- A korszerű *mezőgazdaságban* a zöldségtermesztés üvegházakban és fóliasátrakban (továbbiakban: termesztőházak) történik, szaknyelven talaj nélküli zöldségajtásnak hívják. Ezen termesztési technológiának legmagasabb költsége az energia, ezen belül a fűtési energia. A hazai termesztőházak elsősorban az energiaköltségeik miatt nem versenyképesek a külföldi termelőkkel. Az elmúlt időszakban több hazai termelő is alternatív megoldásokkal (geotermikus energia, kapcsolt villamos energia termelés) igyekezett a fűtési költségein csökkenteni. A termelőházak fűtési költségeinek egyik csökkentési módja lehet a biomassza tüzelésű megoldás.
- A nedves fa vetemedésre, repedezésre hajlamos, ezért feldolgozás előtt elengedhetetlen az asztalos ipari munkákhoz szükséges nyersanyag *szárítása*. A

hőkezelés továbbá gomba- és kártevő mentesítési célokat is szolgál. A fa szárítása és gőzölése energiaigényes folyamat, mely energia biomasszából fedezhető. A fafeldolgozó telepek hőigénye megawatt-okban mérhető.

- Kisebb városok külterületein az elmúlt időszakokban megjelentek a helyi cégeknek jelentős infrastrukturális előnyöket kínáló *ipari parkok*, illetve az áruelosztásban szerepet játszó logisztikai központok. Ezek az épületek általában könnyűszerkezetesek és a raktáraktól kezdve az irodáig különböző célokat szolgáló helyiségek találhatók benne. Az ipari parkok hőigénye a benne található helyiségek céljaitól nagyban függ, de általánosságban elmondható, hogy közeli területekről begyűjtött biomasszával az ipari parkok vagy logisztikai központ fűtése gazdaságosan megoldható.

A *biomassa alapú hőenergia termelésnek* elsősorban a földgáz alapú hőenergia termelés kiváltásában lehet létjogosultsága.

Az ilyen jellegű projektek tervezése esetén a következőkre kell fokozott figyelmet fordítani:

- A projektek tervezése során a berendezés teljesítményét úgy kell megválasztani, hogy az lehetőleg minél nagyobb kihasználással legyen üzemeltethető.
- A versenyképesség biztosítása érdekében elsősorban olyan telepítési helyszínt kell választani, ahol drágán termelő (jellemzően földgáz tüzelésű) berendezést lehet kiváltani, a lehető legkisebb járulékos infrastrukturális beruházásokkal.
- Célszerű megtalálni a módját, hogy a CO<sub>2</sub> kibocsátás csökkenés miatt felszabaduló kibocsátási egységek értékesítéséből származó plusz bevételi források legyenek elérhetők.

A fentiekből is látható, hogy a biomassa felhasználás paraméterei helyről-helyre változnak, ezért egységes eredményeket megtevesztő lenne közzétenni. Kijelenthető azonban, hogy:

- kisebb teljesítményű (~3-5MW<sub>th</sub>) kazán biomassa tüzelőanyag igénye lokálisan fedezhető, a tüzelőanyag ellátást logisztikai problémák nem lehetetlenítik el,



- a beruházási költség viszonylag alacsony (500 millió HUF alatt), és a hitelező bankok által általában megkívánt önrész egyszerűbben előteremthető, továbbá a hiteltörlesztés költségei sem lehetetlenítik el a projektet,
- a gázalapú hőszolgáltatás hődíjánál 20%-kal alacsonyabb hődíj elérése reális célkitűzés, ezáltal a biomassa kazánokban termelt hő versenyképessége és áttételesen projekt gazdaságossága biztosítható,
- megvalósítás időtartama, mely alatt az ERBE az engedélyeztetés időtartamát, a gyártók és a helyszíni kivitelezők versenyeztetését és magát a kivitelezést érti; ~1-1,5 év,
- a beruházás önrésze 5 éves hiteltörlesztés mellett, a célul kitűzött gázalapú hőszolgáltatás díjánál 20%-kal alacsonyabb hődíj esetén is, az egész éves hőfogyasztás függvényében 5-8 év alatt megtérül,
- a javasolt teljesítmény nagyság alkalmas nagyobb termeszto-házak (10 000-15 000 m<sup>2</sup>), kisebb városok (10 000-15 000 fő) meglévő távhő rendszerének korszerűsítésére, fa feldolgozó üzemek vagy ipari parkok központosított hőellátására.

Összességében látható, hogy a szilárd biomassa energetikai hasznosítása hazánkban összetett mező/erdőgazdasági, jogi-pénzügyi-műszaki feladat, sok problémával és meglehetősen hosszadalmas időtartammal. A cél és a szándék azonban mindenképpen helyesnek mondható, reméljük sikerült ezen összeállításunkkal is hozzájárulni a biomassa ésszerű energetikai célú hasznosításának társadalmi elfogadásához.

**Horváth Zsuzsanna<sup>1</sup> - Vágvölgyi Andrea<sup>4</sup> - Pintér Csaba<sup>5</sup> - Dr. Marosvölgyi Béla<sup>6</sup>**  
**Új szaporítóanyag-előállítási lehetőségek vizsgálata Miscanthus sinensis energianövénnyel**

A biomassza-bázisú energiatermelés Magyarországon jelentős fejlődésben van. A lakossági és a műi (fűtőmű, erőmű) biomassza-bázisú energiatermelés legfontosabb alapanyaga jelenleg a fa, mely döntő mértékben a hazai tartamos erdőgazdálkodásból származik. A két szektor együtt nagy mennyiségű fát használ fel (több mint 3,0 Mt/év). A további fejlesztésekhez bővíteni kell (2020-ra 6,0 Mt/év) az alapanyagbázist is, ezért napjainkban az érdeklődés középpontjába kerültek az energetikai ültetvények. Ezek létesíthetők fa-, cserje-, és lágyszárú növényekkel. Kísérleteinket a nagyon ígéretes, nemesítéssel honosított, fajtabejelentett Miscanthus sinensis évelő lágyszárúval végeztük. Ez a növény hazánkban magot nem terem, ezért palánták előállítására alkalmas technológiák kifejlesztésével foglalkoztunk.

### **A kísérletek indoklása**

A Miscanthus rizómával (gyöktörzsszel) rendelkező, a pázsit-fűfélék (Poaceae) családjába tartozó, C<sub>4</sub>-es fotoszintézist folytató növény. Évelő, a humuszos, laza talajt kedveli. Az elárasztást nem tűri, viszont kedvezően befolyásolja fejlődését, ha a talajvíz-szint a tarackokhoz közel található (0,5 m). Rizómákról vagy szövettenyésztéssel szaporítható. Az egyéves növény még fagyérzékeny ezért a telepítést csak a tavaszi fagyok után lehet elkezdni. A második évben a szármagasság eléri a 1,5-2 m-t, a hozam pedig 7- 16 t/ha. Ez az érték a harmadik évben már akár 40 t/ha is lehet. A betakarítást silózóval vagy járvaszecskázóval végzik, majd a felhasználástól függően aprítják vagy bálázzák.

---

<sup>4</sup> Nyugat-magyarországi Egyetem Erdőmérnöki Kar EMKI, Sopron

<sup>5</sup> Nyugat-magyarországi Egyetem Kooperációs Kutató Központ Kft. (Ökoenergetika KF), Sopron

<sup>6</sup> tanszékvezető, Nyugat-magyarországi Egyetem EK EMKI Energetika Tanszék; a Magyar Biomassza Társaság elnöke



1-2. kép: Miscanthus energetikai ültetvény

A *Miscanthus* rizómája rendkívül elágazó, hatékony raktározó rendszert képez. A gyökerek egy része mélyen hatol a talajba. A nagy és mélyre nyúló gyökérzet nem csupán a növény tápanyagellátása szempontjából fontos, hanem jelentős szerepe lehet az ültetvény talajszerkezet- és talajminőség javítása szempontjából is. A növénynek Európában nem ismert kórokozója.

A növény hazánkban magot nem terem, ezért csak vegetatív módszerekkel szaporítható. Külföldön két szaporítási mód ismert: a mikroszaporításos, illetve a rizóma-darabolásos. A mikroszaporításos palántanevelés viszonylag drága, a rizómaosztásos módszer pedig technikai szempontból bonyolult, alkalmazhatósága időben korlátozott.

A növény hazai nemesítői korábban megoldották a mikroszaporításos, majd a mikroszaporításra alapozott utóneveléses palántanevelést.

Új módszert azért kerestünk, mert a növény telepítése (és így a szaporítása) iránt napjainkra nagyon megnőtt az igény, ezért olcsó eljárások keresése továbbra is fontos. Mindemellet a genetikailag legjobb változatok gyors szaporításának módszerét is keressük.

### **A kísérletek bemutatása**

A kísérleteket a növény azon adottságának kihasználására alapoztuk, hogy az éves hajtások törésén kifejlődnek olyan rügyek, melyek alvórügyek, aktiválódásukhoz az szükséges, hogy

a növény törésze (a rizóma-rügyek) valamilyen okból gátoltak legyenek, így új tő létrejötteként alapjául szolgálhatnak. Ezekre a rügyekre alapoztuk a palántanevelést.

Ehhez kerestük, illetve meghatároztuk:

- az alvórügyeknek azt a biológiai érettségi fokát, mely a szaporításra legalkalmasabb,
- a legmegfelelőbb hajtásjellemzőket,
- a hajtás megfelelő módszereit,
- a hajtást gyorsító vagy segítő vegyszeres megoldásokat,
- a gyökerező hajtásrügyekből a palántanevelés hatékony módszereit,
- a növényke utónevelésének leghatékonyabb módszereit,
- a kiültetés optimális időpontját illetve időszakát.

#### ***A gyökeres hajtásrügyek tenyészedénybe helyezése***

A kísérlet során 10-15 cm hosszú darabokra aprítottunk fel *Miscanthus* szárazakat úgy, hogy mindegyik szárdarabon egy nádusz található. Ezeket vízzel teli edénybe helyeztük. A vizet hetente kétszer cseréltük a növényeken. Megindult a hajtás növekedése, majd a gyökérzet kialakulása. Az 1-2 cm-es gyökereket a nagyobb túlélési arány érdekében gyökereztető hormonnal kezeltük, majd víztartó készítménnyel kevert perlitbe ültettük.



3-4. kép: Az alvórügyről készített mikroszkópos fotó és a gyökeres palánta

### *Az előállított palánták kiültetése*

A fent említett módszerrel előállított palántákkal szántóföldi kísérletet végeztünk. A kísérleti területünk Soprontól nem messze Kópháza településen található.

A kísérlet során Miscanthus palántanövényeket ültettünk ki szántóföldi parcellába, és vizsgáltuk a fejlődésük, valamint növekedésük ütemét az időjárás függvényében. Kiültetéskor a növények átlagos magassága 29 cm volt.

Szeptemberben a legmagasabb növény már elérte a 120 cm magasságot. Emellett száraik jól fejlettek, erősek, üde zöld színűek voltak.



5-6. kép: A növény fejlettsége az ültetéskor illetve szeptemberben

### **A további kísérleti feladatok meghatározása**

A jövőben a kísérletek fő tárgyát a gyökeresedési folyamat gyorsítása képezi.

Ezen kívül a Miscanthus sinensis sokoldalúságát bizonyítandóan tápanyag-felvételi kutatásokat végzünk, különös tekintettel a szennyvíziszapban található nehézfémek megkötésére.

Emellett víztisztítással összefüggő termelési lehetőségeket is vizsgálunk a Petőházi Ipari Parkban.

## Összefoglaló értékelés

Összefoglalásként elmondható, hogy a *Miscanthus* energianövény szaporítási kísérleteink jól haladnak. Jelentős esélyt látunk arra, hogy a szár aprításával történő szaporítási módszer elterjedjen, mivel az eljárás költségtakarékos, az állomány már az első évben záródik. A jövőben nagy hangsúlyt fektetünk a folyamat gyorsítására, illetve olyan anyagok keresésére, melyek jó tápanyagforrások lehetnek.

## Felhasznált irodalmi források

*Bai Attila – Lakner Zoltán – Marosvölgyi Béla – Nábrádi András* (2002): A biomassza felhasználása, Szaktudás Kiadó Ház, Bp., 95. p.

*Frühwirth, P., Liebhard, P.* (2006): *Miscanthus sinensis* 'Giganteus'. Produktion, Inhaltsstoffe und Verwertung In: Landwirtschaftskammer Österreich, Bundes-LFI (Hrsg.), *Miscanthus sinensis* 'Giganteus', 7-47, Wien

*Marosvölgyi Béla* (2002): Biomassza hasznosítás I. Nyugat-magyarországi Egyetem-jegyzet  
*Planting and Growing Miscanthus - For Applicants to Defra's Energy Crops Scheme, 2007*

Tukacs-Hájos Annamária<sup>7</sup> - Rétfalvi Tamás<sup>8</sup> - Szendefy Judit - Marosvölgyi Béla<sup>9</sup>

## Laboratóriumi és félüzemű méretekben végzett biogáz fermentációs kísérletek tapasztalatai

### 1. Összefoglaló

A kutatások során folyamatos laboratóriumi és félüzemi fermentációs kísérleteket végeztünk az eltérő méret okozta esetleges különbözőségek feltárására. A laboratóriumi kísérlet során 1 liter térfogatú iszappal dolgoztunk, a fermentáló készülékeket a VDI 4630 német szabvány alapján állítottuk össze. A félüzemű kísérletet egy 4,1 m<sup>3</sup> hasznos térfogatú folyamatos táplálású kísérleti üzemben végeztük. A félüzemű kísérletet technológiatervezés céljából végeztük, mely alapján egy biogázüzem tervezése történik.

A kísérletek során mindkét méretben ugyanazt az alapanyag receptúrát alkalmaztuk. Az alapanyag betáplálása a laboratóriumi vizsgálatok során naponta kétszer, a félüzemű méretben óránként történt. Folyamatosan rögzítettük a termelődő biogáz mennyiségét és minőségét és hetente kétszer végeztünk el az iszap kémiai vizsgálatát (KOI, NH<sub>3</sub>-N, össz P, szerves sav tartalom, pH, savkapacitás).

A kísérletek során vizsgáltuk a gáztermelési potenciál és a keletkező fölösiszap összetételének összevethetőségét. Ezt az indokolja, hogy a laboratóriumi fermentáció költségei jóval kisebbek és általában véve is egyszerűbb a kivitelezése ugyanakkor lényeges, hogy eredményei mennyire alkalmazhatók a gyakorlatban megépülő biogázüzemek tervezéséhez és működéséhez.

---

<sup>7</sup> A szerző a GázInnov Kft munkatársa.

<sup>8</sup> egyetemi docens, Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar Kémiai Intézet

<sup>9</sup> tanszékvezető, Nyugat-magyarországi Egyetem EK EMKI Energetika Tanszék; a Magyar Biomassza Társaság elnöke

A kísérlet három hónapig tartott. Az üzemelés során azt tapasztaltuk, hogy laboratóriumi méretben előbb jelentkeztek a felmerülő problémák, mint a félüzemben, így a félüzemű kísérlet során volt idő a probléma megelőzésére és a technológiatervezés kevesebb időt vett igénybe.

## 2. Anyag és módszer

### 2.1. Laboratórium

A laboratóriumi fermentáló készüléket a VDI 4630 német szabvány alapján alakítottuk ki (1. ábra).

A kísérletek során  $1 \text{ dm}^3$  iszap térfogatban dolgoztunk. A termelődő biogáz mennyiségét egy laboratóriumi mikrogázóra segítségével regisztráltuk. Az alapanyag betáplálása egy etetőcsonk segítségével történt naponta kétszer. Az állandó víz hőmérsékletet ( $37 \text{ }^\circ\text{C}$ ) vízfürdő biztosította.

Hetente kétszer mértük az iszap kémiai paramétereit (pH, összes szerves sav,  $\text{NH}_3\text{-N}$  tartalom, foszfor tartalom, oldott KOI).



1. ábra: Laboratóriumi fermentáló készülék

## 2.2. A kísérleti üzem

A félüzemi kísérleti fermentor egy 5 m<sup>3</sup>-es egylépcsős fermentor, 4,1 m<sup>3</sup>-es hasznos térfogattal és 0,9 m<sup>3</sup>-es gáztérrel (2. ábra).



2. ábra: Kísérleti üzem

A kísérletet mezofil tartományban végeztük (37°C-on). A keverést egy keverőszivattyú biztosította, amely 2,4 m<sup>3</sup>/h mennyiségű iszapot áramoltatott a fermentor aljáról a tetejére, így a teljes iszapmennyiség 1,5 óránként átkeverődött. Az alapanyag betáplálása óránként történt. A termelődő biogáz mennyiségét egy gázóra mérte. A kísérleti üzemben folyamatos felügyelet volt biztosított.

Az iszap száraz- és szerves szárazanyag tartalma és összes szerves sav tartalma naponta került meghatározásra. Hetente kétszer mértük a következő kémiai paramétereket: NH<sub>3</sub>-N, össz nitrogén és foszfor tartalom, KOI. A biogáz összetételét naponta mértük.

### 3. Eredmények, következtetések

A laboratóriumban és a kísérleti üzemben végzett kísérletek során a betáplált alapanyagok kémiai és fizikai paraméterei teljesen megegyeztek. Az alapanyagok bioetanol gyártási melléktermékek voltak.

A betáplált alapanyagok és a termelődő biogáz mennyiségét a I. Táblázatban 1 m<sup>3</sup>-re vonatkoztatva vannak megadva.

*I. táblázat: A két kísérlet összehasonlítása*

Nap	Labor			Kísérleti üzem		
	Alapanyag I. (l/nap)	Alapanyag II. (l/nap)	Gáztermelődés (m <sup>3</sup> /nap)	Alapanyag I. (l/nap)	Alapanyag II. (l/nap)	Gáztermelődés (m <sup>3</sup> /nap)
1.	8,30	1,30	2,30	8,78	1,61	3,41
2.	8,60	1,60	3,85	8,78	1,64	3,38
3.	9,00	1,60	3,85	8,78	1,64	3,45
4.	9,00	1,60	4,05	9,29	1,64	3,73
5.	9,20	1,60	3,30	9,88	1,74	3,77
6.	9,60	1,80	3,60	10,46	1,86	4,00
7.	10,00	1,80	3,95	10,74	2,00	4,09
8.	11,10	2,10	2,80	11,18	2,09	4,35
9.	12,20	2,60	3,95	11,85	2,41	4,78
10.	13,00	2,60	4,95	12,56	2,56	4,71
11.	13,80	2,80	6,00	13,36	2,78	4,94
12.	14,60	3,00	5,25	14,08	2,91	5,63
13.	15,20	3,20	4,80	14,78	2,93	5,83

14.	16,20	3,40	5,30	15,69	3,25	6,31
15.	17,20	3,60	5,40	16,73	3,38	3,43
16.	18,20	3,80	5,80	17,68	3,60	5,73
17.	19,20	4,00	6,10	18,61	3,83	5,58
18.	20,60	4,20	6,40	19,86	3,90	6,01
19.	21,80	4,40	5,90	21,04	4,30	6,33
20.	23,00	4,80	8,36	22,21	4,54	6,79
21.	24,60	5,00	8,78	23,69	4,87	7,45
<b>Összesen</b>	<b>304,40</b>	<b>60,80</b>	<b>104,69</b>	<b>300,04</b>	<b>59,49</b>	<b>103,70</b>

A számított fajlagos gázhozama a keveréknek (II. Táblázat):

*II. táblázat: Az alapanyag-keverék biogáz hozama*

<b>Labor</b>	<b>Kísérleti üzem</b>
1 m <sup>3</sup> alapanyag-keverék biogáz hozama	1 m <sup>3</sup> alapanyag-keverék biogáz hozama
<b>287 m<sup>3</sup></b>	<b>288 m<sup>3</sup></b>

A II. Táblázatban látható, hogy a laboratóriumi kísérlet alapján számolt fajlagos biogáz hozam szinte megegyezik a fülüzemi kísérlet alapján számolt fajlagos biogáz hozammal. A biogáz CH<sub>4</sub> tartalma mindkét kísérlet során átlagosan 55-56% volt.

#### **4. Következtetések**

Az elvégzett kísérlet alapján az alapanyagra specializált technológia tervezés történt. A kísérletek 3 hónapon keresztül folytak és nagyon hasznos volt, hogy a laboratóriumi kísérlet során előbb jelentkeztek a problémák, így megelőzhető volt, hogy a kísérleti üzemben gondot okozzanak ezek a problémák. Ez fontos, mivel az adaptált 4,1 m<sup>3</sup> iszap, ha valamilyen okból

elsavanyodik és újra kell indítani, akkor ez hosszú időt vesz igénybe és lassabban lehet elvégezni a technológia tervezését.

Az is fontos információ, hogy a gázhozamok félfolyamatos laboratóriumi kísérlet során megegyeztek a kísérleti üzemben mért gázhozamokkal. Egy laboratóriumi kísérlet költsége jóval kisebb, mint egy kísérleti üzem költségei, de ugyanakkor fontos, hogy megbízható eredményeket kapjunk egy laboratóriumi kísérletben.

Tapasztalataink alapján egy laboratóriumi kísérlet akkor ad megbízható és a gyakorlatban jól használható információt, ha félfolyamatos kísérlet során határozzuk meg a gázhozamot és az oltóiszapot megfelelő módon adaptáljuk az alapanyaghoz.

**Dr. Marosvölgyi Béla<sup>10</sup> - Hájos Annamária<sup>11</sup> - Horváth Zsuzsanna<sup>12</sup>**

## **Kísérletek az amorfa (*Amorfa fruticosa* L.) energetikai hasznosítására Magyarországon**

A megújuló energiahordozók hasznosítása Magyarországon jelentős fejlesztés előtt áll. Az eddigi megújulóarány-növekedéshez mindenek előtt a fa energetikai hasznosításának gyors növekedése miatt került sor (közvetlen hőtermelésre kb. 2,3 millió t/év, áramtermelésre kb. 1,5 millió t/év).

A magyar erdők a továbbiakban már csak kis tartalékkal rendelkeznek, ezért intenzív kutatások folynak energetikai faültetvények (nemesnyárok, energiafűz, akác) speciális fafajtákkal és egyéb lignocellulózokkal (fás- és félfás cserjék, fűfélék, stb.) is. Ezek közé a kísérletek közé tartozik az amorfa-val folyó kísérlet is. Ezek a kísérletek már eddig is eredménnyel jártak.

Az eddigi kísérletek és elemzések eredményei alapján megállapítható volt, hogy, hogy az Amorfa cserje anyaga kellően nagy energiatartalmú ( $H_o=20,2$  MJ/kg). Hamutartalma viszonylag kicsi. A magas illóanyag-tartalom miatt a tüzelőberendezésekben a légfelesleg a szokásosnál nagyobb tartományban szabályozandó. A természetes állomány betakarítása csak sorfüggetlen adapterrel végezhető, az adaptert hordozó és meghajtó gép fakultatív lánctalp járószerkezettel kell hogy rendelkezzen. A fejlesztés alatt álló betakarító gép üzemi próbái eredményesek voltak. A telepített ültetvények hozama nagyobb lehetne, de a cserje természetvédelmi megítélése jelenleg kedvezőtlen, azaz amorfa ültetvény nem létesíthető

---

<sup>10</sup> tanszékvezető, Nyugat-magyarországi Egyetem EK EMKI Energetika Tanszék; a Magyar Biomassza Társaság elnöke

<sup>11</sup> PhD hallgató, Nyugat-magyarországi Egyetem KKK Kft

<sup>12</sup> PhD hallgató, Nyugat-magyarországi Egyetem EK EMKI Energetika Tanszék

## A vizsgálatok bemutatása

Magyarországon a megújuló energiahordozók hasznosítása jelentős fejlesztés előtt áll. A megújuló felhasználásának aránya jelenleg csak 4,1%, de az utóbbi öt évben a látványos fejlődés elkezdődött. Ezt jól érzékelteti az a tény, hogy a villamosenergia-termelésben 2000-ben a megújuló aránya még csak 0,5 % volt, ma már eléri az 5%-ot. Ehhez mindennek előtt a fa energetikai hasznosításának gyors növelésére került sor, aminek eredményeként közvetlen hőtermelésre kb. 1,5 millió t, áramtermelésre kb. 2,3 millió tonna faanyag felhasználására kerül sor.

A magyar erdők és hozamuk energetikai célú faanyag előállításában a továbbiakban már csak kis tartalékkal rendelkeznek, ezért intenzív kutatások folynak energetikai faültetvények (nemesnyárok, energiafűz, akác) speciális fafajtákkal és egyéb lignocellulózokkal (fás- és félfás cserjék, fűfélék, stb.) is. Ezek közé a kísérletek közé tartozik az amorfa-val folyó kísérlet is.

## Kísérletek Amorfa-val

A kísérletek természetes úton létrejött, illetve telepített kísérleti területeken folytak. A vizsgálandó kérdések:

- Az amorfa mint energiahordozó anyagjellemzőinek vizsgálata
- A speciális égési jellemzők vizsgálata a tüzelőberendezések szükséges átalakításához
- A természetes úton létesült állományok betakarításának műszaki-technológiai problémái, lehetőségei
- A természetes és a telepített állományok hozamvizsgálata (T/ha\*év, GJ/ha\*év)
- A telepített állományok hozamának növelésére alkalmas módszerek keresése
- A cserjefaj termesztésének természetvédelmi (ökológiai) problémái, és azok elhárítására alkalmas módszerek keresése.

Az eddigi vizsgálatok eredményei alapján megállapítható, hogy az amorfa

- anyaga energetikai célra kiválóan alkalmas

Az egyéves vesszők betakarítását követő 1 hónapos tárolás után

a kezdeti nedvesség ( $W=47\%$ )  $W = 34,2\%$  értékre csökkent.

A nedves állapotban mért energiatartalom (fűtőérték)  $H_u = 12727$  kJ/kg

A száraz állapotban mért égéshő  $H_o = 20259$  kJ/kg

A hamutartalom  $A = 1,5$  %

Összehasonlításként fenyő (Pinus) fafeldolgozási fapor adatait is bemutatjuk.

	W (m/m %)	$H_u$ (kJ/kg)	$H_o$ (kJ/kg)	A (m/m %)
<b>Amorpha</b>	<b>34,2</b>	<b>12727</b>	<b>20259</b>	<b>1,5</b>
Fapor	9,3	18053	19764	0,4

A viszonylag magas fűtőérték a növény anyagának jelentős olajtartalmával függ össze.

- illóanyag-tartalma viszonylag nagy, ezért a tüzelőberendezés levegőellátását ennek megfelelően kell beállítani

## Vizsgálatok természetes állományokban és kísérleti ültetvényen

A természetes állományok mindenképp előtte vízjárta ártereken jelennek meg, illetve ilyen területeken telepített állományokban mint kísérő cserjeszint jelennek meg. Az ártereken a létrejött állományokat a természetvédelem visszaszorítani kívánja, ezért a betakarítás a költségvetésből támogatott.



1.ábra. Kísérleti terület nézete. (fotó:Marosvölgyi)

- a természetes úton létrejött ültetvények betakarításánál
  - motormanuális technológiájában a kévés betakarítás és a kévékkel végzett logisztika válhat be. A kévék aprítására alkalmas kísérleti aprítógép is készült
  - Nagyüzemi betakarítás esetén egy új műszaki megoldás kialakítása a feladat. A területen járó, a növényeket levágó-felaprító és az aprítékot folyamatosan gyűjtő gépcsoport kialakítása Az aprító és gyűjtő gépcsoportot a Délalföldi Erdőgazdasági Zrt és a Szegedi Vas- és Fémipari Szövetkezet együttműködésében készítették el. A kísérleti üzemeltetési eredmények kedvezőek. Továbbfejlesztésre van szükség a gépcsoport terepjáró-képességének növelésében..



2.ábra. Járvaaprító kísérleti gép munka közben (a Gyártó fotója)

***Műszaki adatok, méretek:***

A gép méretei

Magasság:3450 mm

Szélesség:2400 mm

Hosszúság

Összecsukott kidobóval:3200 mm

Kinyitott kidobóval:7370 mm

Tömeg:2100 kg

Maximális haladási sebesség: 2-4 km/h (Az aprítandó anyag mennyiségétől függ.)

***Anyagszállítás jellemzői:***

Mulcsuzó tengely fordulatszáma:	2500 ford./min
Behordó csiga fordulatszáma:	170 ford./min

Behordó hengerek	fordulatszáma:170 ford/min
Behúzási sebesség:	120mm/ford(3 darabolás/fordulat)

**A telepített ültetvény-kísérletek elkezdődtek.**

A tervszerűen telepített állományban a cserjék növekedése intenzívebb, az állományban jól elkülönülő tövek alakulnak ki, melyekben a területegységre számított fajlagos hajtásszám nagyobb, mint a természetes állományokban. A hajtások töátmérője is nagyobb. Erre a betakarítógépek továbbfejlesztésénél figyelemmel kell lenni



3. ábra. Egy cserjető a természetes állományban (Fotó:Marosvölgyi)



4. Ábra. Cserjető a telepített parcellában.(Fotó:Marosvölgyi)

A telepített ültetvények hozama nagyobb lehetne mint a természetes állományoké, de a cserje természetvédelmi megítélése jelenleg kedvezőtlen, azaz amorfa ültetvény nem létesíthető

### **Következtetések**

- Az Amorfa cserje anyaga alkalmas ez energetikai hasznosításra.
- A cserjék anyagának betakarítása motormanuális technológiában a vágás után a kévében történő tárolással és szállítással jól kezelhető, a kévek dob-forgórészes (trommel) aprítógéppel jól apríthatók.
- A nagyüzemi betakarításhoz megfelelő gépcsoport szükséges, amelyik meghajtó-hordozó erőgépből, vágó-aprító adapterből és apríték-gyűjtő utánfutóból áll.
- A kísérleti gép üzemi próbái eredményesek voltak, a kis teherbírású talajokhoz azonban speciális járószerkezet alkalmazása szükséges
- Az amorfa energetikai ültetvények létesítésére is alkalmas. Az ültetvényekben erőteljesebb tövekkel és nagyobb hajtás-átmérőkkel kell számolni.
- Szükségesnek és indokoltnak tartjuk a cserje természetvédelmi megítélésének korszerűsítését zárt technológiában kezelt energetikai ültetvények esetében, azaz a telepítés engedélyezését látjuk indokoltnak.

**Dr. Bai Attila<sup>13</sup>**

## **A bioüzemanyagok alkalmazása a debreceni tömegközlekedésben**

### **Bevezetés**

Az életszínvonal növelése – az energiatakarékossági intézkedések ellenére – egyre több energiát kíván. Ez elsősorban a fejlődő országokban jelentkezik, hiszen ott az energiatakarékosság sokszor még gyermekcipőben jár, de hatással van a hazai importenergia árára, beszerzésének biztonságára, valamint mezőgazdasági piacainkra is. A Világ energiafogyasztása 2001–2007-ben évente átlagosan 2,6%-kal növekedett, amit lényegesen meghaladott a bruttó hazai termék (GDP) emelkedése (4,0%), vagyis a fajlagos energiafogyasztás a 2008-as válság előtti években egyre hatékonyabbá vált. Nagy problémaként jelentkezett akkor és napjainkban is azonban a termelés és a felhasználás térbeli struktúrájának eltérése, az EU energiafüggősége eléri az 55, míg az olajimport a 80 %-ot (KSH, 2008).

Bár a világgazdasági válság eredményeként a 2008-as hazai energiafogyasztás az 1996-os szintre esett vissza, forrásainknak már 67 %-át importból szereztük be (KSH, 2009). A fogyasztás visszaesése – az EU-ban egyedülálló módon – azonban nem mutatkozott meg a hajtóanyagok hazai keresletében. A VPOP 2009-es adatai szerint a szabadforgalomba kerülő üzemanyagok mennyisége az 1998-as 3,9 Mrd l-ről 2008-ra – folyamatos növekedés eredményeképpen - 5,6 Mrd l-re növekedett, míg az import részaránya elérte a 89 %-ot (IEA, 2009). A közlekedés részaránya a hazai energiafogyasztásban ugyan csak 17 %-ot tesz ki (IEA, 2009), ám a költségekben, ezek tovaggyűrűző hatásában, valamint a károsanyag-kibocsátásban jóval nagyobb a jelentősége.

---

<sup>13</sup> egyetemi docens, Debreceni Egyetem, Gazdálkodástudományi és Vidékfejlesztési Kar

A fenntarthatóság azonban nemcsak a környezet-, az energia- és a kereskedelem-politikánkban került veszélybe. Hazai természeti adottságaink kiválóan alkalmasak a növénytermesztésre, a hazai népesség stagnálása és a csökkenő állatállomány viszont korlátozza a belföldi értékesítést. Ennek köszönhetően a gabonaágazatban többnyire jelentős feleslegek tárolásáról és külföldi értékesítéséről kell gondoskodni, a gabonafélék intervenciós felvásárlásának átalakulása pedig hosszú távon is veszélyt jelent ezen ágazatra. A problematikus értékesítési lehetőségek tehát piaci szempontból lehetővé teszik, környezetvédelmi és energiapolitikai vonatkozásban, valamint az EU idevágó előírásainak teljesítése miatt hosszabb távon pedig kikényszerítik a bio-hajtóanyagok előállításában rejlő lehetőségeink jobb kihasználását. Rövidtávon valószínűleg a vidékfejlesztési és versenyképességi szempontok fogják meghatározni a jövőbeni elterjedést, amelyek azonban Európában a fejlődő országoktól lényegesen eltérő hatást eredményeznek.

A hazai elterjedést több, egymással ellentétben álló gazdasági tényező akadályozza. Ezek egy része – a kőolaj- és egyéb helyettesítő termékek, valamint az alapanyagok világpiaci árai, az időjárás és a globális kereslet változása, valamint a külföldi konkurencia - hazánk által nem befolyásolható. A bio-hajtóanyagokat előállító üzemek létesítése és működtetése is igen jelentős vizsont forrásokat igényel, amelynek alapanyag-beszerzési és értékesítési háttere sem problémamentes. Utóbbinak a hazai jármű-állomány összetétele, valamint az értékesítés infrastruktúrája is gátat szab. A jelentős beruházásigény, a nagy kockázat, a bizonytalan jövedelemtermelő képesség és a jelentős makrogazdasági előnyök indokolttá tennék az állami támogatást, valamint a hosszú távra kiszámítható szabályozást, ami az állami költségvetés hiánya miatt a gyorsan változó gazdasági-politikai helyzetben nehezen valósítható meg. A közelmúltban számos ellentmondó vélemény látott napvilágot a bio-hajtóanyagok mezőgazdasági hatásaival, élelmezésügyi veszélyeivel, energetikai, valamint környezetvédelmi hatékonyságával kapcsolatban, ami nehezítheti egy szakmailag megalapozott bio-energetikai stratégia kialakítását és következetes végrehajtását. A téma vidékfejlesztési perspektívái, multidiszciplináris jellege, valamint látszólagos ellentmondásai készítettek arra, hogy igyekezzek korrekt választ adni arra, hogy adott közgazdasági környezetben a gazdaság mely szereplőire, milyen szempontból és milyen mértékben van hatással a bio-hajtóanyagok alkalmazása.

Meggyőződésem, hogy hazánkban a helyi buszközlekedés lehetne a jelentősebb alkalmazás első lépcsőfoka, hiszen az alacsonyabb jövedelmű emberek tömegei számára is, jelentős biohajtóanyag-mennyiség felhasználását teszi lehetővé, éppen a városi közlekedésben, ahol a károsanyag-kibocsátás szintén koncentráltan jelentkezik és zökkenőmentesen megoldható az üzemanyagtöltés akkor is, ha nincs kiépítve országos kútrendszer. Emellett szól az is, hogy a szabványnál magasabb bio-koncentráció itt jobban ellenőrizhető és hatásosabban támogatható, hazai viszonyok között pedig már rendelkezésre állnak ezzel kapcsolatos tapasztalatok. A debreceni biodízelés és biogázos kísérletek előkészítésében, valamint tapasztalatainak értékelésében személyesen is közreműködtem.

## 1. A bio-üzemanyagok általános értékelése

### 1.1. A gazdaságosság relativitása

A hazai Jövedéki Törvény (2003. évi CXXVII. Tv.) 2008. január 1-től nem a bio-üzemanyagok adókedvezményével, hanem a legalább 4,4 térf% biokomponenst nem tartalmazó folyékony hajtóanyagok 8 Ft/l-es többletadójával preferálta a bekeverést. 2009. január 1-től 4,8 %-ra módosult a bekeverés mértéke, a büntetőadót pedig differenciálták: a benzinnél 5,2 Ft/l, a gázolajnál 4,3 Ft/l összegre. 2009. július 1-től a 138/2009. (VI. 30.) Korm. rendelet kötelezővé tette a bekeverést és a 4,8 térf%-os értéket energiatartalomban fejezte ki (bioetanol: 3,1 e%, biodízel: 4,4 e%). Ennek megszegésekor 35 Ft/MJ büntetést szab ki a hiányzó bioüzemanyag-mennyiségre. A normál szabvány<sup>14</sup> fölötti bekeverést 40 Ft/l többletadó korlátozza, emiatt a bekeverés első közelítésben 4,8-5 térfogat % mellett indokolható gazdaságilag. Ha a bio-hajtóanyag drágább a hagyományos komponensnél, akkor természetesen 4,8 %-ot (a minimumértéket) érdemes felhasználni. Az összehasonlítás esetén nem a térfogat, hanem a fűtőérték a releváns, lehetőleg figyelembe véve a hatékonyabb égést is, vagyis azt célszerű vizsgálni, hogy egységnyi távolságot milyen költséggel lehet megtenni a különböző üzemanyagokkal. Amennyiben esetleg drágább a bio-üzemanyag, mégis érdemes lehet bekeverni. A forgalmazó ugyanis ebben az esetben két rossz közül választhat: (1) vagy nem keveri be a drágább bio-üzemanyagot és ekkor benzinnél 7,8 Ft/l, gázolajnál pedig 7,2

<sup>14</sup> Bioetanol, biodízel: max. 5 térf% (MSZ EN 590:2004), bio-ETBE: max. 15 térf% (MSZ EN 228:2004)

Ft/l többletköltséggel<sup>15</sup> számolhat, vagy egészen addig bekeveri, amíg ennél kisebb lesz a vesztesége és lehetőleg mindezt továbbhárítja a fogyasztókra. A 4,8 tf%-os részarány a teljes mennyiség (100 %) 1/21-részét teszi ki, következésképpen, amennyiben a biohajtóanyag 21 Ft/l-rel drágább a helyettesített fosszilis üzemanyagnál, akkor is összességében csak 1 Ft/l lesz a keverék drágulása. Ezen eszmefuttatás szerint benzinnél 162 Ft/l, gázolajnál 150 Ft/l<sup>16</sup> árkülönbség (azonos fűtőértékre vonatkozóan) indokolhatná csak a bio-hajtóanyagok kizárását a bekeverésből a jelenlegi hazai jogszabályi környezetben, ennyire nagy különbség azonban jellemzően már nincs. Következésképpen a normál hajtóanyagok a bio-komponens miatt ugyan valószínűleg kismértékben drágulni fognak, de ennek nagysága jóval elmarad attól, mintha nem alkalmaznánk őket. A drágulás valószínűleg nem a MOL-t fogja sújtani, hanem a fogyasztókat, akik viszont ezt lehet, hogy az olajárak változásaként fogják értékelni. Nem ok nélkül: véleményem szerint ennek hatása ugyanis sokkal nagyobb lesz.

### 1.2. Az olajárak és a növényi alapanyagok árának hatása

A vizsgált bio-hajtóanyagok helyettesítési értéke alapvetően a kőolajáraktól, míg költségei a növényi alapanyagok bekerülési árától függenek, így különösen indokolt ezeknek a tényezőknek a vizsgálata is. A 2007. január 1 – 2009. augusztus 7. között eltelt, több ellentétes tendenciát magában foglaló 136 hét adatai alapján az olajárak és a hazai benzin/gázolaj költségösszetevői a következőképpen alakultak (1. táblázat):

1. táblázat: A benzin és a gázolaj fő költségtényezői

Statisztikai jellemző	Kőolaj ára		Adók nélküli ár		Adótartalom		MOL (1)	
			benzin	gázolaj	benzin	gázolaj	benzin	gázolaj
	USD/bbl	Ft/l	Ft/l	Ft/l	Ft/l	Ft/l	Ft/l	Ft/l
Minimum	37	44	83	113	144	128	16	38
Maximum	144	136	156	192	173	151	52	85

<sup>15</sup> Benzin:  $(5,2 \text{ Ft/l} * (100\%/4,8\%)) + (32 \text{ MJ/l} * 4,8\% * 35 \text{ Ft/MJ}) / (100\%/4,8\%) = 7,8 \text{ Ft/l}$  benzin

Gázolaj:  $(4,3 \text{ Ft/l} * (100\%/4,8\%)) + (36 \text{ MJ/l} * 4,8\% * 35 \text{ Ft/MJ}) / (100\%/4,8\%) = 7,2 \text{ Ft/l}$  gázolaj

<sup>16</sup>  $7,8 \text{ Ft/l} * 21 = 162 \text{ Ft/l}$ ,  $7,2 \text{ Ft/l} * 21 = 150 \text{ Ft/l}$

<b>Átlag</b>	<b>79</b>	<b>89</b>	<b>126</b>	<b>144</b>	<b>154</b>	<b>135</b>	<b>37</b>	<b>55</b>
<b>2009.07.17</b>	<b>68</b>	<b>79</b>	<b>121</b>	<b>124</b>	<b>170</b>	<b>148</b>	<b>42</b>	<b>45</b>
Szórás (2)	7,4	7,1	11,6	6,0	2,3	1,2	6,2	3,1
Szórás(3)	9,4	8,0	9,2	4,2	1,5	0,9	16,5	5,7

Alapadatok forrása: [www.khem.gov.hu](http://www.khem.gov.hu)

Jelmagyarázat: (1) Feldolgozás+forgalmazás+nyereség, (2): USD/bbl, Ft/l, (3) %

79 USD/bbl átlagos olajár 186 HUF/USD átlagos árfolyamon 89 Ft/l alapanyag-költséget jelent a benzin- és gázolaj-előállításban. Erre rakódnak még a feldolgozás, szállítás, forgalmazás költségei, a feldolgozók és forgalmazók nyeresége, valamint az állami adók, melyek eredményeként a benzin 280 Ft/l, a gázolaj pedig 279 Ft/l körüli átlagáron volt beszerezhető a vizsgált időszakban a benzinkutaknál. Az olajárak hatása az üzemanyag-árakra kétirányú: egyrészt közvetlenül megnövelik az alapanyag-költséget, de ugyanakkor a százalékosan kivetett adók forintértékét is. A hazai árszerkezetben a termékmennyiséghez kötött adó (a jövedéki adó) a meghatározó tétel, az olajár-változás emiatt csak az ÁFA értékét befolyásolja. Az egyéb költségek és a nyereségigény szintén függetlenek az olajár változásától.

Az eltérő adók (és feldolgozási költségek) miatt az olajárak hatása is különböző lesz a benzin és a gázolaj esetében, ilyen módon eltérő hatást gyakorol a biodízel és a bioetanol helyettesítési értékére is. Ennek az oka valószínűleg nem elsősorban a kőolaj-termékek adózásból és feldolgozásból eredő eltérő hatása, hanem a MOL árképzési rendszerének a változása, mely az időszak jelentős részét jellemző 30 Ft/l-es különbségről 2009. augusztusra gyakorlatilag kiegyenlítődött a benzin és a gázolaj között, így a gázolajárak az eltérő adók miatt kb. 20 Ft/l-rel a benzinnél olcsóbbá váltak. Hosszabb időtávú adatokból természetesen még megbízhatóbbak lennének ezek a következtetések, mivel az ár- és árfolyam-politikában középtávon más tényezők is jelentkezhetnek. A kőolajárak meglehetősen szorosan korrelálnak a benzin- és gázolajárakkal ( $r=0,87-089$ ), míg utóbbiak árának változása egymáshoz képest jóval lazább összefüggést mutat ( $r=0,81$ ).

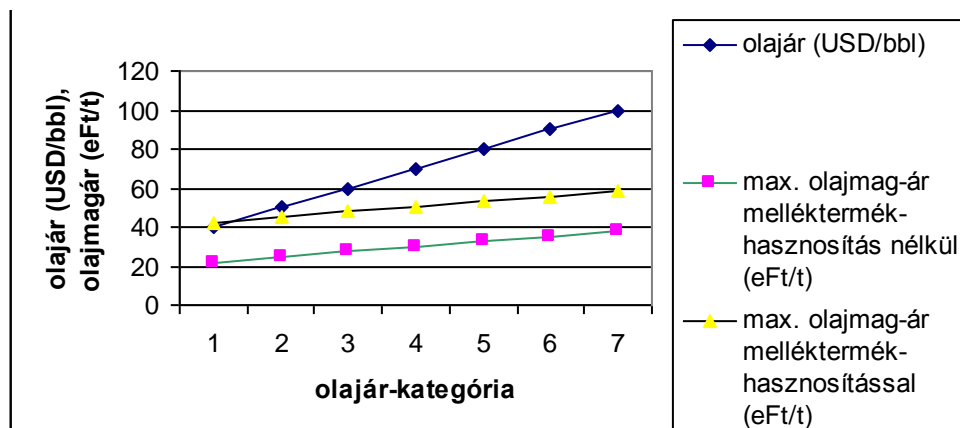
Számításokat végeztem annak vizsgálatára is, hogy az alapanyagokból milyen áron lehet még gazdaságos a biodízel és a bioetanol előállítása. Alapadataimat és az ezekből kapott eredményeket a 2. táblázatban és 1.-2. ábrákon foglaltam össze.

**2. táblázat: A kőolaj/növényi termékárak arányának számításához felhasznált alapadatok**

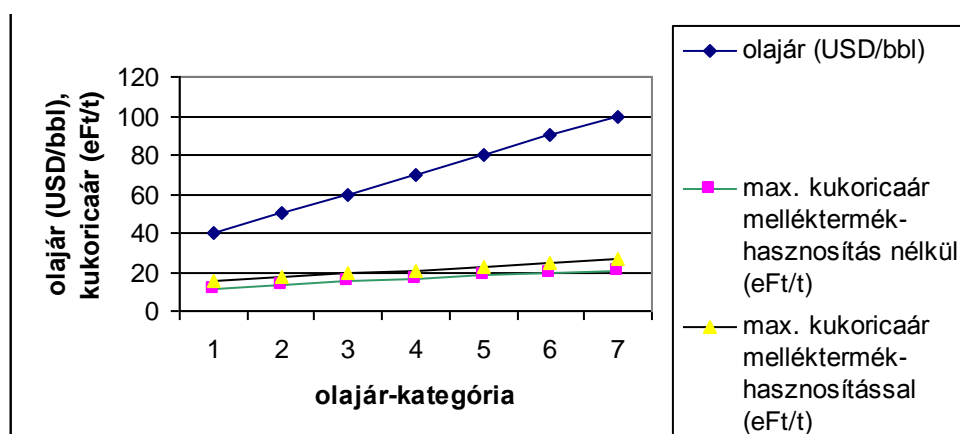
	M.e.	Biodízel	Bioetanol
Kőolajár (1)	USD/bbl	40-100	
Árfolyam (1)	HUF/USD	186	
Kőolaj-feldolgozás költsége (1)	Ft/l	55	37
Fűtőérték-arány	1/1	0,9	0,65
Alapanyag-költség részaránya (2)	%	70	60
Biodízel/bioetanol-kihozatal (3)	%	35	35
Melléktermék értéke (4)	Ft/kg kukorica, olajmag	57	10

Jelmagyarázat:

- (1) 136 hetes átlagadatok (2007.01.01.-2009.08.07.),
- (2) biodízel: 9 ezer t/év üzemi kapacitás, 80 Ft/kg olajmag-ár,  
bioetanol: 40 ezer t/év üzemi kapacitás, 30 ezer Ft/t kukoricaár.
- (3) átlagos technológia,
- (4) biodízel: 57 % olajmagdara, 35 eFt/t ár, bioetanol: 33 % DDGS-kihozatal, 22 ezer Ft/t ár.

**1. ábra: A kőolaj- és az olajmag-árak összefüggése a biodízel-gyártásban**

Forrás: saját kalkuláció

**2. ábra: A kőolaj- és a kukorica-árak összefüggése a bioetanol-gyártásban**

Forrás: saját kalkuláció

A fenti ábrákon jól látszik, hogy a jelenlegi szabályozórendszer mellett hazánkban csak jóval 100 USD/bbl kőolajárak felett lenne gazdaságos a folyékony bio-hajtóanyagok alkalmazása, az utóbbi évek alapanyagárainak ismeretében. A 2009. júliusi kőolajárak csak 50 eFt/t körüli olajmag-ár, illetve 21 ezer Ft/t kukoricaár (és a melléktermékek teljes körű hasznosítása) esetén lennének megfelelőek, az akkori 70-77 ezer Ft/t, illetve 35 ezer Ft/t termelői árakkal szemben. Ugyanakkor az elméleti veszteség jelentősen csökkenhet a betakarítást követő

alacsonyabb terményárak, a fűtőértéktől jobb tényleges motorikus fogyasztási adatok, valamint a jobb főtermék-kihozatalt lehetővé tevő speciális fajták és feldolgozási technológiák révén.

## **2. Hazai bioüzemanyag-projektek értékelése**

### ***2.1. A kaposvári bioetanolos projekt***

Kaposvárott a helyi buszpark a kísérletek időpontjában 43 járműből állt, melyek átlagéletkora 12,5 év, s ebből 33 cseréjét tervezik. A környezetbarát buszok 5-8 százalékkal drágábbak a hagyományos buszokhoz képest. Az első kísérleti üzemeltetésre 2006 szeptemberében került sor, amit 2006. december 19. és 2007. január 19. között egy újabb követett. A városi tömegközlekedés jelenlegi évi üzemanyag-igénye 4 millió liter. A tapasztalatok szerint városi forgalomban a hagyományos üzemű buszokhoz képest 8-20 százalékos fogyasztásnövekedésre lehet számítani (www.zoldtech.hu, 2008). A fenti alapadatok alapján 2009 júliusi gazdasági adatokkal a vertikum szereplőinek gazdasági érdekelttségét a 3. táblázatban összegeztem.

**3. táblázat: A bioetanol előállításának és felhasználásának gazdasági kulcsszámai**

Üzemi modellek alapadatai	Olajár: 68 USD/bbl		Bioetanol-kihozatal: 35 %		
	EUR = 267 HUF		DDGS-ár: 120 USD/t = 22 eFt/t		
	USD = 187 HUF		Kukorica termelői ára: 35 eFt/t		
	2009. július 27-i adatok		300 ezer l/nap*	140 ezer l/nap*	100 ezer l/nap*
Bioetanol-üzem	Önköltség**	Ft/l	<b>136</b>	<b>144</b>	<b>150</b>
	Nettó ár (EU)		<b>113 Ft/l</b>		
			Bioetanol piaci ára	Benzin fűtőértékének megfelelő ár	
Buszközlekedés	Bioetanol-ár		248***	263-293***	
	Benzinár		227***		
	Veszteség		<b>-36 – (-) 66</b>		
Lakossági fogyasztók	Bioetanol-ár		310****	335-372****	
	Benzinár		290****		
	Veszteség		<b>-45 - (-) 82</b>		

Forrás: AKII és MNB alapadatok alapján végzett saját számítások

Jelmagyarázat:      \* üzemi kapacitás bioetanolra vonatkoztatva  
                              \*\* teljeskörű melléktermék-hasznosítással  
                              \*\*\*szállítási költség és ÁFA nélkül, 5 Ft/l nagykeresk. kedvezménnyel,  
                              legnagyobb üzemi méretnél  
                              \*\*\*\*szállítási költség nélkül, ÁFA-val, legnagyobb üzemi méretnél.

A 3. táblázat adatai azt mutatják, hogy a 2009. július 27.-i gazdasági körülmények mellett mind a tömegközlekedésben, mind a gépjármű-közlekedésben veszteséget okozna a bioetanol alkalmazása a benzinhoz képest. Mivel azonban ez a veszteség kisebb a bekeverés elmaradásakor jelentkező hátránynál (162 Ft/l bioetanol), ezért a 4,8 %-os bekeverés gazdaságilag indokolható, ennél magasabb részarány azonban semmiképpen. A hazai

gazdálkodók részére a mostani 35 eFt/t kukorica-ár valószínűleg nyereséget eredményezne egy átlagos évjáratban.

Jelen feltételek mellett 27 eFt/t kukoricaárak mellett lenne elméletileg versenyképes a bioetanol külföldi értékesítése (szállítási költség nélkül), a benzinnel szemben pedig a hazai bekeverés még alacsonyabb áron lenne versenyképes, ezek az alapanyag-árak azonban már az alapanyag-ellátást sodorhatnák veszélybe. A forintban kifejezett kőolajárak és az alapanyagárak közötti árrés növekedése segíthetné elő a mostani gazdasági helyzetben érdemileg a vertikum nyereséges működését.

Környezetvédelmi szempontból az E-85 használata a teljes buszflottában 6310 t/év széndioxiddal egyenértékű káros gázzal csökkentené Kaposvár légszennyezettségét, melynek piaci értéke mintegy 24 MFt (14 EUR/EUA, [www.vertisfinance.com](http://www.vertisfinance.com), 2009.07.27.). Ebből a tervezett buszcserék töredékét lehetne csak végrehajtani. A 4 millió liter benzin 85 %-ának helyettesítése elméletileg mintegy 38-40 munkahelyet jelentene és évente mintegy 40-50 MFt munkabért juttatna az itt élőknek s ezzel körülbelül megegyező összeget a befizetett személyi adók, járulékok révén az államháztartásnak.

## **2.2. A debreceni bio-üzemanyag-projekt**

A „Mobilitási kezdeményezések helyi integrációhoz és fenntarthatóságához” c. TREN/04/FP6EN/S07/513562 sz. projekt (2005-2009) célja komplex eszközökkel a környezetbarát városi közlekedés megvalósítása, a tapasztalatok átadása és adaptálása, melyben Debrecen mellett 4 másik EU-tagország egy-egy nagyvárosa vett részt. A WP5 altéma végső célkitűzése egy olyan, Európában szinte egyedülálló modell-rendszer megteremtése és működtetése volt Debrecenben, mely magában foglalta volna a hulladékgyártást, az elektromos áram-ellátást, a távfűtést és a helyi tömegközlekedést, a biogáz és biodízel kísérleti alkalmazásával a helyi buszokban. A debreceni kísérletekben a DMJV Önkormányzat koordinálásával a Debreceni Egyetem, a Hajdú Volán Zrt, a Városi Szennyvíztelep és az ÁKSD Kft vett részt, a WP5 programcsomag altéma-felelőse én voltam.

### 2.2.1. A biogáz program tapasztalatai

A biogáz, mint hajtóanyag iránti keresletet a közeljövőben alapvetően a folyékony bioüzemanyagoktól eltérő tényezők befolyásolják:

- Tisztítása és járműbe töltése elsősorban az előállítás közvetlen környezetében célszerű, a tisztítás nélküli sűrítés, illetve a palackos kiszerezésben való szállítás gazdaságossága igen kétséges, ennél fogva a helyi kereslet meghatározó.
- Az autógáz részaránya a hajtóanyagokon belül rendkívül minimális, ezért az EU előírásainak teljesítése a bio-metánnal alkalmazásának megítélésében nem releváns.
- A gazdasági tényezők közül meghatározó a világpiaci földgázár, valamint a biogáz egyéb felhasználási módjaival (kogeneráció, országos gázvezetékbe táplálás) elérhető nyereség. Utóbbiak esetében előnyként jelentkezik a bio-metánnal szemben az elektromos áram, valamint a bio-földgáz országos szintű értékesíthetősége.

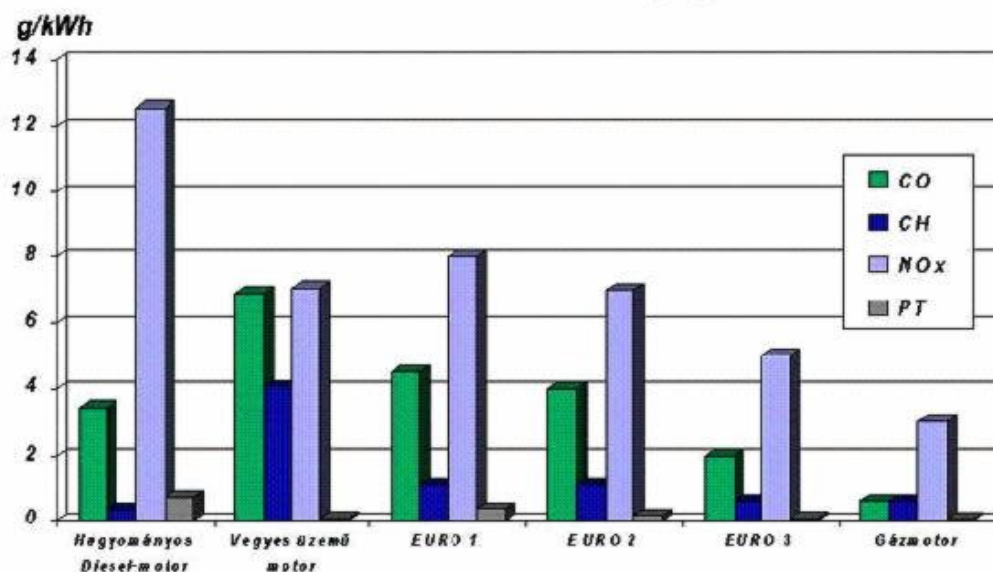
A programban 3 új gázüzemű autóbusz beszerzése, valamint 3 dízelbusz átalakítása történt meg. A tisztított és sűrített biogáz (bio-CNG) kipróbálása a 34 gázüzemű járműből 2 db, fosszilis eredetű CNG-vel működő, IK 280 G 10 UTLL 190 típusú autóbuszán volt előirányozva. A buszok átlagfogyasztása 55-58 kg CNG/100 km, melyet a motor életkora és futásteljesítménye, az útvonal jellege, a járat ideje befolyásolnak. Az éves futásteljesítmény 70.000 km körül alakult az utóbbi években. A járművek üzemeltetéséhez a vezetékes földgázt ( $34 \pm 0,2$  MJ/Nm<sup>3</sup> fűtőérték, 0,7 kg/m<sup>3</sup> sűrűség) 200 bar-os nyomásra (kétszázad részére) sűrítik, ilyen módon egy köbméter fűtőértéke 34 MJ-ról 6,8 GJ-ra növelhető és ezt használják fel a gázüzemű autóbuszokban. A biogázból származó metán felhasználása a kiosztó és motorikus rendszerben nem igényel átalakítást, amennyiben – a 138/2009. (VI. 30.) Korm. rendelet értelmében - eléri a földgáz-minőséget.

A szilárdhulladék-lerakó telepen akkoriban képződött depóniagáz önmagában nem tette volna lehetővé a gazdaságos tisztítást, azonban a szennyvíztelepi biogázzal együtt (összesen mintegy 3 MNm<sup>3</sup>/év-nyi mennyiségben) már elegendő lett volna mind a teljes buszflotta ellátásához, mind a megfelelő (gazdaságos) üzemi mérethez. A tisztítás költségei ugyanis igen nagymértékben függnak a kapacitástól, 2-8 MNm<sup>3</sup>/év között technológiától függően 30-50

Ft/Nm<sup>3</sup> között alakulnak. Jelen esetben 350-400 MFt-os beruházással akkor lett volna gazdaságos a földgázt helyettesíteni a biogázzal, amennyiben annak alapanyag-költsége (a metántartalom függvényében) nem haladja meg a 25-30 Ft/Nm<sup>3</sup> értéket. Erre legnagyobb esély a hulladék-gazdálkodással foglalkozó (szennyvíz-, illetve depónia-) telepeken van. A fenti beruházási költség nem tartalmazza a tisztításon kívüli költségeket, melyek közül a már meglévő biometán-töltőállomás forrásigénye nem jelentkezett volna, viszont a biogáz, vagy biometán eljuttatása a töltőhelyre komoly beruházásigényt jelent, melyet egy kísérleti üzemre nem célszerű létrehozni.

A program igazi létjogosultságát a környezetvédelmi szempontok jelentették. A gázmotorok kibocsátása a dízelmotorokhoz képest sokkal kedvezőbb (3. ábra), a biometán pedig további mintegy 120 g/km emisszió megtakarításával jár a földgázhoz képest, a teljes életciklust figyelembe véve (Fogarassy et al, 2008). Az adott település szempontjából a földgázzal és biometánnal üzemelő buszok egyformán hasznosak a légszennyezés elkerülése szempontjából. Foglalkoztatási szempontból (amennyiben már létezik a hulladékgazdálkodási telep) az automatizált folyamatok miatt gyakorlatilag nem nyújt új munkalehetőséget.

### 3. ábra: Különböző autóbuszmotorok károsanyag-kibocsátása



Forrás: [www.kti.hu](http://www.kti.hu)

A buszpark üzemeltetéséhez szükséges biogáz-mennyiség ugyan elméletileg rendelkezésre állt, azonban jelentős részét más célokra (villamos áram és hulladékhő-előállítás, valamint közvetlen eltüzelés) hasznosították. Ugyanakkor a program indulásakor az AKSD Kft a kísérleti mennyiség biztosítására készen állt, az induláskor a gáztisztítás és biogáz-szállítás megoldása és gazdaságossága/finanszírozhatósága volt a kulcskérdés. Végül a program ezen részébe tartozó kísérletek elvégzése nem valósult meg, elsősorban azért, mert az AKSD Kft egyéb megállapodásai miatt és a környezetvédelmi előírások (depónia ártalmatlanítás) teljesítése érdekében egy külső befektető részére értékesítette gyakorlatilag a teljes biogáz-mennyiséget, melyet ilyen módon a kísérletekben nem tudtunk felhasználni. A kísérleti alkalmazásra rendelkezésre álló összeg – az EU illetékeseivel előre egyeztetve - a biodízeles kísérletek finanszírozására történt átcsoportosításra.

### ***2.2.2. A biodízel program tapasztalatai***

A MOBILIS Program ezen része (WP5) a biodízel-normál dízel különböző arányú keverékeinek kipróbálását irányozta elő. A biodízel előállítása ugyan kísérleti jelleggel évekkel ezelőtt beindult hazánkban, ám a folyamatos működésre csak 2008-tól került sor. A jogszabályok jelentős 2008-as változása miatt a hivatalos állásfoglalások beszerzése is elhúzódott, hiszen a hazai működő üzemek gyakorlatában ugyan előfordult már külföldre, vagy belföldi, bekeverésre jogosult vállalkozás részére biodízel értékesítése, ám bekeverésre nem jogosult szereplő és kísérleti alkalmazás tekintetében a MOBILIS projekt jelentette az első biodízeles hazai referenciát. A tényleges üzemi és próbapadi mérések 2008. április 10-június 2 között folyamatosan zajlottak le. Összességében a programban résztvevőkkel 2400 l biodízelt használtunk fel, 10, 20 és 50 %-os biodízel-koncentrációban és ezeket hasonlítottuk össze a normál (4,4 % biodízelt tartalmazó) gázolajjal, különböző életkorú, de azonos típusú buszokban. A méréseket elvégeztük forgalmi viszonyok között, próbapadon és megvizsgáltuk a tesztjárművek vezetőinek szubjektív véleményét is. A motorok védelmében azonban a magasabb koncentrációkra való áttérés fokozatosan valósult meg. A kísérletek lefolyása a Hajdú Volán Zrt járműveiben a következőképpen zajlott:

- 2008 április 10-21 között 10 %-os keverékből 2000 l felhasználása,
- 2008 április 22-május 15 között 20 %-os keverékből 5600 l felhasználása,

- 2008 május 16-június 2 között 50 %-os keverékből 3600 l felhasználása.

A vizsgált 5 busz az EURO 2-es kategóriába tartozott, közöttük szóló és csuklós járművek is előfordultak. Minden egyes autóbusz a biodízel tesztek megelőzően soron kívüli átvizsgáláson esett át, ahol a jármű teljes átvizsgálásán felül olajsűrű és levegősűrű ellenőrzés, illetve szükség esetén csere is történt.

#### **2.2.2.1. Motorikus hatások**

A bemérőpadi méréseken a teljesítménycsökkenés a 10 és 20 %-os biodízel keverék esetében elhanyagolható mértékű (max. 5-8%) volt, míg az 50%-os koncentrációnál az igényelt motorteljesítményhez képest a teljesítménycsökkenés a 10-15%-ot is elérte.

A vizsgálatok során a buszok átlagfogyasztásának alakulását a 4. táblázat mutatja be. A buszok normál üzemmódban vizsgált átlagfogyasztása között meglehetősen nagy (átlagosan 4,2 l/100 km) különbségek voltak tapasztalhatók, melyek a biodízel bekeverésével sem változtak látványosan (4,1-5 l/100 km). A bio-üzemanyag arányának növelése ugyan minden esetben a fogyasztás növekedésével járt, ám ennek mértéke nem volt arányos a bio-dízel bekeverésének arányával, az 5 busz átlagában vizsgálva – a várható értékekkel ellentétben – a legnagyobb, 50 %-os keveréknél jelentkezett a minimumérték. Átlagosan 1,6 l/100 km (3,9 %) volt a biohajtóanyag alkalmazásának tulajdonítható fogyasztás-növekedés, ez megegyezik a 10 %-os keverék átlagértékével, ennél a 20 %-os keverékből többet (2,5 l/100 km), az 50 %-os keverékből viszont kevesebbet (0,7 l/100 km) fogyasztottak a járművek. A normál üzemmódbhoz képest a buszok átlagfogyasztásának korrelációs együtthatója 0,97, ami azt jelenti, hogy az egyes járművek meglehetősen hasonlóan reagáltak a bio-komponens arányának emelésére.

**4. táblázat: A kísérletekben mért fogyasztás-változások a biodízel hatására (m.e.: l/100 km)**

Buszok rendszáma	<b>GNX-309</b>	<b>GNX-340</b>	<b>DUD-999</b>	<b>HPR-618</b>	<b>DUD-997</b>	Átlag	Szórás	Fogyasztás-növekedés,%
normál	32,85	35,41	41,27	40,33	42,8	<b>38,5</b>	<b>4,2</b>	
10%	34,07	41,6	43,22	41,63	-	<b>40,1</b>	<b>4,1</b>	<b>4,1 (74)*</b>
20%	34,22	37,25	44,55	45,92	43,22	<b>41,0</b>	<b>5,0</b>	<b>6,5 (42)*</b>
50%	34,09	36,27	-	43,54	42,86	<b>39,2</b>	<b>4,7</b>	<b>1,7 (4)*</b>
átlag	<b>33,8</b>	<b>37,6</b>	<b>43,0</b>	<b>42,9</b>	<b>43,0</b>	<b>40,1</b>		<b>3,9 (17)*</b>
szórás	<b>0,6</b>	<b>2,7</b>	<b>1,6</b>	<b>2,4</b>	<b>0,2</b>			
korreláció			<b>0,97</b>					

Saját számítás

Jelmagyarázat: \* az első szám az aktuális keverékben jelentkező, a második (zárójeles) érték pedig a 100 %-os biodízeltre vonatkoztatott fogyasztásnövekedést mutatja.

A különböző arányú keverékek fogyasztása 1,7-6,5 %-kal növekedett. Mivel az egyes keverékek között a tiszta (100 %-os) biodízel-fogyasztásra vonatkozóan igen nagy különbségek (4-74 %), jelentkeztek kiszámítottam az egyes keverékek arányosításával az alkalmazott biodízel-többletek súlyozott számtani átlagát (16. Táblázat). Eszerint a kísérletbe vont keverékek átlagosan 23,5 %-kal tartalmaztak több biodízelt a normál gázolaj biodízel-tartalmánál (4,4 %). A későbbi számításokban az átlagos fogyasztásnövekedést (3,9 %) ennek a biodízel-mennyiségnek tulajdonítom, ilyen módon a tiszta biodízel elvileg 17 %-os fogyasztásnövekedést okozna a tiszta gázolajhoz, 16 %-ot a 2008-ban hazánkban forgalmazott normál gázolajhoz képest. Az üzemanyag-fogyasztás nagyságának mértékét a próbapadi mérések (azok nagyobb szórása miatt) nem támasztották alá.

A gépkocsivezetők tesztek alatti véleményei alapján a mérési eredményekből levont következtetéseket a forgalmi viszonyok közötti vizsgálatok nem erősítették meg. A gépkocsivezetők túlnyomó többségének véleménye alapján a próbapadon érezhető teljesítménycsökkenés számukra nem volt tapasztalható a tesztek alatt. Összegezve a tesztek

alatti véleményeket elmondható, hogy a motor üzemében említést érdemlő változást nem tapasztaltak, a járművek fogyasztásnövekedését viszont egyöntetűen jelezték.

Műszaki szempontból a biodízel 50 % koncentrációig nem okozott károsodást az eredeti gázolajos, EURO-2 normának megfelelő motorokban, a tesztek alapján az akkori 4,4 tf%-os bekevert biokomponens-arány jelentősen (akár 50 tf%-ig is) tovább növelhető a meghibásodás kockázata nélkül.

Megjegyzendő azonban, hogy a szabványnak nem megfelelő biodízel alkalmazása viszont jelentős károkat okozhat az EURO 4-es dízelmotorok katalizátoraiban. Egyes vélemények szerint a biokomponens magas káliumtartalma a kipufogógázban és az AdBlue® adalék kiválást, lerakódást okozhat. Emiatt a katalizátor határfoka gyorsan romlik, a karbamid egy része nem alakul át, hanem szilárd lerakódást képez. A lerakódások megjelenése tovább gátolja a karbamid átalakulását, így a katalizátor gyorsan és javíthatatlanul tönkremegy. A probléma a szabványban előírt minőségű biodízel-olajjal, illetve korábbi motorok használatával kiküszöbölhető.

#### **2.2.2.2. Környezetvédelmi hatások**

Az autóbuszok károsanyag-kibocsátásának vizsgálata AVL DiCom 4000 típusú kipufogógáz elemző műszerrel történt. A mérések során a cél az volt, hogy minél több jellemző kerüljön mérésre, így a dízelüzemben nem szokásos, ugyanakkor benzinüzemben kötelezően előírt CO [tf%] és CH [ppm] határértékek mérése is megtörtént. Környezetvédelmi szempontból a biodízel alkalmazása a mérések szerint a következő előnyös hatásokkal járt:

- A motorok fekete kipufogófüstje szemmel láthatóan csökken, a füst színe fehérebb.
- A kipufogógáz erős csípős szaga jelentősen csökken, a bio-üzemanyag miatt a kipufogógáznak jellegzetes olaj illata van.
- A szilárd részecskék koncentrációja és a szénhidrogén-kibocsátás egyértelműen, bár a koncentrációváltozással nem arányosan csökkent a dízelüzemhez képest.

Bizonytalan a biodízel-koncentráció változásának hatása a szénmonoxid és széndioxid-kibocsátásra, utóbbinál a 10 %-os keverék esetén mindegyik busznál emelkedett a

károsanyag-kibocsátás a dízelüzemhez képest, utána viszont általában csökkenés következett be. A norma szerinti határértéket egyik mérés eredményei sem lépték túl. A kibocsátás növekedése valószínűleg nem a koncentrációval, hanem az első alkalmazással áll összefüggésben, hiszen a biodízel esetleg leoldhatta az eddigi lerakódásokat is és az ezekből felszabaduló gázok belekerülhettek a kipufogórendszerbe. Véleményem szerint hosszabb távon a későbbi mérések adatai a mérvadóak, vagyis a biodízel ezeknek a károsanyagoknak is csökkenti a kibocsátását, amit alátámasztanak a későbbi jóval alacsonyabb emissziós adatok is (5. táblázat).

**5. táblázat: Az emisszió változása a különbözős keverékek esetében a normál dízel üzeműhöz képest (%)**

Megnevezés		10%-os keverék	20%-os keverék	50%-os keverék
Füst	Alapjárat	100	87	56
	teljes fordulatszám	58	103	103
K érték	Alapjárat	67	67	67
	teljes fordulatszám	12	21	41
CO	Alapjárat	60	80	80
	teljes fordulatszám	116	111	42
CO <sub>2</sub>	Alapjárat	109	109	113
	teljes fordulatszám	115	92	75
HC	Alapjárat	75	89	95
	teljes fordulatszám	76	94	81

Megjegyzés: A 100 % jelenti a teljes megegyezést a normál dízel üzemi kibocsátásokkal az alatt a lévő értékek az emisszió-csökkenést a felette lévő értékek pedig a növekedést mutatják.

A értékelés nehézségeit a szórásnál kapott értékek is alátámasztják, melyek között csak néhány eredmény adott szignifikánsnak tekinthető összefüggést. A 6. táblázatban található

értékek az egyes autóbuszokon mért értékek átlagos szórását mutatják be az átlagértékhez képest. A kivastagított esetek kivételével meglehetősen nagy – esetenként 100%-ot is meghaladó mértékű – eltérések jelentkeztek a különböző járműveken mért értékek között.

**6. táblázat: Az emissziós értékek relatív szórása**

Megnevezés		Dízel	10%-os keverék	20%-os keverék	50%-os keverék
Füst	alapjárat	0,53	0,53	0,40	1,06
	teljes fordulatszám	0,59	<b>0,00</b>	0,37	0,67
K-érték	alapjárat	0,65	0,87	0,40	0,40
	teljes fordulatszám	1,27	1,14	1,23	0,71
CO	alapjárat	0,38	0,63	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
	teljes fordulatszám	0,75	1,42	1,47	0,40
CO <sub>2</sub>	alapjárat	<b>0,10</b>	<b>0,08</b>	<b>0,12</b>	<b>0,08</b>
	teljes fordulatszám	0,28	0,35	0,32	0,47
HC	alapjárat	0,35	<b>0,20</b>	0,31	0,24
	teljes fordulatszám	0,40	<b>0,17</b>	0,25	0,41

Forrás: Kormányos Sz (2008)

A téli üzemben való alkalmazhatóságra ugyan került sor, ám jelentős különbségek várhatóan nem mutatkoznának az eltérő időszakokban. Ennek oka, hogy a hazánkban forgalmazott szabványos biodízel ebben az időszakban kötelező jelleggel tartalmaz CFPP-adalékot, mely a téli üzemmód legnagyobb hátrányának, a hidegindítási nehézségeknek a kiküszöbölésére szolgál.

### 2.2.2.3. Gazdasági hatások

A biodízel piacát a közeljövőben alapvetően három tényező határozza meg:

- Felhasználása nemcsak az előállítás közvetlen környezetében lehetséges, gazdaságosan szállítható és bekeverhető a gázolajba, tehát nem jelent korlátot a keresletében a helyi piac.
- Az EU és a kapcsolódó hazai jogszabályok előírják a bio-hajtóanyagok minimális arányát, mely azonban nemcsak biodízzel és bio-etanollal, hanem újabb generációs hajtóanyagokkal is teljesíthető.
- Gazdaságossági tényezők, melyek közül meghatározó a világpiaci olajár, az alapanyagok és a takarmányok ára, a hajtóanyag nettó árát terhelő adótartalom változása, valamint – a szállítási költségek miatt – a bekeverésre jogosultak meghatározása.

A 6. táblázatból jól látszik, hogy a biodízel alkalmazása lényegesen veszteségesebb a bioetanolnál, sőt a legkisebb üzemméret, 35 %-os biodízel-kihozatal, repce alapanyag, valamint 17 %-os többletfogyasztás esetén (a legkedvezőtlenebb modellben) már a hazai bekeverés mellőzése is megfontolandó lehet. Mivel a hazai adóterhelés a biodízel esetében igen jelentős a meghatározónak tekinthető német piachoz képest és ott jelenleg magasak az árak, ezért a legkedvezőbb feltételek között előállított hazai biodízel most elvileg valószínűleg nyereségesen eladható lenne a külföldön. A 2008-as termésszint mellett a mezőgazdasági termelők részére többnyire nyereséget eredményez az alapanyag-termelés, az előállított olajmag mennyisége bőven elegendő a hazai igények ellátására, így az üzemek folyamatos működése nem ütközne alapanyag-ellátás szempontjából akadályba.

**6. táblázat: A biodízel előállításának és felhasználásának gazdasági kulcsszámjai**

Üzemi modellek alapadatai	Olajár: 68 USD/bbl		Biodízel-kihozatal: 35-42 %		
	EUR = 267 HUF		Olajmagdara-ár: 30-35 Ft/kg		
	USD = 187 HUF		Olajmag-ár (Ft/kg)		
	2009. július 27-i adatok		70*	72**	77***
Biodízel-üzem	Önköltség <sup>×</sup>	Ft/l	<b>187-229</b>	<b>189-231</b>	<b>197-240</b>
	Nettó ár (EU)		<b>211</b>		
			Biodízel piaci ára	Gázolaj fűtőértékének megfelelő ár	
Buszközlekedés	Biodízel-ár		276 <sup>××</sup>	287-385 <sup>××</sup>	
	Gázolaj-ár		212		
	Veszteség		<b>-75 - (-) 173</b>		
Lakossági fogyasztók	Biodízel-ár		351 <sup>×××</sup>	365-488 <sup>×××</sup>	
	Gázolaj-ár		271		
	Veszteség		<b>-94 - (-) 217</b>		

Forrás: AKII és MNB alapadatok alapján végzett saját számítások

Jelmagyarázat:      \* jelenlegi hazai napraforgó-ár  
 \*\* 30 % napraforgó + 70 % repce súlyozott átlagára  
 \*\*\* jelenlegi hazai repceár  
 × 3-10 ezer t/év biodízel-üzemi kapacitással  
 ×× szállítási költség és ÁFA nélkül, 5 Ft/l nagyker. kedvezményel,  
 ××× szállítási költség nélkül, ÁFA-val, legnagyobb üzemi méretnél.

### 2.3. A debreceni buszkísérletek tapasztalatainak összegzése

A tesztek eredményeit összefoglalva elmondható, hogy a biodízel üzemanyag alkalmazásával a tömegközlekedésben mind előnyök, mind hátrányok megfogalmazhatók. Az előnyök a motorikus alkalmazhatóságból adódnak, a környezetvédelmi jellemzők általában kedvező irányban, de bizonytalan mértékben változtak, viszont gazdaságilag a jelenlegi jogi-

közgazdasági viszonyok között nem versenyképes az alkalmazásuk a szabványminőségű gázolajhoz képest. Részletesebben:

#### Előnyök:

- Műszaki szempontból a biodízel 50 % koncentrációig nem okozott károsodást az eredeti gázolajos, EURO-2 normának megfelelő motorokban, a tesztek alapján a jelenlegi 4,4 tf%-os bekevert biokomponens-arány jelentősen (akár 50 %-ig is) tovább növelhető a meghibásodás kockázata nélkül.
- A motorok fekete kipufogófüstje szemmel láthatóan csökken, a füst színe fehérebb.
- A kipufogógáz erős csípős szaga jelentősen csökken, a bio-üzemanyag miatt a kipufogógáznak jellegzetes olaj illata van.
- A szilárd részecskék koncentrációja és a szénhidrogén-kibocsátás egyértelműen, bár a koncentrációváltozással nem arányosan csökkent a dízelüzemhez képest.

Bizonytalan a biodízel-koncentráció változásának hatása a szénmonoxid és széndioxid-kibocsátásra, utóbbinál a 10 %-os keverék esetén mindegyik busznál emelkedett a károsanyag-kibocsátás a dízelüzemhez képest, utána viszont általában csökkenés következett be. A norma szerinti határértéket egyik mérésünk eredményei sem lépték túl. A kibocsátás növekedése valószínűleg nem a koncentrációval, hanem az első alkalmazással áll összefüggésben, hiszen a biodízel esetleg leoldhatta az eddigi lerakódásokat is és az ezekből felszabaduló gázok belekerülhettek a kipufogórendszerbe. Véleményünk szerint hosszabb távon a későbbi mérések adatai a mérvadóak, vagyis a biodízel ezeknek a károsanyagoknak is csökkenti a kibocsátását.

#### Hátrányok:

- A motor teljesítménye csökkent a bemérőpadi mérések alapján (10 és 20 %-os biodízel keverék esetében 5-8 %-kal, 50 %os keveréknél 10-15 %-kal), amely a gépkocsivezetők véleménye alapján forgalmi viszonyok között jelentéktelen mértékben érezhető.

- A bio-üzemanyag arányának növelése forgalmi körülmények között minden esetben az üzemanyag-fogyasztás növekedésével járt, a különböző arányú keverékek fogyasztása 0,7-2 l/100 km-rel (1,7-6,5 %-kal) növekedett. Ennek mértéke azonban nem volt arányos a bio-dízel arányával, az 5 busz átlagában vizsgálva – a várható értékekkel ellentétben – a legnagyobb, 50 %-os keveréknél jelentkezett a minimumérték (4 %). Az adatok azt mutatják, hogy ténylegesen 4-16 % között van a biohajtóanyag alkalmazásának tulajdonítható fogyasztás-növekedés, tiszta biodízeltre vonatkoztatva. A próbapadon mért adatokból viszont egyértelműen nem vonható le következtetés a biokomponensek fogyasztás-növelő hatására, mivel a pad fogyasztásmérő funkciója a teljesítményméréshez képest nagyobb megengedett szórással mért.
- A biodízel beszerzési árától és a fogyasztás-növekedés reális mértékétől függően 117-207 Ft/l veszteség jelentkezett a kísérleti üzemeltetés során, melyet tovább növelne a folyamatos üzemeléskor a tranzakciós költségek további növekedése. Ez abból származna, hogy kísérleti projektek kivételével a hatályos jogszabály nem engedélyezi a buszközlekedési vállalatoknak a saját bekeverést. A tömegközlekedési vállalatok számára a bekeverés engedélyezése, valamint a jövedéki adó és a KKKSZD eltörlése tenné csak versenyképpé rövid távon a biodízel alkalmazását a gázolaj helyett. Az olajnövények és a kőolaj várható árváltozása valószínűleg csak hosszabb távon teszi versenyképpé támogatás nélkül a biodízel alkalmazását. Akkorra viszont megjelenhetnek új alternatív üzemanyagok (pl. bio-gázolaj) is.

Összességében kijelenthető, hogy motorikus alkalmazhatóság és környezetvédelmi szempontok alapján egyértelműen indokolható lenne a szabványt jóval meghaladó biodízel alkalmazása a helyi tömegközlekedésben. Jelenleg a biodízel-üzemek számára a kitörési pontot a hazai felhasználással szemben inkább a külpiaci értékesítés jelentheti.

## Irodalomjegyzék

1. Bai A.: Első generációs biohajtóanyagok alkalmazása a helyi tömegközlekedésben. Habilitációs értekezés, Debreceni Egyetem, Debrecen, 2009
2. Fogarassy Cs: A CO<sub>2</sub>-kereskedelem szerepe és jelentősége a zöldenergia-piacon. Konferencia-előadás. Renexpo Nemzetközi Konferencia és Szakkiállítás. Budapest, 2008. április 24-26.
3. Kovács E.: Gépjárművek légszennyezőanyag kibocsátásra vonatkozó környezetvédelmi követelmények alakulása. GÉMOSZ konferencia, Galyatető, 2007. 05. 17-18.

Internet: [www.akii.hu](http://www.akii.hu), [www.ksh.hu](http://www.ksh.hu), [www.iea.org](http://www.iea.org), [www.khem.gov.hu](http://www.khem.gov.hu), [www.fvm.hu](http://www.fvm.hu), [www.eh.gov.hu](http://www.eh.gov.hu), [www.zoldtech.hu](http://www.zoldtech.hu), [www.vertisfinance.com](http://www.vertisfinance.com), [www.zoldtech.hu](http://www.zoldtech.hu)

Rideg András<sup>17</sup>

## **Biogázüzem telepítésének megfontolásai: fiktív üzemtelepítés a Sellyei kistérségben**

### **Bevezetés**

Napjaink egyik rendkívül aktuális problematikája a Föld népességének energiaellátása. Az energiaszektor olyan egycélú iparág, mely óránként egy milliárd dolláros kereslettel rendelkezik, ám az igények kielégítése hosszútávon problémás. Tény ugyanis, hogy az ellátás olyan fosszilis energiahordozók nagymennyiségű hasznosítására létesült, mely alapanyagok gazdaságos kitermelhetősége korlátos. Ez nem azt jelenti, hogy a nem megújuló energiaforrások elfogynak, hanem azt, hogy az egységnyi energiamennyiség kitermeléséhez, szállításához és hasznosításához szükséges energiafelhasználás egyre magasabb. A befektetett és a kinyert energiamennyiségek aránya a jelen kor technológiáival egyre kedvezőtlenebb érték, mindezt a piac az energia árával tolerálja. Tény továbbá, hogy 1975 óta a Föld népessége 60%-kal megnövekedett és az elkövetkezendő 45 évben további 40%-os növekedés várható.

Az energiaellátás kérdése stratégiai probléma, ám a szakértők véleménye eltérő arról, hogy hogyan lehetne hosszútávon megoldani. Számos úgynevezett megújuló energiaforrások hasznosításán alapuló energiatermelő technológia létezik, ám koncentrált kereslet (pl. több tízmillió lakosú gigavárosok) kielégítésére korlátozottan alkalmasak. A megújuló energiaforrások közül a legjelentősebbek a nap, a víz, a szél, a földhő és a biomassza hordozta lehetőségek.

Kutatómunkám során az állati és növényi biomasszák biogázüzemben történő energetikai hasznosításának gazdaságosságával foglalkoztam. A kérdés 2008 nyarán vált igazán aktuálissá, amikor az állati fekáliákat veszélyes hulladékká minősítették, tehát a hulladék

---

<sup>17</sup> Okl. környezetmérnök és közgazdász, a Green Sky Modeling kutatója

dokumentált kezelése a kibocsátó felelőssége lett. Különösen fontos ez a fokozottan hátrányos helyzetű kistérségekben, hiszen egyes gazdáknak az állati fekáliákkal kapcsolatos új költség egyet jelenthet az amúgy is hektikusan alakuló sertéshús-árak mellett bizonytalanul működő tevékenység rentabilitásának megszűnésével. Ezzel kapcsolatban merült fel az igény arra, hogy ezen maradékok energetikai hasznosítás mellett kerüljenek ártalmatlanításra.

A biogáz technológia alkalmazásának, akárcsak más technológiák esetén vannak előnyei és hátrányai. Előnye, hogy egyszerű, a természetben is lejátszódó folyamat kihasználásán alapszik, valamint az, hogy a feldolgozás valamennyi output anyaga továbbhasznosítható. A technológia remekül illeszthető fenntartható, zárt anyagáramú, veszteségmentes technológiai láncolatokba. Hátránya, hogy az alapanyagok alacsony energiasűrűségűek, ezáltal a beszállítás csak kis vonzáskörzetből rentábilis. Az üzemméretet tehát ésszerű nem az energiaigényhez igazítani, hanem az adott terület adottságaihoz. Hátrány továbbá, hogy a döntéshozók szemében a biogázüzem csak korlátozottan alkalmas alapellátásra. Elméletben ugyanis a rothadási folyamatot megvalósító baktérium-, sejt- és szövettelepek rendszerét sokféle sokkhatás érheti, melyek az ellátást akár 0,5-2,0 hónapra is ellehetetleníthetik. Éppen a rothadás (elméletben lehetséges) bizonytalansága miatt tiltott a biogázüzemet húsfeldolgozó üzemekben keletkező hulladékok (vegyesen: csontok, bélmaradékok, vér, vizelet és bélsár), ill. állati tetemek ártalmatlanítására használni, bár a gyakorlat azt mutatja, hogy a technológia erre is képes volna. Az aggályokat sajnálatos módon egy-egy kiugró külföldi eset be is igazolta.

## **1. A biogáz-előállítás, mint az energiatermelés alternatívája**

A biogáz-előállítás technológiájának lényege, hogy különböző szerves anyagokból, anaerob erjesztési körülmények mellett (fermentáció), sokoldalúan felhasználható gáz és továbbhasznosítható hulladékok keletkeznek.

A technológia már több mint 150 éve ismert, az első kísérleti telepeket az angolok alapították Indiában. A századfordulón Európában is megjelentek az első berendezések, 1900-ban már 7 német nagyváros közvilágítása biogázzal működött. A technológia robbanásszerű fejlődés a két világháború között következett be. Széles körű elterjedése a 2. világháború után valósult

meg, a megújuló energiák kiaknázásának jegyében. A forradalmian új technológiák próbaüzemeinek kialakításakor nem egy magyar is kifejtette áldásos tevékenységét, közülük Dr. v. Bartha István volt a legismertebb. Az eljárásról általános vélemény, hogy az egyik legkedvezőbb és legegyszerűbb üzemi tulajdonságokkal rendelkező módszer.

A technológia alapanyagai meglehetősen sokfélék lehetnek; a szerves trágyák, a fekáliák, az élelmiszer-előállítás és –fogyasztás bármely szakaszában képződő melléktermékek és hulladékok, a növényi maradványok, a háztartási hulladékok és a kommunális szennyvizek szerves anyagai mind kiváló bemeneti erőforrást jelentenek. Az erjesztés folyamata egyébként spontán módon, a természetben is lejátszódik, gondoljunk csak például a mocsarakban keletkező gázokra. A megfigyelés a technológia kialakításának folyamatában az első lépés volt. Irányított körülmények között – lebontó baktérium-, sejt- és szövettelepek adagolásával – a reakció határfoka drasztikusan javítható és a fermentorban nagymértékben kontrollálható. A mikroorganizmusok megfelelő életfeltételek mellett megvalósítják a fermentációt.

A fermentáció során keletkező végtermék a tisztítatlan biogáz, mely tulajdonságaiban a földgázra kísértetiesen hasonlító légnemű anyag. Összetételét tekintve metán, szén-dioxid és egyéb gázok alkotják. Az alkotók térfogat-százalékos részesedése legalább annyira változatos értéket vehet fel, mint amennyire változatosak lehetnek a bemeneti szerves anyagok mennyiségi és minőségi jellemzői. A Debreceni Egyetem és Agrártudományi Centrum e szakterületen jártas professzora, Dr. Bai Attila, a biogáz összetételére a következő százalékos megoszlást fogadja el, mint egészséges arány<sup>18</sup>: 50-70% metán, 27-42% széndioxid és 0-4% egyéb gáz. Az egyéb alkotók közül a legjelentősebb a nitrogén lehet, melynek aránya elérheti az 1%-ot. A folyamat során hátramaradó fermentált hulladék továbbhasznosítása szintén lehetséges, sőt ajánlatos.

A tisztítatlan biogáz metántartalma az eljárás kritikus pontja, hiszen a gáz tisztításával és sűrítésével, vagy földgázzal történő keverésével nyerhető a közel 100%-ban metánt tartalmazó, a földgázéhoz hasonló fűtőértékű energiahordozó. A tiszta metán fűtőértéke<sup>19</sup> 35,8 MJ/m<sup>3</sup>, míg a tisztítatlan biogáz fűtőértéke 56,25-62,5%-a ennek.

<sup>18</sup> Agroinform-Stagek: Mezőgazdaság számokban. Agrárinformációs Vállalat, Budapest, 1980.

<sup>19</sup> Barótfi István (szerk.): Energiagazdálkodási kézikönyv. Széchenyi Nyomda, Budapest, 1993.

Az eljárásban keletkező szén-dioxid nem éghető, a biogáz tisztítása során leválasztásra kerül, ám a melléktermék kiválóan továbbhasznosítható.

A biogázban előforduló egyéb gázok annak megfelelően keletkeznek, hogy az alapanyagok mennyire terheltek a gázképzéshez szükségtelen alkotókkal. Összetételét tekintve az egyik legvegyesebb képet a szilárd, szerves települési hulladékok, valamint a belőlük nyerhető gáz mutatják. Az így előállított energiahordozó a depóniagáz, melynek fűtőértéke alig több mint a földgáz fűtőértékének 40%-a<sup>20</sup>. Noha az így nyert biogáz más gázoktól szennyezettebb – a nitrogén aránya elérheti a 25%-ot –, a szilárd, szerves települési hulladékok a magasabb metántartalmú biogáz-fejlesztő alapanyagokkal hasonló fontosságúak, hiszen koncentráltan és nagy mennyiségben elérhetőek. A folyamat során azonban nagyobb hangsúly esik a technológia tisztítási, sűrítési, vagy keverési fázisaira.

A teljes technológiai eljárás során biogáz, szén-dioxid és fermentált hulladék keletkezik.

Miután a gázt csak nagy mennyiségben éri meg nagy távolságokra elszállítani, ezért célszerű a keletkezés helyén egy gázmotor-generátor üzemegységben felhasználni. Ezzel elektromos áram, valamint melléktermékként hőenergia keletkezik, melyet (jellemzően) a generátor hűtésére odavezetett víz hordoz. Az előállított bioáram elhelyezése viszonylag problémamentes, hiszen az áramhálózatra csatlakoztatva elvezethető, a területileg illetékes áramszolgáltatónak kötelező felvásárlása van rá, államilag szabályozott áron. A hőenergia elhelyezése némelyest bonyolultabb, hiszen szintén nem célszerű nagy távolságra szállítani, tekintve a hőenergiát érő veszteségeket. Téli időszakban a meleg vízzel az üzem, valamint a kapcsolódó mezőgazdasági és szociális létesítmények fűthetőek. Az üzemet nyáron is kell fűteni, hiszen a mikroorganizmusok optimális életfeltételeihez állandó hőmérséklet kell, mely technológiától függően 25-60 °C között alakul. A hőenergia elhelyezése nem egyszerű feladat, hiszen látható, hogy felkínálható mennyisége évszakonként változik, akár csak az irányába mutatkozó kereslet. A hőenergia-többlet elhelyezését célszerű egy helyi nagyfogyasztóval egyezményes alapokon megoldani.

---

<sup>20</sup> Zsuffa-Konorót-Oláh-Kapros: Települési szennyvíziszapból előállított biogáz hasznosítása hő és villamos energia termelésére. OMF B Tanulmány, Budapest, 1998.

A biogáz segítségével történő energia-előállítás irodalmi energiamérlege a következőképpen alakul: a fermentorban keletkező biogáz minden köbmétere körülbelül 22MJ energiát hordoz, mely a gázmotor-generátorban 10%-os átalakítási veszteséget szenved. A fűtőműből távozó energiamennyiség tehát a teljes 90%-a, mely 35%-ban villamos energia és 55%-ban hőenergia. A keletkező villamos energia 14,285%-a (teljes energiatartalom 5%-a) és a hőenergia 45,45%-a (a teljes energiatartalom 25%-a) a telepen helyben kerül felhasználásra, ez biztosítja az erőmű energiaellátását. Mindent összevetve minden köbméter biogáz 1,8 KWh értékesíthető villamos energiát és 5,5 MJ hőenergiát állít elő.<sup>21</sup>

A biogáz hasznosítása nem csak elektromos áram és hőenergia formájában történhet. A megfelelően tisztított gáz akár közlekedési járművek hajtóanyagaként is szolgálhat.

A fermentáció során keletkező szén-dioxid a biogáz tisztításának mellékterméke, mely üvegházak szén-dioxid trágyázása során hasznosítható. A termesztett fajoktól függően 15-40%-os termeléstöbblet és termékminőség javulás érhető el.<sup>22</sup>

Szintén az előző forrásból ismeretes, hogy a fermentált hulladék termőterületen történő kihelyezése 8-12%-os terméstöbbletet eredményez, szemben az élelmiszeripari növényi hulladékok és különböző állati eredetű trágyák hasonló célú kihelyezésével, mely 1-5%-os javulást hoz, termelt fajtól függően. Ennek oka az, hogy a fermentáció során az alapanyagokban lebomlanak (a gyakran veszélyes) szerves anyagok, így a művelési területre olyan szerves anyagokban szegény, ám szervesanyagokban gazdag tárgya kerül, melynek felvétele és beépülése a haszonnövények számára sokkal kedvezőbb. Az erre vonatkozó irodalmi adatok mindezt meggyőzően alátámasztják. A fermentált hulladékból értékes biotárgya készíthető, mely virágföldként, vagy gazdag humuszképző anyagként hasznosítható, akár biotermékeket előállító gazdasági szereplők részére is.

Látható tehát, hogy a biogáz-előállítás mind a bemeneti hulladékok felhasználása, mind a végtermékek hasznosítása szempontjából rendkívül kedvező tulajdonságokkal rendelkezik.

---

<sup>21</sup> Barta István: A biomassza energetikai célú hasznosítására alkalmas technológiák, a biogáztermelés gyakorlatai tapasztalatai. MSZET kiadványai No 2. 43. o.

<sup>22</sup> Zatykó Ferenc: A zöldségnövények széndioxid-trágyázásával elért eredmények. Kandidátusi értekezés. Budapest, 1993.

Elmondható tehát, hogy a tevékenység környezeti hasznossága vitathatatlan, társadalmi hasznossága pedig az önfenntartó közösségek létrejöttének szempontjából jelentős. Szemben az import energiahordozók felhasználásával megvalósított energiaellátással, a biogázüzem helyi erőforrásokat is hasznosít, működése helyben maradó jövedelmet generál (becsléseim szerint biogáz esetén a helyben maradt jövedelem kb. 8.64 Ft/kWh, szemben a földgázzal, mely esetén csak 1,47 Ft/kWh).

## 2. A biogázüzem létesítésének megfontolásai

Tekintsük át azt, hogy milyen megfontolásokat szükséges megtenni, egy biogázüzem telepítése során:

- 1. lépés: Miután biogázüzemet kis távolságból gazdaságos alapanyaggal ellátni, ezért maximum kistérségi léptékekben érdemes vonzáskörzetét kialakítani. Ennek jegyében az első feladat felkutatni és megismerni a telepítésre potenciálisan alkalmas kistérséget. Szükséges felmérni az elérhető alapanyagok fajtáit és mennyiségét. A beszállított anyagok előfordulása és a kereslet elhelyezkedés alapján elvégezhető az üzem optimális telepítési helyszínének meghatározása.
- 2. lépés: Megfelelő mennyiségű és minőségű adatok birtokában megállapítható, hogy milyen biogáz-technológia alkalmazható feszes költségvetés mellett, annak specifikációja kiszámítható és leírható.
- 3. lépés: Az alapanyagok mennyiségéből megbecsülhetők az üzem bevételei, a technológia ismeretében meghatározhatóak a telepítés és az üzemeltetés költségei. Felállíthatóak továbbá potenciális finanszírozási alternatívák, forgatókönyvek. Ezen adatok elegendőek ahhoz, hogy egy esetleges beruházás várható, legvalószínűbb pénzáramai valószínűsíthetőek legyenek, ill. előállíthatóak legyenek a beruházás-értékelés klasszikus mutatószámai.

A munkaanyag hasznosítása: Az összegyűjtött és kinyert információk birtokában meg kell szólítani egy olyan szereplőt, aki az üzem megépítését finanszírozni képes és a projekt sikerességében érdekelt. Az Európai Unió felismerte a biogázüzemek azon előnyét, hogy a technológiák (vesztésmentes anyagáramaikkal) zárt, fenntartható ellátási láncolatokba

illeszthetőek. Noha a beruházás környezeti és társadalmi hasznossága elvitathatatlan, gazdasági hasznossága nehezen konkurál a hagyományos technológiákéval. Ennek áthidalására olyan pályázati konstrukciók kerültek kialakításra, melyekből nagy összegű forrásból magas támogatási intenzitással támogathatóak ezen beruházások.

A továbbiakban a feladatok végrehajtását egy konkrét példán fogom bemutatni: elvégzem egy biogázüzem fiktív telepítését a Sellyei kistérségben.

### **3. Vizsgálatok a Sellyei kistérségben**

#### ***3.1. A kistérség megismerése***

A Sellyei kistérség a Dél-Dunántúlon, Baranya megye délnyugati részén, az Ormánságon található és 463 km<sup>2</sup> területen helyezkedik el. Lakosságának száma 14.417 fő (2004. 12. 31.), A társuláshoz összesen 34 község és 1 város tartozik, egyetlen városa az alig 3000 lelket számláló Sellye.<sup>23</sup> A 311/2007. (XI.17.) Kormányrendelet alapján az ország 33 leghátrányosabb helyzetű kistérsége közé tartozik, több településén a tartós munkanélküliség eléri a 60-70%-ot.

Az infrastrukturális hiányokon túlmenően iparral, komolyabb gazdasági bázissal nem rendelkezik, intézményrendszere gyenge, s az adott földrajzi elhelyezkedés rossz mezőgazdasági adottságokkal, fejletlen gazdálkodási és művelési kultúrával párosul. A társadalmi-gazdasági szempontból stagnáló térséget az átlagosnál rosszabb munkanélküliségi és jövedelmi helyzet, a külföldi tőke és a vállalkozói aktivitás kis aránya jellemzi.

#### ***3.2. Alapanyagok felmérése***

A kistérségben elérhető növényi és állati alapanyagok mennyiségét a falugazda és az állattartó vállalkozók telefonos megkeresésével mértem fel. Ez alapján megállapítható, hogy a kistérségben 46,75 tonna/nap gazdaságosan beszállítható trágya keletkezik. A mennyiség 49,73%-a almos trágya, mely magas szervesanyag-tartalmú, így rothasztásra kiválóan alkalmas. A fennmaradó 50,27 % hígtrágya, mely a biogáz-kihozatal szempontjából

---

<sup>23</sup>[http://tkh.gov.hu/files/priv/hu/kivalo/1/Baranya/m2\\_k3204\\_f3\\_baranya\\_sellyei.pdf?PHPSESSID=0da0f590c1f56a9cb9a6b5a29f048a1e](http://tkh.gov.hu/files/priv/hu/kivalo/1/Baranya/m2_k3204_f3_baranya_sellyei.pdf?PHPSESSID=0da0f590c1f56a9cb9a6b5a29f048a1e) (2008.05.05.) F1-F2.

kedvezőtlenebb, alacsony szárazanyag-tartalma miatt, ám technológiai okokból mégis előfordulása mégis szerencsés. A fermentorban működő baktérium- sejt- és szövettelepek optimális működéséhez ugyanis elengedhetetlenül fontos a folyadék optimális aránya, mely így biztosítható a leggazdaságosabban. Koncentrált trágyakibocsátás Baranyahídvégen, Csányosztrón, Hegyszentmártonban, Ózdfalun, Sellyén és Vajszlón történik.

A kistérség meghatározó haszonnövényeinek szalmája (kalászos gabonatermények, kukorica, szója) évente 79 500 tonna növényi hulladékot tesz ki. Tekintettel arra, hogy intenzív gázfejlesztés állati trágyákból a legeredményesebb, a beszállított növényi hulladékok csak a rothadó közeg állagának lazítására, ill. szükség esetén az állati hulladékok átmeneti helyettesítésére lesznek felhasználva.

### ***3.3. Az üzem optimális telepítési helyének meghatározása***

A biogázüzem optimális telepítési helyének meghatározásához a Pécsi Tudományegyetem Közgazdaságtudományi Karának kutatói által kidolgozott kapacitástelepítési modellezési keretrendszer került alkalmazásra, mely egy egyedileg fejlesztett célalkalmazás segítségével gyors és hatékony támogatást nyújt MILP (Mixed Integer Linear Programming) modellek felépítéséhez. A megközelítés modellezése az EverGreen modellező keretrendszerben történik, melyben a Paragon Decision Technology B.V. AIMMS 3.7 alkalmazásának solver-könyvtárát felhasználva meghatározza a felépített modell optimális értékét a célfüggvény, illetve a folyamatok függvényében.

A szállítási költség minimalizálásához térképi megjelenítés segítségével ábrázoltam az alapanyag-kibocsátó pontokat és a potenciális üzem-telephelyeket.



1. ábra: Az alapanyag-kibocsátó és a potenciális telephely lokációk térképi ábrázolása

(készült a <http://maps.google.com/> felhasználásával)

### Jelölésrendszer:

A **kék** ballonok az alapanyag-kibocsátó helyek. Valamennyi kék ballon egyben piros ballon is (kivéve a jelenleg zéró súlyú drávasztárai telepet).

A **piros** és a **zöld** ballonok a potenciális telephely lokációk, melyeket a legvalószínűbb útvonal mellett vettem fel. A piros ballonok az elsődleges vizsgálat potenciális telephelyeit, a zöld ballonok a kibővített modell vizsgálati helyeit jelölik. Tekintettel arra, hogy globális optimum az elsődleges vizsgálat segítségével (matematikailag behozhatatlan előnnyel) meghatározásra került, a kibővített modell tesztelésére nem került sor.

Az optimalizálás ennek megfelelően 12 potenciális telepítési hely között történt. A célrendszerhez legjobban illeszkedő alternatíva a telepítés helyszínéül a Vajszlói sertéstelep területét jelölte meg. Az összes szállítási költség állománya itt úgy volt a legkedvezőbb értékű, hogy eközben az üzemműködés során keletkező hőenergia a legkedvezőbb tulajdonságok mellett hasznosítható egy helyi nagyfogyasztónál (uszoda). A Google Maps és a Google Earth térinformatikai alkalmazások segítségével meghatározott szállítási távolságok ~100m pontosságúak.

## **4. A biogáz-technológia specifikációja**

A biogázüzem esetén az egylépcsős fermentációt alkalmazása célszerű egy fermentorral, ezzel lehet a legspártaibb költségvetés mellett kialakítani még mindig hatékony működésű gázfejlesztőt, a gáz égetésére pedig konténeres gázmotor-generátor a megfelelő választás.

### ***4.1. Alapanyag fogadás, tárolás***

Az alapanyag fogadására két helyszín kerül kialakításra. Az egyik a mezőgazdasági üzemből származó hígtrágya fogadására alkalmas föld feletti vasbeton tartály, üvegszál erősítésű műanyag kupolával. A szállító járműből a hígtrágya szivattyú segítségével jut a tárolóba. A leülepedés megakadályozására a tartály merülőmotoros keverőt alkalmaz. A kapacitás nagysága számításaink szerint 225 m<sup>3</sup>.

A magasabb szárazanyag-tartalmú alapanyagokat (szalmás istállótrágya) egy másik létesítményben fogadjuk, illetve átmeneti alapanyag-tárolót célszerű létesíteni, melynek szükséges kapacitása 90 m<sup>3</sup>.

### ***4.2. Alapanyag előkészítés és továbbjuttatás***

A hígtrágya nem igényel előkészítést, a receptura szerinti mennyiséget a folyamatirányítási rendszer, illetve folyamatirányító szakember szabályozza. A tartályból alsóürítésű csővezetéken távozik az alapanyag, a szállítást szivattyú végzi.

A magasabb szárazanyag-tartalmú alapanyagok csigarendszer juttatja a fermentorba, ahol a fermentorból származó szubsztrátummal összekeverve jut vissza a fermentor áramló közegébe. A csiga feladata a szállításon felül a homogenizálás. Egyéb hulladékot nem tartalmaz, szemcsemérete megfelel az erjedési technológia feltételeinek. A csiga adagoló medencéjének minimális térfogata 12 m<sup>3</sup>

### ***4.3. Erjesztés és továbbjuttatás***

Az erjesztést mezofil technológiával javasoljuk (30-40 °C, oxigén jelenléte nélkül). Az állandó hőmérsékletet a biogázüzem által termelt hő kb. 50 %-a biztosítja.

Egylépcsős, egyfermentoros technológia esetén a tartózkodási idő hosszabb (kb. 40 nap), ezért nagyobb fermentor szükséges, a beruházási költség azonban még ezzel együtt is jelentősen alacsonyabb, mint kétlépcsős fermentáció vagy ikerfermentorok alkalmazása esetén. Más technológiák ugyan üzembiztosabbak lehetnek, azonban esetünkben nincs olyan alapanyag, amely a mikrobiológiát veszélyeztetné. A 3 db merülőmotoros keverő mérete is nagyobb, így hatékonyságuk is exponenciálisan nő. A fermentor három rétegben zománczott falú, henger alakú, zárt létesítmény.

A fermentor tetején helyezkedik el a gáztároló, amely a gázmotorok folyamatos üzemelése mellett kb. 6-8 órára elegendő mennyiségű biogázt tárol. A fermentor és a gázkupola szükséges mérete kalkulációink szerint 2500 m<sup>3</sup>.

#### ***4.4. Biogáz gyűjtés, tisztítás, tárolás, égetés***

Az adott inputanyagok fermentálásakor a fermentorban - a definiált technológiai körülmények között - biogáz keletkezik, amelynek CH<sub>4</sub>-tartalma 55-65 % és CO<sub>2</sub>-tartalma 35-45 %. A biogázt a fermentor tetején elhelyezkedő gáztározóban gyűjtik és továbbítják a gázmotorokhoz a kéntelenítő berendezésen keresztül. Segédanyagok: a kéntartalom ártalmainak kiküszöbölésére vas(II)-klorid és vas(III)-klorid, a pH szabályozásra és a foszforszint beállítására foszforsav és a felhabzás gátlására ipari növényi olaj adagolható.

A gázfáklya megakadályozza a biogáz kilépését az atmoszférába karbantartás, üzemzavar vagy túlnyomás kialakulása esetén. A gázfáklya magassága minimum 6 m.

A képződő biogázból a gázmotor-generátor segítségével maradéktalanul „zöld” áram képződik. A rendszer hőtermelő képessége a gázmotorok hűtéséből adódik. A motorokból 90°C-os hűtővíz távozik és 70 °C-os víz tér vissza.

Előre kialakított konténeres gázmotor-generátor rendszer kerül telepítésre. Teljesítménye 560 kW, villamos hatásfoka 36 %, termikus hatásfoka minimum 41 %, de füstgáz-hőcserélő méretezésével és beépítésével némelyest javítható. A karbantartás költsége 2,19 Ft/kWh.

#### 4.5. A fermentált anyag tárolása, kihelyezése

A fermentált hulladék szilárd és folyadék fázisának szétválasztása *szeparátorállomáson* történik, melynek *kapacitása 20 m<sup>3</sup>*. A szilárd fázis tárolója az almos trágya tárolójához hasonlít (*mérete 3100 m<sup>3</sup>*), a folyadék fázis tárolása vasbeton tartályokban vagy fedhető tárolótóban történik (*mérete 6000 m<sup>3</sup>*).

#### 4.6. Kiegészítő létesítmények és tevékenységek

A kiegészítő létesítmények szükséglete minimális. A biogázüzem üzemeltetéséhez két fő elegendő, a technológiai folyamatirányítás (közvetlen számítógépes kapcsolaton keresztül) a technológiát üzemeltető központból történik. Hídmérleget szükséges telepíteni.

A fejezetben leírt specifikáció mellett kialakított biogázüzem telepítésének költsége kb. nettó 289,5 millió Ft, melynek kb. 60%-a építészeti jellegű kiadás, kb. 37%-a gépészeti jellegű kiadás és kb. 3%-a a projektvezetés, a tanácsadás és az adminisztráció díja.

### 5. Beruházás analízis

#### 5.1. Bevételek

A fent leírt specifikációval rendelkező biogázüzem az alábbi termékek eladásából tartja fent magát:

##### Az üzem összes bevételének forrásai

Értékesíthető villamosenergia [MWh]	1178
Értékesíthető hőenergia [GJ]	3 314
Biotrágya eladás [t]	2 426

Az üzem teljes éves, kimutatott bevétele 65,91 millió forint. Ennek ~72%-a ténylegesen befolyó bevétel, míg a fennmaradó ~28% pedig egyes energiakiadás típusú költségtelek

meztakarításából származik. A realizált bevételek 65,5%-a a villamosenergia-értékesítésből származik, a maradék 35% pedig a hőenergia és a biotrágya eladásából.

### 5.2. Kiadások

A kiadások becsült éves mennyisége 43,63 millió forint. Ezek közül a legjelentősebb költségvetés az üzem energiafelhasználásának költsége, aránya 43%. Miután a létesítmény energetikai szempontból önellátó, ezért egyik oldalon kiadás, másik oldalon kiadás megtakarítása (bevétel) kerül kimutatásra. A költségek 32%-a az alapanyagok beszerzéséhez és szállításához kötődik. A bér és bérjárulék kiadások aránya 17%, míg a fennmaradó 8% a karbantartási költségek, az általános költségek és adókiadások állománya.

### 5.3. Potenciális forrásösszetétel-forgatókönyvek

A 2009.12.31-ig beadható KEOP-2009-4.4.0 pályázati konstrukció keretében a Sellyei kistérség önkormányzatai a biogázüzem megépítésére 70%-os támogatási intenzitás mellett pályázhatnak. A térség mikro-, kis- és közepes vállalkozásnál ugyan ez az arány csak 60%.

Tegyük fel tehát 8 szélsőséges forgatókönyvet a kivitelezés potenciális forrásösszetételeire.

A pályázó Önkormányzat				A pályázó Vállalkozás			
Önerő		Támogatás	Önerő		Támogatás		
Saját tőke	Hitel		Saját tőke	Hitel			
1.	30%	0%	70%	5.	40%	0%	60%
2.	3%	27%	70%	6.	4%	36%	60%
3.	100%	0%	0%	7.	100%	0%	0%
4.	10%	90%	0%	8.	10%	90%	0%

### 5.4. Beruházás-analízis mutatószámjai

A 4.1. és a 4.2. részeknél bemutatott bevétel-kiadási arányok jól jellemzik ugyan azt, hogy az üzem milyen pénzügyi feltételek mellett egzisztál, de meg kell jegyezni, hogy csupán kiragadott tények jelentek meg, a létesítmény egyik jellemző évéből. A beruházás-analízishez

ez azonban nem elég, meg kellett becsülni valamennyi tételt az üzem várható működési élettartamának 20 évére. Természetesen kalkulálni kellett inflációs várakozásokkal, hitelkamatláb várakozásokkal, az egyes bevételi és kiadási tételek inflációt követő, vagy ahhoz képest gyorsabb ütemben növekvő, esetleg csökkenő változásával, amortizációval, ill. az üzemműködés 8.;13.;17. évében 60;40;20 millió költségű (karbantartáson felül megvalósított) felújításokkal. Az eljárás módszertana magában hordozza azt a hibalehetőséget, amely a jövőkutatás során felmerülhet. Ennek fenntartásával a beruházás-elemzés klasszikus mutatószámai a kivitelezés forrásösszetételének 8 szélsőséges forgatókönyvére az alábbiak szerint alakultak:

	A pályázó Önkormányzat					A pályázó Vállalkozás				
	Önerő		Támogatás			Önerő		Támogatás		
	Saját tőke	Hitel				Saját tőke	Hitel			
1.	30%	0%	70%	222,936	NPV (millió Ft)	203,756	40%	0%	60%	5.
				8,477 év	Diszkontált megtérülési idő	9,183 év				
				3,054	Jövedelmezőségi index	2,760				
				18,7%	IRR	16,7%				
2.	3%	27%	70%	93,259	NPV (millió Ft)	65,432	4%	36%	60%	6.
				15,301 év	Diszkontált megtérülési idő	18,310 év				
				9,590	Jövedelmezőségi index	6,650				
				20,4%	IRR	13,7%				

3.	100%	0%	0%	-30,376	NPV (millió Ft)	30,056	100%	0%	0%	7.
				nem térül meg	Diszkontált megtérülési idő	19,538 év				
				0,916	Jövedelmezőségi index	1,104				
				3,0%	IRR	4,8%				
4.	10%	90%	0%	-462,682	NPV (millió Ft)	-315,784	10%	90%	0%	8.
				nem térül meg	Diszkontált megtérülési idő	nem térül meg				
				-11,786	Jövedelmezőségi index	-9,908				
				nem értelmezhető	IRR	nem értelmezhető				

Látható tehát, hogy a megtérülést jelentősen befolyásolja az, hogy milyen forrásösszetételből valósul meg.

## 6. Konklúzió

Energiahordozókban szegény, az ország energiaigényének kielégítésében erősen importfüggő hazánkban a drága és a folyamatosan dráguló fosszilis energiák alkalmazása helyett egyre nagyobb arányban kell alkalmazni „az adott helyen és közgazdasági viszonyok között életképes, megújuló erőforrásokból energiát előállító eljárásokat.”<sup>24</sup>

A megújuló energiaforrások régóta ismertek Magyarországon is, de felhasználásuk csak az utóbbi években került előtérbe, elterjedésük azonban még ma is messze elmarad a bennük rejlő lehetőségektől. Különösen igaz ez a szerves anyagok erjesztésével keletkező biogázra, amely több szempontból különleges helyet foglal el a megújuló energiaforrások között. Egyrészt többféle értékesíthető termék is keletkezik előállításuk során. Másrészt számos hulladék anyag hasznosítható a biogázüzemekben, mégpedig környezetkímélő eljárás során.

Más alternatív energiák előállításához hasonlóan a biogázüzem telepítése és a hozzá kapcsolódó egyéb beruházások a helyi gazdaságra serkentőleg hatnak, s hozzájárulnak új

<sup>24</sup> Bai Attila: A biogáz-előállítás – Jelen és jövő, 2005. Budapest, Szaktudás Kiadó Ház 9.o.

munkahelyek teremtéséhez, így nem csak környezetvédelmi, hanem gazdasági-társadalmi hatásuk is jelentős.

A megújuló energiák fontosságát az európai országok zöme már régen felismerte, nálunk kormányzati szintű elismerését jelzi, hogy az Új Magyarország Vidékfejlesztési Stratégiai Terv (2007-2013) mint beavatkozási akciót fogalmazza meg a megújuló energiák termelését és felhasználását. A cél érdekében a biogázüzemek telepítésére pályázati támogatási rendszert dolgoztak ki. A kitűzött cél azonban csak akkor lesz megvalósítható, ha a támogatás folyamatos lesz és az érdekeltség hosszú távon is megteremtődik.