



**MEGÚJULÓ ENERGIAFORRÁSOKON ALAPULÓ
KOMPLEX ENERGIAELLÁTÓ RENDSZEREK
ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGE
MEZŐGAZDASÁGI ÜZEMEKBEN**

Doktori (Ph.D.) értekezés tézisei

Dr. Tóth Péter

Gödöllő, 2000

**MEGÚJULÓ ENERGIAFORRÁSOKON ALAPULÓ KOMPLEX
ENERGIAELLÁTÓ RENDSZEREK ALKALMAZÁSI
LEHETŐSÉGE MEZŐGAZDASÁGI ÜZEMEKBEN**

A doktori (Ph.d.) program címe:

Agrárenergetika és környezetgazdálkodás
vezetője: dr. Kocsis Károly egyetemi tanár
a mezőgazdaság-tudomány kandidátusa

A doktori alprogram címe:

Agrárenergetika és környezetgazdálkodás
vezetője: dr. Kocsis Károly egyetemi tanár
a mezőgazdaság-tudomány kandidátusa
tudományága: műszaki tudomány

Témavezető:

dr. Kocsis Károly
egyetemi tanár
a mezőgazdaság-tudomány kandidátusa

Az értekezés benyújtását jóváhagyom.

.....
(dr. Kocsis Károly)
egyetemi tanár
a mezőgazdaság-tudomány kandidátusa
programvezető
témavezető

I. A KUTATÁS ELŐZMÉNYEI ÉS A CÉLKITŰZÉS

Korunk súlyos kérdése természeti környezetünk károsodása, a bioszféra és a technoszféra kapcsolatának alapvető megváltozása. Korunk egyik legfontosabb kérdése az exponenciális hatvány szerint növekvő emberiség energiával való ellátása. Az energetika és környezetvédelem szorosan összefügg, a kutatások szerint az energetika mintegy 70%-ban felelős az ún. üvegházhatást okozó - elsősorban CO₂ károsanyag kibocsátásokért.

Az 1992. évi Riói Konferencia záródokumentuma szerint a CO₂ kibocsátást 2000-ig az 1990. évi szintre kell csökkenteni, majd ezen a szinten kell stabilizálni.

Az 1997. évi Kiotói Konferencia jegyzőkönyvében az EU tagországok 8% CO₂ csökkentést vállaltak 2010-ig. Hazánk a CO₂ kibocsátás 6%-os csökkentését vállalta.

Ennek megvalósíthatóságához az energiahatékonyság, valamint a megújuló energiaforrások fokozott felhasználása a legsürgősebb feladat. A nagy vezetékes energiaellátó rendszerekkel – gáz és villamos energia – szemben a megújuló energiaforrásokon alapuló decentralizált energiaellátó (hőenergiát és kapcsoltan villamos energiát termelő) rendszerek jelenthetnek környezetkímélő megoldást. Dániai, németországi, ausztriai példák azt mutatják, hogy a megújuló energiák – elsősorban a CO₂ zárt körfolyamatát biztosító – felhasználása a mezőgazdasági üzemek és a közelükben lévő kisebb települések hő és villamosenergia-ellátására – különös tekintettel küszöbön álló EU csatlakozásunkra – hazánkban is fontos lehet.

Az Európai Unió parlamentje által elfogadott Fehér Könyv jelentős fejlesztési célokat tartalmaz a megújuló energiák hasznosítására, nevezetesen:

- a primer energiaigények kielégítése során a megújuló energiák részarányát a jelenlegi 6%-ról 12%-ra kell emelni
- a biomassa felhasználását meg kell háromszorozni
- a biomasszából történő kapcsolt hő és villamosenergia-termelés jelenlegi 9%-os részarányát 2010-ig 18%-ra kell emelni.

A decentralizált energiaellátás, a gázmotoros kapcsolt hő és villamosenergia-termelés Magyarországon elsősorban a forróvizés fűtési rendszereknél (távfűtés – közeli fűtőmű) került eddig szóba.

Jelenleg mintegy 50 db gázmotoros blokkfűtőerőmű üzemel kórházaknál, távhőrendszerekben, középületeknél kapcsolt hő és villamosenergia-termelési céllal.

A növényi olaj motoros decentralizált energiatermelő berendezésekre vonatkozó nyugat-európai szakirodalom tanulmányozása alapján arra a következtetésre lehet jutni, hogy hiányos a rendszerszintű, a meglévő energiaellátó rendszerekkel (hő és villamos) történő együttműködés vizsgálata.

Hazánkban az elmúlt tíz évben sajnálatos módon egyetlen mezőgazdasági, élelmiszeripari energia-ellátást szolgáló növényi olaj motoros, gázmotoros blokkfűtőerőmű sem létesült, még kutatási céllal sem.

Az előzőekben röviden összefoglalt fő szempontokkal kívántam rávilágítani arra, hogy a meglévő mezőgazdasági energiaellátó rendszerek energia-hatékonyságának javítása, elsődlegesen a növényi olaj motoros környezetbarát (CO₂ semleges) decentralizált energiaellátó (blokkfűtőerőmű) egység integrálhatósága, az ezzel kapcsolatos összefüggésrendszer tökéletesebb megismerése talán sosem volt aktuálisabb, mint napjainkban.

A kutató munkám közvetlen céljai

Az eddigiekben kifejtett gondolatok által indítva **kutatásom elsődleges célja a biomassza (gáznemű) tüzelőanyagú és növényi olaj motoros komplex energiaellátó rendszer (KER) energetikai és gazdasági vizsgálata, az eredmények összevetése a fosszilis energiahordozókon alapuló hagyományos energiaellátó rendszer jellemzőivel a célból, hogy a mezőgazdasági üzemek gazdaságosabb és környezetkímélőbb energiaellátását lehessen megvalósítani.**

A **blokkfűtőerőmű** (gázmotor + generátor; növényi olaj motor + generátor) **integrálása a meglévő, hagyományos vezetékes energiaellátó rendszerekben egy új típusú energiaellátó rendszert eredményez, nevezetesen:**

- **blokkfűtőerőmű,**
- **csúcskazán,**
- **hőtároló,**
- **hőszivattyú (motoros illetve abszorpciós),**
- **hőenergia ellátó rendszer,**
- **villamosenergia-ellátó rendszer**

együttműködését. A blokkfűtőerőmű beépítésével és a csúcskazán biomassza (biogáz, növényi olaj) tüzelésűre történő átalakításával új típusú energiaellátó rendszert kapunk, melyet a továbbiakban komplex energiaellátó rendszernek nevezünk és (KER) rövidítéssel jelöljük.

1. A (KER) energetikai vizsgálatának célkitűzései:

- **Elsődlegesen villamos energia igények ellátására kialakított komplex energiaellátó rendszer (KER) energetikai vizsgálata** (blokkfűtőerőmű + csúcskazán).
Az elsődlegesen villamosenergia-igények ellátására kialakított biomassza (gáznemű) és növényi olaj üzemű blokkfűtőerőműves komplex energiaellátó (KER) magyarországi mezőgazdasági üzemek energiaellátó rendszerébe történő beépítésével elérhető energia-megtakarítás.
- **Elsődlegesen hőigények ellátására kialakított komplex energiaellátó rendszer (KER) energetikai vizsgálata** (blokkfűtőerőmű + hőszivattyú).
Az elsődlegesen hőigények ellátására kialakított biomassza (gáznemű) és növényi olaj üzemű blokkfűtőerőműves (KER) magyarországi mezőgazdasági üzemek energiaellátó rendszerébe történő beépítésével elérhető energia-megtakarítás.
- **A biomassza (gáznemű) és növényi olaj üzemű komplex energiaellátó rendszer (KER) energetikai jellemzőinek összehasonlítása a fosszilis energiahordozókon alapuló hagyományos energiatermelő eljárások energetikai jellemzőivel.**
- **A komplex energiaellátó rendszer (KER) és a közcélú villamosenergia-ellátó hálózat együttműködésének vizsgálata, nevezetesen:**
 - az országos villamos hálózatra csatlakozás feltételei.
 - a fogyasztói hálózatra csatlakozás hálózati feltételei.

2. A (KER) környezetvédelmi vizsgálata

A környezetvédelmi vizsgálat célkitűzései:

- **A biomassza (gáznemű) illetve növényi olaj üzemű komplex energiaellátó rendszer szén-dioxid kibocsátásának vizsgálata és a hagyományos energiaellátáshoz viszonyított szén-dioxid kibocsátás csökkenés meghatározása.**

3. A (KER) mezőgazdasági üzemekben történő alkalmazásának vizsgálata

A gazdasági vizsgálat célkitűzései:

- **a kapcsolt hő és villamosenergia-termelés jelenlegi jogi és gazdasági háttere, jövőbeli megítélése mezőgazdasági üzemekben**

- az átalakuló magyarországi mezőgazdasági üzemek energiafelhasználásának vizsgálata egy 243 elemű minta alapján
- a megújuló energiákon – növényi olaj, biomassa (gáznemű) – alapuló kapcsoltan hőt és villamos energiát termelő új típusú komplex energiaellátó berendezés gazdaságossági vizsgálata – a magyarországi közepes üzemméret energia-ellátására szóba jöhető teljesítmény tartományra – modellvizsgálatok alapján
- a megújuló energiákon alapuló komplex energiaellátó rendszerek, mezőgazdasági üzemekben történő felhasználásával elérhető nemzetgazdasági eredmények.

II. A KUTATÁS MÓDSZERE, MÓDSZERTANI ÖSSZEFOGLALÁSA

A célkitűzésekben megfogalmazott feladatok kutatására elsődlegesen modellvizsgálatokat végeztünk az alábbiak szerint.

1. A hagyományos, fosszilis energiahordozókon alapuló energiaellátó rendszer és a biomassa (gáznemű), növényi olaj üzemanyagú komplex energiaellátó rendszerek energetikai vizsgálata

a) A magyarországi mezőgazdasági üzemekben általánosnak tekinthető hagyományos energiaellátás modellje (1.a.; 2.a. ábra)

- egyik eleme az országos villamos energia hálózat (a fogyasztót ellátó transzformátorral), melynek termelőegységei az erőművek
- másik eleme a fogyasztói igényeknek megfelelő helyi hőszolgáltató berendezés (kazántelep)

A modell alapján meghatároztuk a hagyományos energiaellátó rendszer eredő energetikai hatásfokát.

b) A komplex energiaellátó rendszer (KER) modellje

A komplex energiaellátó rendszer vizsgálatára két modellt dolgoztunk ki:

- **Elsődlegesen villamosenergia-igények ellátását biztosító komplex energiaellátó rendszer (2.a. ábra), melynek elemei:**
 - biomassa (gáznemű), növényi olaj üzemanyagú blokkfűtőerőmű
 - kisegítő kazán (biomassa) a fogyasztói csúcshőigények biztosítására
- **Elsődlegesen hőigények kielégítésére kialakított komplex energiaellátó rendszer (2.b. ábra) melynek elemei:**
 - biomassa (gáznemű), növényi olaj üzemanyagú blokkfűtőerőmű
 - hőszivattyú

Az elsődlegesen villamosenergia-igényeket kielégítő modell esetén a részhő-terhelésen üzemelő (KER) energetikai hatásfokának meghatározásához vizsgáltuk az alábbi energetikai mutatók

μ_{ENM} a villamos részhatásfok
 μ_{QNM} a termikus részhatásfok

σ a kapcsoltan termelt villamosenergia

részterhelésen bekövetkező változásait. (3. ábra)

A vizsgálatot – mivel magyarországi demonstrációs-kutatási projekt nem állt rendelkezésre – Mureckben a Südsteirische Energie und Eiweiserzeugung Reg. G.m.b.H. üzemében pilot projektként létesített növényi olaj motoros blokkfűtőerőmű üzemi adatainak felhasználásával végeztük el.

Mindkét modellre meghatároztuk a komplex energiaellátó rendszer energetikai jelleggörbáját és eredő energetikai hatásfokát.

Mindkét modell esetén megvizsgáltuk a hagyományos energiatermeléssel szemben elérhető fajlagos energia-megtakarítást. (4. és 5. ábrák)

c) A modellül választott biomassa (gáznemű) és növényi olaj üzemű komplex energiaellátó rendszer (KER) energetikai jellemzőinek összehasonlítása a fosszilis energiahordozókon alapuló hagyományos energiatermelő eljárások energetikai jellemzőivel.

A hagyományos fosszilis tüzelőanyagú és a biomassa (gáznemű illetve növényi olaj) üzemanyagú kapcsolt energiatermelés jellemzőit a magyarországi erőművi adatok és európai pilot-projektek üzemi adatai alapján vetettük össze.

Modellvizsgálat alapján összehasonlítottuk a kapcsolt energiatermelés energetikai hatékonyságát fosszilis illetve biomassa tüzelőanyagú berendezés esetére. A modellül választott fosszilis tüzelőanyagú fűtőerőművi blokk egységnyi hő- és villamos energia előállítás tüzelőhőjét a szénhidrogén tüzelésű fűtőműben az egységnyi hő előállításához tartozó tüzelőhő illetve a fosszilis tüzelőanyagú kondenzációs blokkokban az egységnyi villamos energia előállításához tartozó tüzelőhő alapján határoztuk meg.

Az összehasonlító vizsgálatokat fosszilis tüzelőanyagú gőz körfolyamatú, gázturbinás, gázmotoros illetve biomassa üzemanyagú gőz körfolyamatú, gázturbinás, gázmotoros energiatermelő berendezésekre végeztük el.

Egy biomassa (gáznemű és egy növényi olaj üzemanyagú komplex energiaellátó rendszer (ausztriai és németországi pilot-projektek) konkrét energiatermelési adatait felhasználva meghatároztuk az energetikai jelleggörbét. A jelleggörbét az MVM Rt erőművek 1994. évi kapcsolt energetikai jelleggörbéivel hasonlítottuk össze. (6. ábra)

d) A komplex energiaellátó rendszer és a közcélú villamosenergia-ellátó hálózat együttműködésének vizsgálata

A blokkfűtőerőmű és a vele együttműködő villamos energia ellátó és fogyasztó rendszer együttműködési feltételrendszerének kidolgozásához a Balatonfüredi Szívkórház blokkfűtőerőműves rendszerének üzemi adatait használtuk fel.

A vizsgálatok az alábbiakra terjedtek ki:

- a szinkronizálás folyamata, a kisfeszültségű hálózatra való csatlakozás
- a szinkronizálás után a névleges terhelésre való felterhelés
- lassú terhelésváltozások hatása, napi lefutása
- gyors változások – hálózati események – hatása
- különböző terhelési állapotokban a generátor feszültségének és áramának változása.

A vizsgálatok alapján kidolgoztuk a blokkfűtőerőműves komplex energiaellátó rendszer hálózatra kapcsolásának országosan ajánlható feltételeit.

2. A biomassa (gáznemű) és növényi olaj üzemanyagú komplex energiaellátó rendszer környezetvédelmi vizsgálata

Az ausztriai üzemi mérési eredmények, valamint a modellként választott fosszilis tüzelőanyagú kapcsolt energiatermelés egységnyi hő- és villamos energia előállítás tüzelőhője alapján meghatároztuk a fosszilis tüzelőanyagú hagyományos energiaellátó rendszer és a növényi olaj üzemű komplex energiaellátó rendszer szén-dioxid kibocsátását. Ennek alapján összehasonlító vizsgálatokat végeztünk. (7. ábra)

A specifikus CO, NO_x elégtelen szénhidrogének (HC) és részecske kibocsátási értékeket németországi és ausztriai vizsgálati eredmények felhasználásával adjuk meg. A határértékeket az EWG 91/542 (EURO II) előírás alapján vettük figyelembe.

3. A biomassa (gáznemű) és növényi olaj üzemanyagú komplex energiaellátó rendszerek (KER) mezőgazdasági üzemekben történő alkalmazásának gazdasági vizsgálata

A matematikai statisztika – leíró statisztikai – módszerével 243 elemű minta, mezőgazdasági üzemek energiafelhasználását értékeltük az 1996. évi energia mérleg adatai alapján. A villamos energia felhasználás gyakorisági hisztogramja alapján meghatároztuk a gazdasági vizsgálat alapját képező az ún. közepes üzemmérethez tartozó energiaellátó rendszer modelljét. A

modellvizsgálat során a fajlagos hőár meghatározásának alapja a földgáz üzemű forró víz kazánnal történő hőtermelés.

A modellvizsgálatok annak megállapítására irányultak, hogy milyen gazdasági paraméterek adódnak a növényi olaj motoros kapcsolt hő- és villamosenergia-termelés esetén. A villamosenergia-termelés minimális árát és ezen keresztül a hőtermelés fajlagos árát befolyásoló tényezők közül modelleztük a

- blokkfűtőerőmű egységteljesítményének hatását
- a beépített blokkfűtőerőmű teljesítmény hatását
- a termelt villamos energia értékesítési árát

A modellezés során két változatot vizsgáltunk. A vizsgálatok elvégzése mindkét változat esetében 200 kW beépített blokkfűtőerőmű teljesítményig történt. (8. és 9. ábra)

Esettanulmány – ausztriai projekt adatokat felhasználva – kapcsán gazdasági vizsgálatot végeztünk egy faapríték üzemű ún. falufűtőerőmű modellre.

A gazdasági vizsgálatot három esetre végeztük el:

- a) A biomassza fűtőmű és fűtőerőmű gazdaságosságának összehasonlítása.
- b) A biomassza fűtőerőmű gazdaságosságának vizsgálata a villamos energia eladási árának függvényében.
- c) A biomassza fűtőerőmű gazdaságosságának vizsgálata a támogatás függvényében.

A gazdaságossági vizsgálatot az ún. dinamikus megtérülés számítás módszerével végeztük. (10., 11., 12. ábra)

III. EREDMÉNYEK

A komplex energiaellátó rendszer energetikai, környezetvédelmi és gazdasági modellvizsgálata alapján az alábbi tudományos igényességű megállapításokra illetőleg új tudományos eredményekre jutottam.

1. A biomassa (gáznemű) és növényi olaj üzemanyagú komplex energiaellátó rendszer energetikai vizsgálata

A) Elsődlegesen villamosenergia-igények kielégítésére kialakított komplex energiaellátó rendszer energetikai vizsgálata (2.a. ábra)

- a) A modell alapján az elsődlegesen villamosenergia-igényeket ellátó növényi olaj üzemanyagú (KER) eredő energetikai hatásfoka a rendszerből kiadott hő/villamosenergia arány α függvényében (mely egyenlő a fogyasztók által igényelt hő/villamosenergia aránnyal).

$$\eta_{(KER)} = \frac{\eta_K \cdot \mu_{ENM} (1 + \alpha)}{\eta_K + \mu_{ENM} \alpha + \mu_{QNM}}$$

- b) Az elsődlegesen villamosenergia-termelésre létesített komplex energiaellátó rendszerrel (KER) elérhető fajlagos energia megtakarítás

$0 \leq \alpha \leq \alpha_{opt}$ esetben

$$b_1 = \frac{\eta_K + \alpha \eta_{KE}}{\eta_{KE} \cdot \eta_K (1 + \alpha)} - \frac{1}{\mu_{ENM} (1 + \alpha)}$$

$\alpha_{opt} \leq \alpha \leq \infty$ esetben

$$b_2 = \frac{\eta_K + \alpha \eta_{KE}}{\eta_{KE} \cdot \eta_K (1 + \alpha)} - \frac{\eta_K + \mu_{ENM} \alpha - \mu_{QNM}}{\eta_K \mu_{ENM} (1 + \alpha)}$$

A fenti összefüggések alapján a vizsgált modellt meghatározottam a hagyományos energiaellátó rendszerhez viszonyított fajlagos energia megtakarítás $b = f(\alpha)$ függvényét. (4. ábra)

B) Elsődlegesen hőigények kielégítésére kialakított komplex energiaellátó rendszer (2.b. ábra)

- a) A modell alapján az elsődlegesen hőigényeket ellátó növényi olaj üzemanyagú (KER) eredő energetikai hatásfoka a rendszerből kiadott hő/villamosenergia arány α függvényében (mely egyenlő a fogyasztók által igényelt hő/villamosenergia aránnyal).

$$\eta_{\text{KER}} = \left(\frac{\alpha - \frac{\mu_{\text{QNM}}}{\mu_{\text{ENM}}}}{\alpha + \varepsilon_f} \cdot \varepsilon_f \cdot \mu_{\text{ENM}} + \mu_{\text{QNM}} \right) \left(1 + \frac{1}{\alpha} \right)$$

- b) A komplex energiaellátó rendszerrel (KER) elérhető fajlagos energia megtakarítás

$$0 \leq \alpha \leq \alpha_{\text{opt}} = \frac{\mu_{\text{QNM}}}{\eta_{\text{mech}}} \text{ esetben}$$

$$b_v = \frac{\eta_K + \alpha \eta_{\text{KE}}}{\eta_{\text{KE}} \cdot \eta_K (1 + \alpha)} - \frac{1}{\mu_{\text{ENM}} (1 + \alpha)}$$

$$\alpha_{\text{opt}} = \frac{\mu_{\text{QNM}}}{\eta_{\text{mech}}} \leq \alpha \leq \infty \text{ esetben}$$

$$b = \frac{\eta_K + \alpha \eta_{\text{KE}}}{\eta_{\text{KE}} \cdot \eta_K (1 + \alpha)} - \frac{1}{\left(\frac{\alpha - \frac{\mu_{\text{QNM}}}{\mu_{\text{ENM}}}}{\alpha + \varepsilon_f} \cdot \varepsilon_f \cdot \mu_{\text{ENM}} + \mu_{\text{QNM}} \right) \left(1 + \frac{1}{\alpha} \right)}$$

A fenti összefüggések alapján a vizsgált modellre meghatároztam a hagyományos energiaellátó rendszerhez viszonyított fajlagos energia megtakarítás $b = f(\alpha)$ függvényét. (5. ábra)

- C) A biomassa (gáznemű) és növényi olaj üzemanyagú komplex energiaellátó rendszer (KER) energia-termelésének összehasonlítása a fosszilis energia-hordozókon alapuló hagyományos energiatermeléssel

- a) Az energetikai jellemzők alapján tehető megállapítások:

- a mennyiségi hatásfok η_m értékében nincs számottevő különbség a fosszilis illetve biomassza tüzelőanyagú berendezések között.
 - a fajlagos villamosenergia-termelés értéke jelentősen eltér az egyes fosszilis illetve biomassza tüzelőanyagú megoldásoknál. A biomassza (gáznemű) illetve növényi olaj tüzelőanyagú blokkfűtőerőművek σ értékei megközelítik a jó minőségi kategóriákban tartozó gázmotoros (földgáz) berendezések jellemzőit.
 - a még kísérleti stádiumban lévő biomassza (gáznemű) tüzelőanyagú gázturbinás egységeknél σ értéke ma még alacsonyabb mint a fosszilis tüzelőanyagú (földgáz) egységeké.
- b) A kapcsolt energiatermelés energetikai hatékonysága fosszilis illetve biomassza tüzelőanyagú berendezések esetén**
- **Örvényágyas üzemű biomassza elgázosítóból és gázturbinából álló kapcsolt energiatermelést megvalósító berendezés modellvizsgálat szerinti energetikai jelleggörbéje:**

$$q_Q = 2 - 0,5 q_E$$

- **Növényi olaj üzemanyagú belső égésű motoros blokkfűtőerőmű és repce sajtolási maradvánnyal mint tüzelőanyaggal üzemeltetett kazán együtteséből álló komplex energiaellátó rendszer energetikai jelleggörbéje a modellvizsgálat szerint:**

$$q_Q = 1,988 - 0,69 q_E$$

A jelleggörbét az MVM Rt erőművek 1994. évi kapcsolt energiatermelésének energetikai jelleggörbéivel hasonlítottam össze. (6. ábra)

Az összehasonlítás alapján tehető megállapítások:

- a villamosenergia-termelést tekintve a fosszilis (földgáz) energiahordozókra alapozott, kapcsolt energiatermelést megvalósító új korszerű gázturbinás és gázmotoros berendezések energetikai hatékonysága ma még jobb, mint a kísérleti stádiumban lévő biomassza (gáznemű) illetve növényi olaj üzemanyagú kapcsolt energiatermelést megvalósító berendezéseké, de a jövő biztató.
- a biomassza tüzelőanyagra alapozott energia-termelésnek már ma is elsődlegességet kellene biztosítani a fosszilis (szénhidrogén) tüzelőanyagú

kapcsolt energiatermeléssel szemben, ha azt ökonómiai és ökológiai okok együttesen indokolják.

2. A biomassa (gáznemű) és növényi olaj üzemanyagú komplex energiaellátó rendszer környezetvédelmi vizsgálata

A) Növényi olaj üzemű blokkfűtőerőmű szén-dioxid kibocsátása

A növényi olaj üzemanyagú blokkfűtőerőmű mérési eredményei, az üzemanyag előállítás szén-dioxid mérlege alapján különböző villamos terhelési állapotokra összehasonlítást végeztem a hagyományos hő (fűtőmű) és villamos energia előállítás (kondenzációs erőmű) szén-dioxid kibocsátásával. A szén-dioxid kibocsátás összehasonlítást a hagyományos hő és villamosenergia-termeléssel a 7. ábra mutatja.

B) A hagyományos energiaellátó rendszer és a komplex energiaellátó rendszer szén-dioxid kibocsátásának összehasonlítása azonos hő és villamosenergia-igényekre vonatkoztatva

a) A hagyományos energiaellátó rendszer szén-dioxid kibocsátása az energia fogyasztók hő/villamosenergia felhasználása függvényében

$$m_{\text{CO}_2} = Q_K \left(\frac{1}{\eta_K} e_K + \frac{1}{\eta_{KE}} \frac{e_{KE}}{\alpha} \right) \quad [\text{kg/év}]$$

b) A biomassa (gáznemű) illetve növényi olaj üzemű komplex energiaellátó rendszer szén-dioxid kibocsátása

$$m_{\text{CO}_2(\text{KER})} = Q_{\text{hőKER}} \left(\delta_{\text{NM}} \frac{1+\sigma}{\eta_m} e_{\text{NM}} + \delta_K \frac{1}{\eta_{KE}} e_K \right) \quad [\text{kg/év}]$$

3. A biomassa (gáznemű) és növényi olaj üzemanyagú komplex energiaellátó rendszerek mezőgazdasági üzemekben történő alkalmazásának gazdasági vizsgálata

A) Növényi olaj üzemanyagú komplex energiaellátó rendszer gazdasági vizsgálata

A modellvizsgálatokat két változatra két különböző teljesítményű növényi olaj üzemű blokkfűtőerőmű beépítési esetére végeztem el. A komplex energiaellátó rendszerben a hagyományosan és a kapcsoltan termelt energia arányát a

rendszerbe beépített növényi olaj motoros blokkfűtőerőművek számának változtatásával vizsgáltam.

A modellvizsgálat alapján tehető legfontosabb megállapítások:

- mind az A mind pedig B változat esetén a beépített növényi olaj motoros blokkfűtőerőművek számának növelésével jelentősen csökken a kihasználási óraszám.
- a lecsökkent átlagos kihasználási óraszám hatása jól megmutatkozik a minimális villamosenergia-ár növekedésében. Az A változat esetén 1 gépes üzemnél 9,09 Ft/kWh értékről a 4 gépes üzem esetén 10,14 Ft/kWh értékre nő a minimális villamosenergia-ár. A változás a B változat esetén 1 gépes üzemnél 9,22 Ft/kWh, míg 8 gépes üzemnél 10,51 Ft/kWh.
- a földgáz árának várható növekedése növeli a hagyományos hőellátás költségeit. 32 Ft/m³ gázár és változatlan növényi olaj (nyers repceolaj) ár esetén a minimális villamosenergia-ár 1 gépes üzem esetén 1,7 Ft/kWh míg 8 gépes üzem esetén 9,26 Ft/kWh értékre adódik
- az eladási villamosenergia-árakat a modell A változata alapján vizsgálva az egységköltség jelleggörbe összefüggései

1 gépegység esetén

$$k_{QNM} = 1550 - 19,30 k_{ENM}$$

2 gépegység esetén

$$k_{QNM} = 1685 - 38,78 k_{ENM}$$

3 gépegység esetén

$$k_{QNM} = 1800 - 48,38 k_{ENM}$$

4 gépegység esetén

$$k_{QNM} = 1917 - 58 k_{ENM}$$

B) Biomassza (gáznemű) üzemanyagú blokkfűtőerőműves (gázmotoros) energiatermelés gazdasági vizsgálata.

A biomassza fűtőmű és biomassza fűtőerőmű modell gazdasági vizsgálatát három esetre végeztem el

- a) Biomassza fűtőmű és biomassza fűtőerőmű gazdaságosságának összehasonlítása (10. ábra).
- b) A biomassza fűtőerőmű gazdaságosságának vizsgálata a villamos energia eladási ára függvényében (11. ábra).

- c) A biomassza fűtőerőmű gazdaságosságának vizsgálata a támogatás függvényében (12. ábra).

IV. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

A III/1–III/3 szakaszban ismertetett eredmények alapján az új tudományos eredményeket a következőkben foglalom össze:

1. A növényi olaj illetve biomassa (gáznemű) üzemanyagú elsődlegesen villamosenergia-igények kielégítésére létesített komplex energiaellátó rendszerrel ($\eta_k = 0,85$; $\eta_m = 0,83$; $\mu_E = 0,33$; $\eta_Q = 0,5$) a hagyományos magyarországi energiaellátó rendszerrel szemben elérhető fajlagos energia megtakarítás értéke a modellvizsgálat szerint:

$b = 18 - 71,8\%$ között változhat.

A fajlagos energia megtakarítás legnagyobb értéke:

$b = 71,8\%$

amely $\sigma = \frac{1}{\alpha_{opt}} = \frac{1}{1,515} = 0,66$ fajlagos villamosenergia-termelési mutató esetén érhető el. (4. ábra)

2. A növényi olaj illetve biomassa (gáznemű) üzemanyagú elsődlegesen hőigények kielégítésére létesített komplex energiaellátó rendszerrel ($\eta_m = 0,83$; $\mu_E = 0,33$; $\mu_Q = 0,5$; $\varepsilon_f = 3$) a hagyományos magyarországi energiaellátó rendszerrel szemben elérhető fajlagos energia megtakarítás értéke a modellvizsgálat szerint:

$b = 50,5 - 71,8\%$ között változhat.

A fajlagos energia megtakarítás legnagyobb értéke:

$b = 71,8\%$

amely $\sigma = \frac{1}{\alpha_{opt}} = \frac{1}{1,513} = 0,66$ fajlagos villamosenergia-termelési mutató esetén érhető el. (5. ábra)

Az $\alpha_{opt} \leq \alpha \leq \infty$ tartományban a megtakarítás egy küszöbérték alá nem csökkenhet, azaz tisztán hőszolgáltatás esetén a hagyományos energiaellátó rendszerhez képest jelentős megtakarítás 50,5% adódik.

3. A 7. ábra alapján megállapítható, hogy a hagyományos energiaellátás szén-dioxid kibocsátásához képest a metilészterezett repceolajjal

üzemeltetett blokkfűtőerőmű szén-dioxid kibocsátása mintegy 70%-al kisebb. A széndioxid csökkentési potenciál növelhető a nyers repceolaj üzemű blokkfűtőerőműves komplex energia-ellátó rendszerek alkalmazásával. Az így elérhető szén-dioxid kibocsátás csökkenés a hagyományos hő- és villamosenergia-termelés kibocsátásához képest elérheti a 80%-ot is. (7. ábra)

4. A komplex energiaellátó rendszerrel (KER) elérhető kibocsátás csökkenés a hagyományos energiaellátó rendszer szén-dioxid kibocsátására vonatkoztatva az

$$\frac{\Delta m_{\text{CO}_2}}{m_{\text{CO}_2\text{H}}} = 1 - \frac{(\delta_{\text{NM}} \frac{1+\sigma}{\eta_m} e_{\text{NM}} + \delta_{\text{K}} \frac{1}{\eta_{\text{K}}} e_{\text{K}})}{(\frac{1}{\eta_{\text{K}}} e_{\text{K}} + \frac{1}{\alpha} \frac{1}{\eta_{\text{KE}}} \cdot e_{\text{KE}})} \quad [*100\%]$$

összefüggéssel írható fel.

5. A modellvizsgálat (9. ábra) alapján megállapítható, hogy a $k_{\text{ENM}} = 12$ Ft/kWh fajlagos villamosenergia-ár – mint küszöbérték – esetén úgy a két a három és négy gépegységet tartalmazó (KER) energiatermelésének fajlagos hőára majdnem megegyező értékű (1220 Ft/GJ; 1221 Ft/GJ). E küszöbérték felett a több blokkfűtőerőműves energiatermelés fajlagos hőára a gépegység számának növelésével csökken.

Általánosságban megállapítható, hogy az adott küszöbérték – szűk villamosenergia-ár tartomány – alatt a minél kisebb arányú, a tartomány felett a minél nagyobb arányú kapcsolt energiatermelés a gazdaságos, mivel így érhető el a hőár jelentős csökkenése.

A növényi olaj motoros komplex energiatermelő egységek a közeljövőben a földgáz árának növekedése miatt a közepes méretű mezőgazdasági üzemek energiaellátására – mintegy 150 ha éves repcetermesztésre alkalmas terület mellett – versenyképes megoldást nyújthatnak.

6. A dinamikus megtérülés számítás szerint a biomassa fűtőerőmű megtérülési ideje 17 év, míg a biomassa fűtőműé 13 év.

Mindkét esetre a vizsgált élettartam végére (25 év) pozitív tökéérték érhető el, ami elvileg az ilyen beruházások mellett szól.

A villamosenergia-ár változásának függvényében végzett vizsgálat azt mutatja, hogy a mai átlagos lakossági fogyasztói árak mellett (~ 18 Ft/kWh) a megtérülési idő kb. 12 év.

Ehhez a biomassza alapú villamosenergia-termelés törvényileg támogatott prioritására és a villamosenergia-piac teljes liberalizálására lenne szükség.

A beruházási támogatások hatása a beruházás gazdaságosságára ma még számottevő. 30%-os beruházási támogatás mint alapeset esetén a megtérülés 17 év, 50%-os támogatás esetén 10 év. Támogatás nélkül a beruházás megtérüléséről nem lehet beszélni.

- 7. Az értekezésben rendszereztem, összefoglaltam a biomassza (gáznemű) illetve növényi olaj üzemanyagú komplex energiaellátó rendszerek energetikai, környezetvédelmi és gazdasági vizsgálatát, mezőgazdasági üzemek energiaellátó rendszerébe történő integrálhatóságát.**

Az értekezés „A biomassza (gáznemű) illetve növényi olaj üzemanyagú komplex energiaellátó rendszerek alkalmazási lehetősége mezőgazdasági üzemekben” téma körben hiánypótlónak tekinthető.

V. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

1. Kutatásmódszertani szempontok

A blokkfűtőerőmű meglévő energiaellátó rendszerekbe történő integrálhatóságára kidolgozott energetikai és gazdasági modellvizsgálat eredményei több lehetőséget adnak a tervezőknek, hogy már a tervezés fázisában a különböző gyártók ajánlott változatai alapján eldönthessék, hogy milyen energetikai jellemzőkkel rendelkező komplex energiaellátó rendszer biztosítja ökológiailag és ökonómiailag a legkedvezőbb megoldást.

A megújuló energiaforrásokon alapuló komplex energiaellátó rendszerek integrálása az országos illetve helyi energiaellátó rendszerekbe az Európai Unió országaiban is fontos kutatás-fejlesztési feladat. A magyarországi társadalmi-gazdasági változások sajátos helyzetet teremtettek a mezőgazdaságban. Egyszerre jelentkezett a tulajdonviszonyok és ezzel együtt a termelési és piaci viszonyok megváltozása. Az EU csatlakozás kapcsán egyszerre kell alkalmazkodni a villamos energia és gázszolgáltatási piac liberalizálása miatt jelentkező új helyzethez, valamint meg kell oldani a termelésből kivonandó földterületek hasznosítását. Ez a tény is inspirált arra, hogy ezt az értekezést megírjam, és választ próbáljak adni erre a látszólag ellentmondásos helyzetre, segítve ezzel az ágazati döntéshozók munkáját.

2. Az oktatásban történő hasznosítás

Az értekezésben rendszereztem, összefoglaltam a blokkfűtőerőművek meglévő energiaellátó rendszerekbe történő integrálhatóságának legfontosabb energetikai, környezetvédelmi, jogi, közgazdasági tudnivalót. A modellvizsgálatok példáin keresztül a biomassa (gáznemű) és növényi olaj üzemanyagú komplex energiaellátó rendszerek oktathatók, elősegítve ezzel a ma még kutatási stádiumban lévő projektek eredményeinek az oktatásban történő hasznosítását. Ehhez az értekezés egyes fejezetei akár jegyzetként is felhasználhatók.

3. Gazdasági szempontok

A komplex energiaellátó rendszerek mezőgazdasági üzemekben történő alkalmazásával, a hagyományos energiaellátással szemben jelentős – mintegy 35–40%-os – primer energia-megtakarítás és ezzel együtt jelentős károsanyag kibocsátás csökkenés érhető el. A (KER) elterjedésével olyan komplex

rendszerek jöhetnek létre (alapanyag termelés, üzemanyag előállítás, melléktermék hasznosítás), melyek az adott régió (kistérség) gazdasági helyzetét élénkíthetik. A munkahelyteremtéssel együtt növekedhet a vidéki népesség megtartásának esélye is. Ennek a folyamatnak az előkészítését, megalapozását is szolgálhatja értekezésem.

VI. AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN MEGJELENT PUBLIKÁCIÓIM

Tudományos és szakcikkek, előadások

1. TÓTH, P. – JILEK, W. (1995): Biomassza falufűtőművek létesítésének stájerországi tapasztalatai és annak magyarországi hasznosíthatósága. TÁVHŐ FÓRUM '95, Szeged 1995.
2. TÓTH, P. – BULLA, M. (1996): A biomassza falufűtőművek telepítési lehetőségei a Szigetközben. Nemzetközi Konferencia, „Megújuló energiaforrások racionális alkalmazása a mezőgazdaságban, különös tekintettel a környezet védelmére.“ Budapest, 1996. június 2–8. Summaries p.23.
3. TÓTH, P. (1996): Decentralizált komplex energiaellátó rendszerek alkalmazási lehetősége mezőgazdasági üzemekben. XXVI. Óvári Tudományos Napok, PATE Mosonmagyaróvár 1996. szept. 25–26. Agrárműszaki szekció p. 840–847.
4. NEMÉNYI, M. – KACZ, K. – TÓTH, P. (1997): A megújuló energiaforrásokra alapozott decentralizált energiatermelés lehetőségei a mezőgazdaságban. PATE Szaktanácsadó és Továbbképző Intézete, Mosonmagyaróvár 1997. 04. 20. Előadás
5. TÓTH, P. (1998): A környezetbarát kogenerációs energiatermelés lehetőségei és távlatai a magyar mezőgazdaságban. XXVII. Óvári Tudományos Napok, PATE Mosonmagyaróvár 1998. szept. 29–30. Agrárműszaki szekció p. 1229–1236.
6. TÓTH, P. (1998): Győr város energiaellátása és ennek környezetvédelmi vonatkozásai. Nemzetközi Konferencia, Energia Fórum '98. Siófok, 1998. október 14–16. Előadások p. 60–63
7. TÓTH, P. – MENYHÉRT, B. – BULLA, M. (1999): A hőszivattyús technika és a környezetvédelem. Kőolaj és Földgáz 132. évf. 5. szám p. 123–126.

8. TÓTH, P. (1999): A napenergia fotovillamos hasznosítási lehetőségei. Széchenyi István Főiskola. Akadémiai Nap, „A napenergia komplex hasznosításának kutatása“ D szekció. Győr, 1999. szept. 27. Előadások p. 1–11.
9. TÓTH, P. – BULLA, M. (2000): Biomasseheizung bei der Energieversorgung der Volkshochschule Mindszenty József in. Mezőörs. „Welt Energiespar Tag“, International Conference, Wels, 2000.03. 9–10. Proceedings p. 237.
10. TÓTH, P. (2000): A környezet védelme mint kiemelt EU követelmény. Nyugat-Magyarországi Egyetem Mezőgazdaságtudományi Kara, „Európai Uniós Ismeretek“ 2000. április 3. előadás.
11. TÓTH, P. (2000): Possibilities and Prospect of Cogenerations Energy Production, Based on Renewable Energies in Hungarian Agriculture. International Conference, „Rational use of Renewable Energy Sources of in the Agriculture. Budapest, 2000. április 10–16. A–18 szekció, előadás.
12. TÓTH, P. (2000): A megújuló energiákon alapuló kogenerációs energiatermelés lehetőségei és távlatai a magyar mezőgazdaságban. Energiagazdálkodás 41. évf. 2000. 9. szám p. 35–37.
13. TÓTH, P. – BULLA, M. – NAGY, G. (2000): A biomassza tüzelésű fűtőművek ausztriai alkalmazásának tapasztalatai, magyarországi fejlesztési, elterjesztési lehetőségei. TÜZELÉSTECHNIKA 2000, XXXVI. IPARI SZEMINÁRIUM, MISKOLC 2000.09.20–21. p. 75–83
14. TÓTH, P. (2000): Biomassza – bioszolar fűtőművek ausztriai alkalmazásának tapasztalatai és magyarországi fejlesztési, elterjesztési lehetőségek. 16. TÁVHŐ KONFERENCIA Siófok–Balatonszéplak. 2000.09. 26–28. P.159–169.
15. TÓTH, P. (1999): Mezőgazdasági energiaellátás növényi eredetű folyékony energiahordozóval. Növényvédelmi tanácsok. 1999. július p. 8–9.

Doktori értekezés

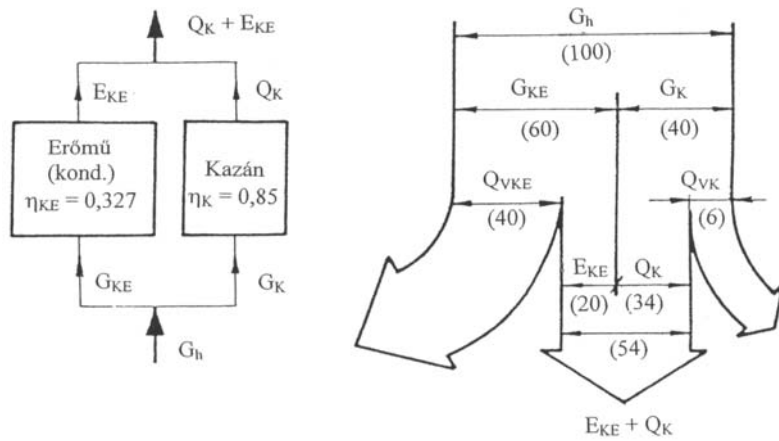
1. TÓTH, P. (1996): Energia-megtakarítási megoldások az épületgépészeti energiagazdálkodás és üzemszervezés eszközeivel felsőoktatási intézményekben. Budapesti Műszaki Egyetem, 1996. Egyetemi doktori értekezés (Blokkfűtőerőmű integrálása meglévő energiaellátó rendszerekbe.)

Könyv, jegyzet

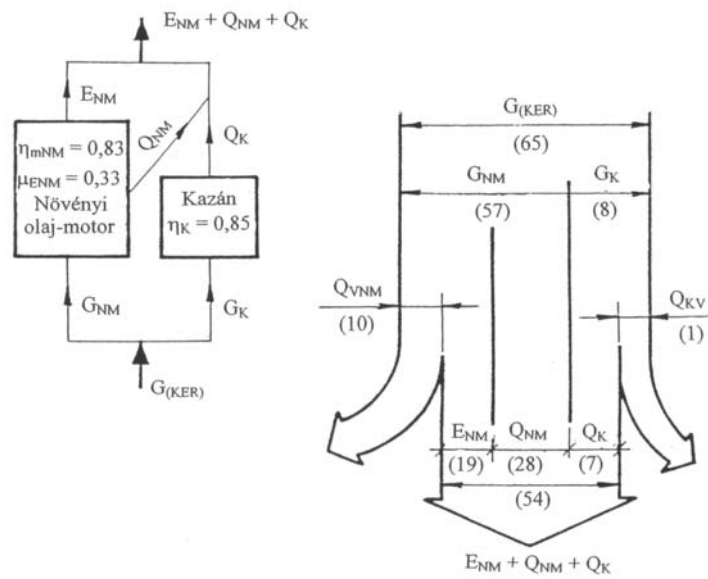
1. TÓTH, P. – BULLA, M. (1999): Energia és környezet. Főiskolai jegyzet. Kiadó: Széchenyi István Főiskola UNIVERSITAS Kft. Győr, 1999.

Tanulmányok, jelentések

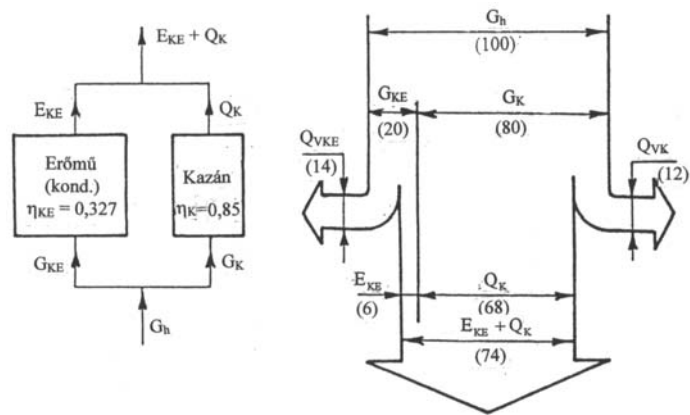
1. TÓTH, P. (1996): Tanulmányterv a Kunszigeti Zöld Mező Mg-i Termelő Szövetkezet energiaellátásának korszerűsítéséről és az energiahatékonyság növeléséről. SZIF, Győr, 1996.
2. TÓTH, P. (1996): Települési energia ellátás biomassza fűtőművel. SZIF, Győr, 1996.
3. TÓTH, P. (1997): ÖKOFARM – ÁGFALVA energiaellátási terve a megújuló energiák bázisán. Németh László Közép-Európai Népi Akadémia PHARE CBC pályázata. Sopron, 1997.
4. TÓTH, P. (1999): MAGYAR MŰHELY ALAPÍTVÁNY Bioszolár fűtőerőmű PHARE CBC pályázata. SZIF, Győr, 1999.
5. GYŐRI ENERGETIKUSOK KLUBJA. (1998): Győr Város energiastratégiája. Tanulmány Győr, 1998. április (2.9. Környezetvédelem és energiaellátás; 3.5.4. Megújuló energiaforrások hasznosítása)
6. MTESZ GYŐR-MOSON-SOPRON MEGYEI IRODA ENERGETIKAI MUNKACSPORTJA (1999): Győr-Moson-Sopron Megye Önkormányzata, Győr 1999. energetikai programja (6. fejezet: Környezetvédelem és energiaellátás; 7. fejezet: megújuló energiaforrások hasznosítása a megyében; 2.5. fejezet: Megújuló energiaforrások hasznosításának bővítési lehetőségei 2010-ig)



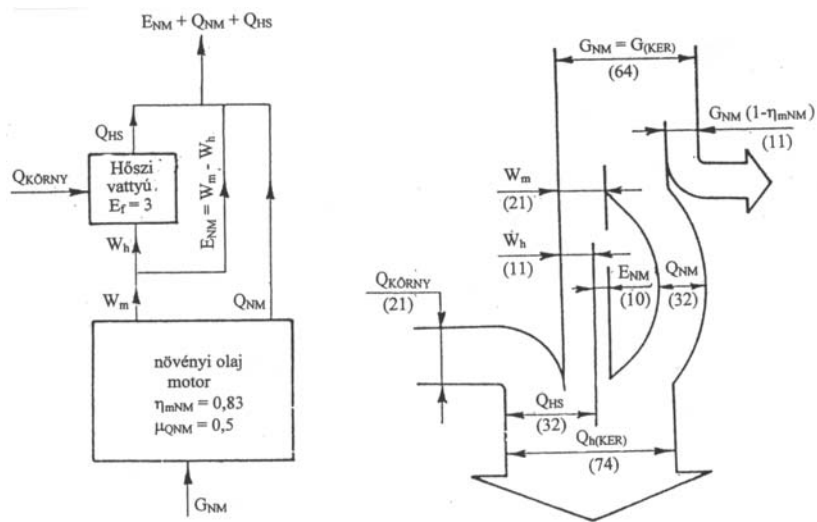
1.a. ábra. A hagyományos energiaellátás energia folyamatábrája



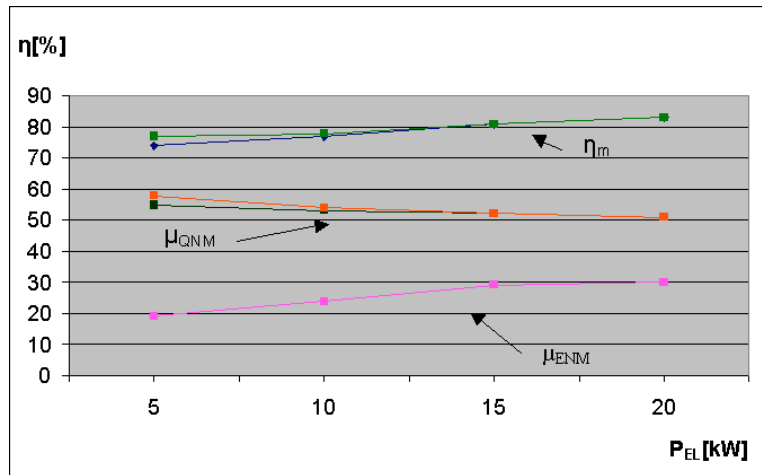
1.b. ábra. A komplex energiaellátás modellje (növényi olaj motoros blokkfűtőerőművel és kazánnal)



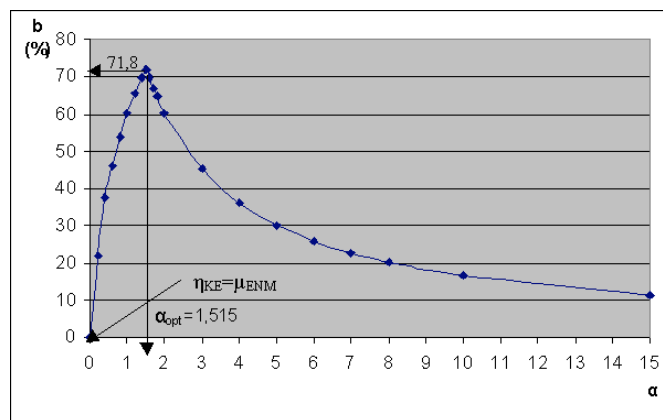
2.a. ábra. A hagyományos energiaellátás modellje és energia folyamatábrája



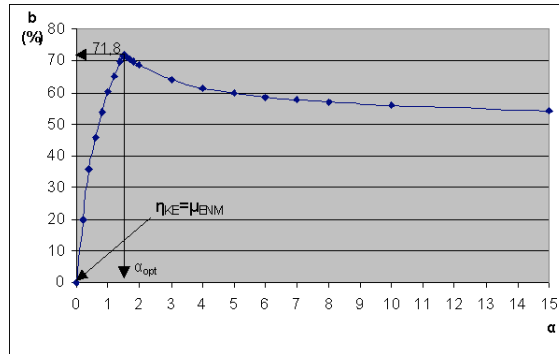
2.b. ábra. Elsődlegesen hőigények kielégítésére kialakított komplex energiaellátó rendszer



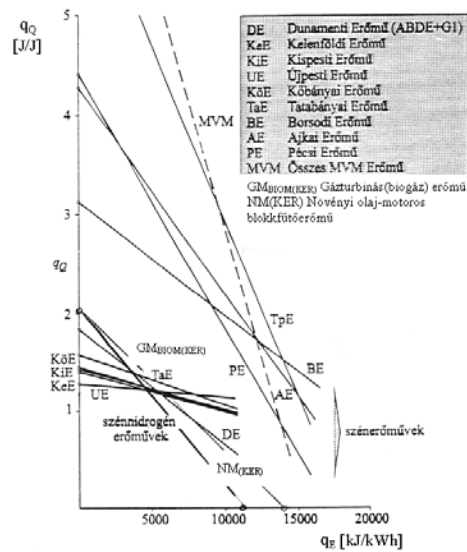
3. ábra. A mennyiségi η_m , a villamos μ_{ENM} és termikus μ_{QNM} rész hatásfokok változása a növényi olaj üzemű blokkfűtőerőmű villamos részterheléseinél (BF visszatérő víz hőmérséklete 50 °C)



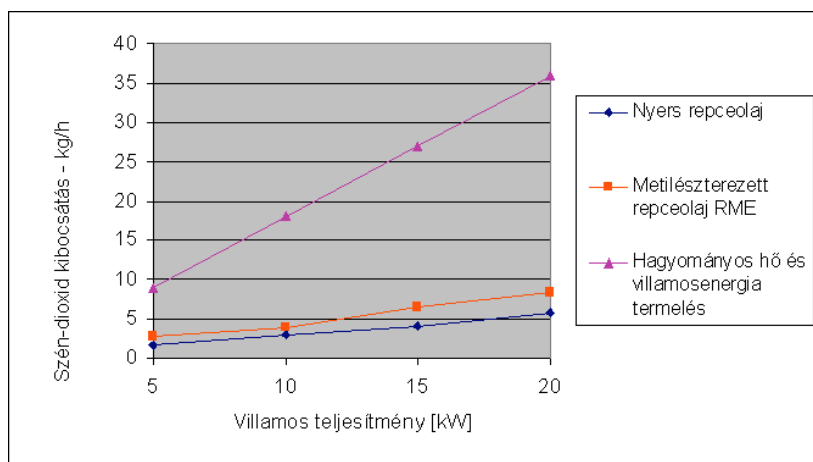
4. ábra. Fajlagos energia-megtakarítás elsődlegesen villamosenergia-termelésre létesített növényi olaj, illetve biogáz üzemű komplex energiaellátó rendszerénél.
 ($\eta_K = 85\%$; $\eta_m = 83\%$; $\mu_E = 33\%$; $\mu_Q = 50\%$)



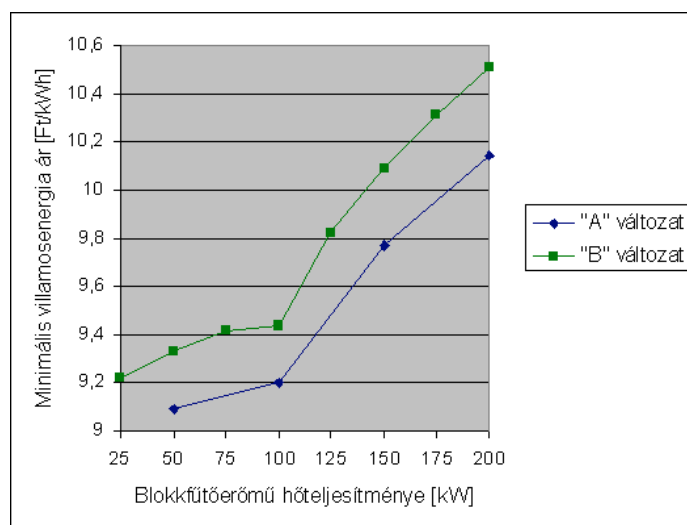
5. ábra. Fajlagos energia-megtakarítás elsődlegesen hőtermelésre létesített növényi olaj, illetve biogáz üzemű komplex energiaellátó rendszerénél ($\eta_m = 83\%$, $\mu_E = 33\%$, $\mu_Q = 50\%$, $\varepsilon_f = 3$)



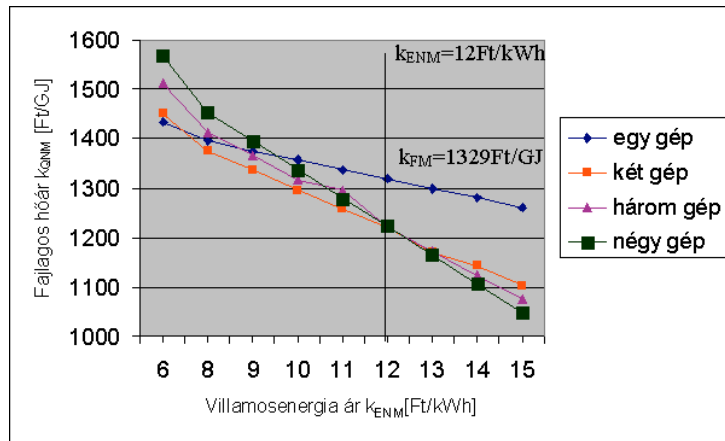
6. ábra. Az MVM Rt erőművek 1994. évi kapcsolt energiatermelésének energetikai jelleggörbéi. Biomassza (gáznemű) üzemanyagú gázturbinás erőmű és növényi olaj motoros blokkfűtőerőmű energetikai jelleggörbéi



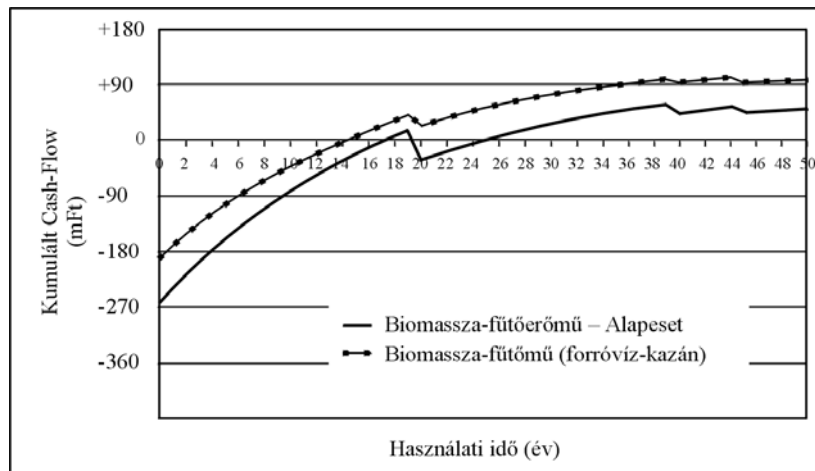
7. ábra. Nyers repceolajjal és RME-vel üzemeltetett kis teljesítményű blokkfűtőerőművek szén-dioxid kibocsátásának összehasonlítása a hagyományos hő és villamosenergia-termelés szén-dioxid kibocsátásával



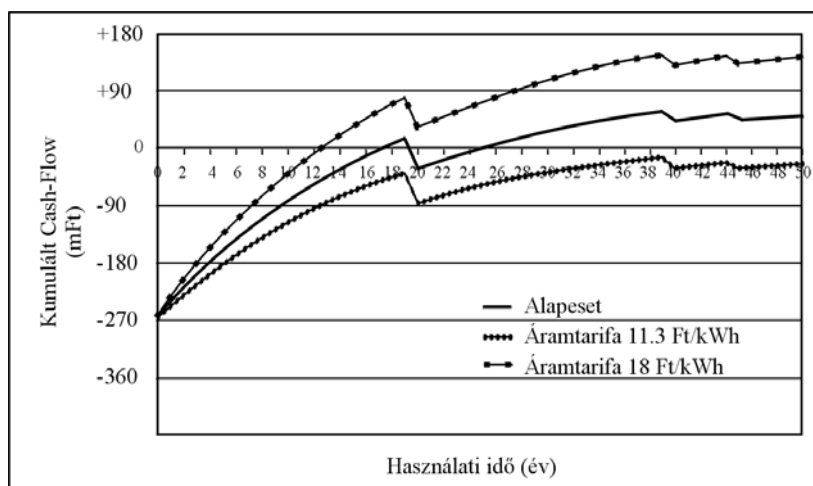
8. ábra. A minimális villamos energia ár alakulása a két változat esetén



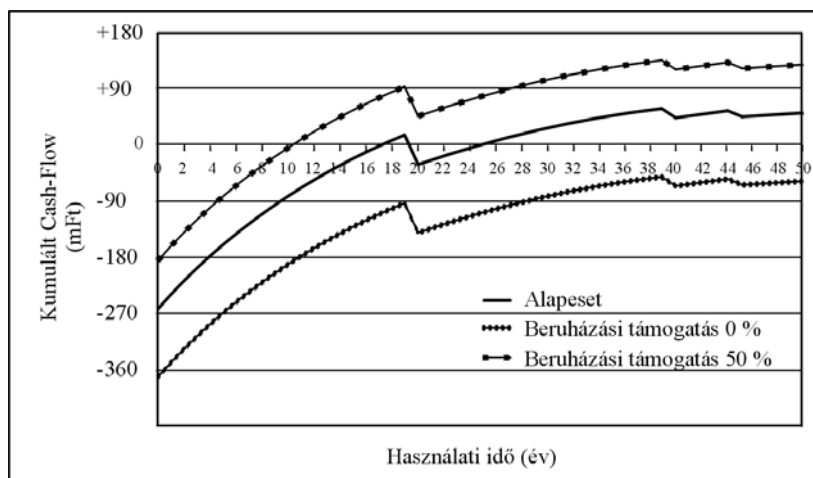
9. ábra. A fajlagos hőár k_{QNM} és a fajlagos villamos energia ár k_{ENM} kapcsolata biomassza üzemű (repce olaj) komplex energiaellátó-rendszer (KER) esetén



10. ábra. Biomassza fűtőmű és biomassza fűtőerőmű gazdaságosságának összehasonlítása



11. ábra. A biomassza fűtőerőmű gazdaságossága a villamos energia eladási árának függvényében



12. ábra. Biomassza fűtőerőmű gazdaságossága az állami-tartományi támogatás függvényében