

OTDK-dolgozat

2015

**Nagyvárosi távhőellátás zöldenergiával: fenntartható-e a faapríték és a
bioszalma energetikai hasznosítása**

Urban heat supply with green energy: is the energetic use of knuckled wood and
biostraw sustainable?

Kézirat lezárása: 2014 április 30.

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS	1
2. A BIOMASSZA ERŐMŰVI FELHASZNÁLÁSÁNAK FOLYAMATAI	2
2.1. A faapríték tüzelése	3
2.1.1. A faapríték beszerzésének jellemzői	4
2.1.2. Tüzelés- és kazántechnológia	7
2.1.3. Faapríték-gazdálkodás	9
2.1.4. A faapríték-tüzelés környezeti hatásai	12
2.2. Mezőgazdasági melléktermékek erőművi felhasználása	13
2.2.1. A bioszalma beszerzése	15
2.2.2. Tüzeléstechnológiai sajátosságok	16
2.2.3. A bioszalma felhasználás gazdasági kérdései	17
2.2.4. A bioszalmatüzelés környezetterhelése	18
3. AZ APRÍTÉK ÉS BIOSZALMA ÖSSZEHASONLÍTÁSA EGY MŰKÖDŐ HŐERŐMŰ ADATAI ALAPJÁN	19
3.1. Anyagbeszerzés	19
3.2. Alkalmazott technológia	20
3.3. Anoním Erőmű gazdálkodása	22
3.4. A tevékenységgel járó környezetterhelés	26
4. ÖSSZEGZÉS	28
5. AJÁNLÁSOK	29
6. IRODALOMJEGYZÉK	31

Táblázat- és ábrajegyzék

1. táblázat: A nedvességtartalom és a fűtőérték összefüggése (5. o.)
2. táblázat: A fűtőérték és a tömeg fajonkénti változása (5. o.)
3. táblázat: Aprítékfa átvételi ára (6. o.)
4. táblázat: A fatüzelés jellegzetes technológiai jellemzői (8. o.)
5. táblázat: Szilárd biomassza kiserőmű élettartam (9. o.)
6. táblázat: Átvételi bázisárak (10. o.)
7. táblázat: Időszakok meghatározása (11. o.)
8. táblázat: A termikus biomassza-hasznosítás gazdasági értékelése (11. o.)
9. táblázat: Biomassza-jellemzők összehasonlítása (14. o.)
10. táblázat: Szállítási költség (15. o.)
11. táblázat: Az apríték és a szalma SWOT elemzése (17. o.)
12. táblázat: Az egységnyi gőzből előállítható villamosenergia (22. o.)
13. táblázat: Villamosenergia bevételek (23. o.)
14. táblázat: Hőenergia bevételek (23. o.)
15. táblázat: Éves tüzelőanyag kiadások (23. o.)
16. táblázat: Egy tonna tüzelőanyagra jutó nettó nyereség (23. o.)
17. táblázat: A futamidő és hozamelvárás összefüggései (24. o.)
18. táblázat: A beruházás által indukált többletjövedelmek (25. o.)
19. táblázat: A többletjövedelmekből származó költségvetési bevételek (25. o.)
20. táblázat: Károsanyagok átlagos kibocsátásai (26. o.)
21. táblázat: Szállítási fordulók és kibocsátások (27. o.)

1. Bevezetés

A Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal adatai alapján az erőművek tüzelőanyag-felhasználásának 23,8%-át a földgáz, 19,5%-át a szén és 4,6%-át a biomassa tette ki Magyarországon 2011-ben. Annak ellenére, hogy a megújuló energiaforrások közül jelenleg a biomassa tüzeléséből nyerjük a legtöbb energiát, volumene lényegesen elmarad a szén- és a földgáztüzeléstől.

A biomassa erőművi felhasználásának előnyei és hátrányai több, mint húsz éve erősen vitatott kérdések Magyarországon. A fő problémát az jelenti, hogy az anyag inputok és kibocsátások becslését, számítását gyakran a termelésben érdekelt, vagy ellenérdekelt felek végzik illetve, hogy az életciklus elemzések alapján nem könnyű meghatározni a faaprítékból, vagy mezőgazdasági melléktermékből keletkező hő- és villamosenergia virtuális energiafelhasználását. Probléma továbbá, hogy a szakirodalom többsége általánosságban, vagy egy adott országra vonatkozóan ír ezekről a kérdésekről, holott a területi adottságok, a helyi gazdaságokból származó termékek összetétele, minősége, a helyi energiaigény és a szállítás költségei mind fontos kérdések a biomassa energia felhasználásának előnyei és hátrányai meghatározásakor.

Dolgozatom alapvetően két részből áll. Az első részben a faapríték és mezőgazdasági melléktermékek erőművi felhasználásának általános feltételeit, kérdéseit vizsgálom: nyersanyag beszerzés, műszaki jellemzők, gazdasági vonatkozások és környezetterhelési szempontok alapján. A második részben egy működő hőerőmű adatain keresztül, azonos szempontok alapján mutatom be és hasonlítom össze a két technológiát. Mindkét részben törekszem a teljeskörű elemzésekre, majd a rendelkezésemre álló adatok alapján objektív konzekvenciát vonok le a faapríték és a mezőgazdasági melléktermékek felhasználásának hosszútávú fenntarthatóságáról.

2. A biomassza erőművi felhasználásának folyamatai

„A biológiai eredetű szilárd tüzelőanyagok korszerű energetikai felhasználása a fejlett országokban – elsősorban környezetvédelmi okokból – növekedik. Itt nem a közvetlen fatüzelésről, vagy szalmaégetésről van szó, hanem arról, hogy ezen biogén tüzelőanyagok energiatartalmát átalakítás révén kedvezőbb formában hasznosíthatóvá lehet tenni... A biomassza – a növényi eredetű szilárd tüzelőanyagok: pl. a fa, a mezőgazdasági hulladékok – jelentősége a fosszilis tüzelőanyagok mellett azért növekszik, mert az egyik legáltalánosabban használt megújuló energiaforrás. Széles körű felhasználása abból adódik, hogy energiahordozóként kezelhető. Elégetésük során pedig csak annyi szén-dioxid keletkezik, amennyit növényként megkötöttek, ezért nem növelik a légkörben az üvegházhatású gázok koncentrációját.” (Stróbl, 2000, 1. o.)

Energiaforrásként, elsődleges, szilárd biomassza alatt a hagyományos mezőgazdasági melléktermékeket és az energetikai célú ültetvényekből vagy erdőgazdasági, fafeldolgozási melléktermékekből nyert faaprítékot értjük. A biomassza egyik legfontosabb tulajdonsága energiahordozóként, hogy a növényi fotoszintézis révén (növényenként változó mennyiségű) CO₂ megkötésére képes. Ez a tulajdonsága javítja a teljes CO₂ kibocsátást, hiszen az égetés során keletkező károsanyag egy részét már megkötötte. Ezért szokás „CO₂-semleges” energiahordozónak hívni. (Boros, 1994, 3., 4. o.) A biomassza második igen fontos tulajdonsága, hogy egyéb fosszilis (szén, olaj, földgáz) energiahordozókkal ellentétben az elégetést követően viszonylag gyorsan (0-10 év) előállítható. Mivel azonban nem áll rendelkezésre korlátlan mennyiségű biomassza és mert az előállítása befektetett erőforrásokat igényel, részben megújuló energiaforrásnak tekinthető.

A Központi Statisztikai Hivatal (KSH) adatai alapján Magyarországon a megújuló energiaforrások termelésének 90,15%-át, míg az Európai Unióban 66,7%-át tette ki a biomasszából és hulladékból származó energia 2011-ben. A magyar kormány 2010. december 22-i ülésén jóváhagyott Magyarország Megújuló Energia Hasznosítási Cselekvési Terve (389/2010. (XII.31.) Korm. rendelet) alapján a kormány álláspontja a következő: „Magyarország kiváló agroökológiai adottságokkal rendelkezik a biomassza versenyképes előállítására. Az élelmezési és takarmány szükségletet meghaladó mennyiségben képes a magyar mezőgazdaság fenntartható biomasszát előállítani... A biológiai eredetű energiaforrások (bioenergia) elvi potenciálja meghaladja a 2020. Évre becsült energiahordozó igény akár 20%-át is, a bioenergia alapú villamosenergia-termelés előre jól tervezhető, szabályozható. Ezért a bioenergia termelésnek elsősorban versenyképességi korlátjai vannak.

A bioenergiának elsősorban a helyi fűtési igények kielégítésében lehet a jövőben nagyobb szerepe, de a kis- és közepes kapacitású kapcsolt villamos- és hőenergia termelési rendszerek terjeszkedésére is hangsúlyt kívánunk fektetni.” (Magyarország Megújuló Energia Hasznosítási Cselekvési Terve, 2010).

Kijelenthető tehát, hogy a faaprítékból és mezőgazdasági melléktermékekből nyerhető villamos- és hőenergia a jövő energetikai fejlesztéseinek egyik fontos területe.

2.1. A faapríték tüzelése

A fás szárú növények aprításából nyert aprítékfa igen széleskörűen felhasználható a háztartási kazánoktól egészen a villamos- és hőenergiát termelő nagy hőerőművekig. Dolgozatomban kizárólag az erőművi felhasználással foglalkozom. A fa, a leggyakrabban használt biogén tüzelőanyag, amelyet alapvetően három csoportba oszthatunk.

Az első csoportba az erdőgazdaságokban, vagy energetikai célú ültetvényekben kinyert tűzifa sorolható. Üzemi termelésnél kihívást jelent, hogy a tűzifa az év során egyenlőtlenül áll rendelkezésre. Annak ellenére, hogy a fák életükben igen sok nehézfémeket vesznek fel, környezeti szempontból ártalmatlannak tekinthetők.

A második csoportba a faipari melléktermékek (fűrészpor is) tartoznak. Ezeknek nagy előnye, hogy olcsón beszerezhetők és kevés energiabefektetéssel homogén tömeget nyerhetünk belőlük. Környezeti szempontból – a faipari tevékenység függvényében – tartalmazhat környezetterhelő, vagy az égést nehezítő anyagokat.

A harmadik csoportba a kommunális vagy ipari fahulladék tartozik, amelyet eredetileg valamilyen más célra termeltek. Ezek gyakran tartalmaznak káros adalékanyagokat. (Strób, 2000, 7. o.)

A fa fűtőértéke élőnedves állapotban 10MJ/kg, amit a hatékonyabb felhasználás érdekében ki kell szárítani. A szárítást szabadban végzik, a faaprítéktömeget gyakran átmozgatják. A hektárra jutó hozamot gyakran atrotonnára adják meg, ami az abszolút száraz állapotban lévő biomassza súlyát jelenti. Az egyes fafajok fűtőértékei 5%-al térhetnek el egymástól (szárított tűzifára 17MJ/kg-ot adnak meg). (Gyulai, 2006, 16. o.)

2.1.1. A faapríték beszerzésének jellemzői

Egy biomassza erőmű létesítésekor (vagy egy erőmű átalakításakor) az egyik legfontosabb mérlegelési szempont: a nyersanyag, azaz a faapríték beszerzésének a lehetőségei. A cél természetesen a lehető legalacsonyabb költségen, a legjobb fűtőértékű faaprítékhoz jutni. Figyelembe kell venni, hogy fenntarthatósági szempontból a nyesedék és az erdőgazdálkodásokból, vagy fafeldolgozó üzemekből származó apríték jobb, mint a tűzifa.

A hagyományos erdőgazdálkodásokban kitermelt faapríték az egyik legelterjedtebb alapanyaga az energetikai célú szilárd biomasszának. A hagyományos tűzifa mellett ebbe a csoportba tartoznak az erdészeti melléktermékek is (apadék, gallyak). Az erdészeti termékek esetében két fontos szempont van. Az első: a faapríték összegyűjtése. Míg az apadék összeszedése nem okoz különösebb gondot, a gallyak összeszedését nem lehet géppel végezni. Ez azonban lehetőséget kínál idénymunka teremtésére, ami a régió felzárkózását segíti. A másik fontos szempont a gallyak elvihető mennyiségének a meghatározása, hiszen ezek a melléktermékek biztosítják a talajnak a megfelelő tápanyag-utánpótlást. Míg a mennyiségek meghatározása állami erdőgazdálkodásokban az éves kitermeléstől függ, a magánerdők esetében rendkívül nehéz ezen környezeti szempont figyelembevételére való ösztönzés.

A klasszikus erdőgazdálkodások mellett, a faapríték termelésénél igen nagy szerepük lehet a fásszárú energetikai ültetvényeknek. Ezek olyan speciális, nemesített fajokból létesített monokultúrák, ahol az elsődleges szempont a lehető legnagyobb produkció. Hazánkban a talaj adottságait figyelembe véve a fűz, a nyár vagy az akác alfajainak telepítése jellemző. Az energetikai ültetvényeket optimális esetben mezőgazdasági hasznosításból túltermelés miatt kivont, vagy meddőhányó területekre telepítik. A dugványról, gyökeres dugványról, vagy csemetéről nevelt növények akár két év alatt is elérhetik a vágáshoz szükséges méretet, majd az ültetvényen kettő-négy évenként újabb jelentős hozam produkálható. Az ültetvények időtartama meghaladja a tíz évet. Fontos előnye az energetikai célú ültetvényeknek, hogy speciális munkagépekkel a betakarítás és aprítás egy műveletként végezhető („járva-aprítás”), így jelentős idő és emberi ráfordítás takarítható meg.

Az erőmű szempontjából azonban annál, hogy milyen tevékenységű társaságtól szerzik be a nyersanyagot, jóval fontosabb szempont a beszerzési költség. A könnyebb tervezés érdekében általában közép-, vagy hosszútávra szerződnek beszállítókkal és többet vásárolnak, mint amennyire valójában szükségük lenne, így biztosítva a termelés

zavartalanságát, tervezhetőségét. Amennyiben új beszállítókra van szükség, a nagyobb erőművek gyakran pályázatot írnak ki és a pályázók közül kiválasztják a legmegfelelőbbet.

A faapríték árának meghatározásakor fontos kritérium a fűtőérték meghatározása, amit a legnagyobb mértékben a nedvességtartalom és az azzal összefüggő fűtőérték befolyásol (1. táblázat).

1. táblázat: A nedvességtartalom és a fűtőérték összefüggése

Forrás: tuzelo.ewk.hu/futoertek

Víz tartalom	%	10	15	20	30	40
Fűtőérték	Mj/kg	16,56	15,48	14,4	12,24	10,44
Fűtőérték	kwh/kg	4,6	4,3	4	3,4	2,9

Adott nedvességtartalom mellett a fűtőérték alakulására hatással van a fa fajtája és keménysége is (2. táblázat).

2. táblázat: A fűtőérték és a tömeg fajonkénti változása

Forrás: tuzelo.ewk.hu/futoertek

	Akác	Bükk	Éger	Fenyő	Fűz	Juhar	Nyár	Tölgy
Fűtőérték 25%-os n.t. (MJ/kg)	12,7	12,5	12,9	14	12,8	13,6	12,3	13,2
Tömeg 25%- os n.t. (kg/köbméter)	930	865	640	575	665	660	530	840

A faaprítékot értékesítő termelők megállapodhatnak felvásárlókkal is, akik előre meghatározott áron vásárolják föl a termékük. A Zöldenergia 99 Kft. 2012-es nettó felvásárlási ajánlata (3. táblázat) a szállítási költségeket nem tartalmazza.

3. táblázat: Aprítékfa átvételi ára
Forrás: Zöldenergia 99 Kft., 2012

Nedvességtartalom (%)	20,00- ig	20,01 - 25,00	25,01 - 30,00	30,01 - 35,00	35,01 - 40,00	40,01 - 45,00	45,00 -től
€ / atro tonna	78	77	76	75	74	72	68

A Zöldenergia 99 Kft. az aprítékfa szállítását 1 €/km-ért átvállalja.

A fenti költségekből jól látható, hogy az erőmtől való távolság igen fontos dimenzió. Az üzemanyag ára, a munkaerő szükséglet és a szállítóeszköz amortizációja mind befolyásolja a szállítás költségét, ami a beszerzés szempontjából igen jelentős tétel. Másik fontos szempont, hogy a faapríték szállítása során a szállítóeszköz károsanyagot bocsát ki, aminek környezetterhelő hatásának meghatározása igen nehéz feladat, mert figyelembe kell venni a fa felhasználásának egyéb lehetőségeit is. Nehezen meghatározható és időszakosan változó az erdőgazdaságban kitermelt fa másik (távolabbi) erőműbe vagy feldolgozóüzembe szállítása esetén keletkező többletkibocsátás. Mivel a távolság növekedésével lineárisan növekszik az ár és a károsanyag kibocsátás, a gazdasági szereplők motiváltak abban, hogy a faaprítéket minél közelebb használják fel. Az általános gyakorlat szerint, az erőmű befogadóképessége és a területi adottságok alapján a maximális átvételi távolság 50 és 100 km között változik.

A szállítás feladata, megállapodás alapján, lehet az erőműé, vagy a termelőé. Amennyiben az erőmű vállalja a szállítást, a fajlagos költségek csökkenthetők, azonban ehhez plusz beruházás és munkaerő ráfordítás szükséges. Ha a megállapodás szerint a szállítás a termelő feladata, a többletköltség őt terheli, ezért nagyobb eladási árra számíthat.

Egyre nagyobb teret kapnak azok a társaságok, akik felvásárolják a faaprítéket, elszállítják és eladják, így tehermentesítik mind a termelőt, mind az erőművet. Erről a modellről azonban általánosságban elmondható, hogy a termelési lánc egy taggal való bővülése miatt költségesebb az előzőknél.

2.1.2. Tüzelés- és kazántechnológia

A szén- vagy földgáztüzeléssel szemben a biomassa felhasználásának műszaki kockázatai nagyobbak. Mint ahogyan azt az előbbieken ismertettem, a tüzelőanyag beszerzése lényegesen körülményesebb, továbbá a faapríték minősége inhomogén, ezért a tüzelési technológiában átalakítások szükségesek a hatékonyság növeléséhez. A biomassa-tüzelésű kazánoknál minden esetben szükséges valamilyen hamu- és salakkihordó rendszer alkalmazása. A kisebb fűtőérték miatt nagyobb a tárolási igény, bonyolultabb az előkészítési és tüzelési technológia. További terhek a füstgáztisztítás és a gyakoribb karbantartási igény. A továbbiakban röviden ismertetem az általános eljárásokat.

A biomassa tüzelési módjának kiválasztásakor ismerni kell az égetendő anyag tulajdonságait (szemcse mérete, fa tulajdonsága, nedvességtartalom stb.)

A 6 MW tüzelési teljesítményig, kis hamutartalmú faapríték esetében használható az alátoló tüzelés. Ennél a technológiánál a faaprítékot egy adagolóhengeren keresztül juttatjuk a kazán „aljába”, ahol elég. Hátránya, hogy nagy hamutartalmú anyag tüzelésekor gondot okoz a salakanyag eltávolítása, illetve a salakanyag – olvadás esetén – nehezíti a gázok áthaladását.

A mozgórostélyos tüzelés során viszonylag homogén, szemcsés anyagra van szükség, ezért fontos állomás a faapríték előkészítése, azonban nem probléma, a magas víz- és hamutartalom. Alapvetően két típusú mozgórostélyos tüzelésű fűtőmű technológiát különböztetünk meg: előtoló és vándorrostély-tüzelést. Az előtoló rostély esetében minden második rostélyelem előre és vissza elmozdul. Fontos a biomassa, rostélyon való egyenletes eloszlása. Az előtolás üteme és a levegő bevezetése állítható, a kiégést infravörös érzékelőkkel ellenőrzik. A vándorrostély-tüzelés során a nyugalomban lévő rostélyt egy lánchajtás mozgatja előre. Itt csak egyenletes horizontális mozgás lehetséges, azonban a kiégés igen jól szabályozható.

A stacioner fluid ágyas tüzelés során az apríték 1 mm-nél kisebb szemcsenagyságú, szilikáthomokból álló örvényágyra kerül. Az ágyanyag és apríték keverékét a fenéklapon fűrt apró lyukakon befűjt primer levegővel tartják lebegő állapotban. Miután a biomasszát felmelegítették 540 °C-ra, az anyagot meggyújtják és az égési hőmérsékletet 790-870 °C között tartják. Az égéshez szükséges oxigént szekunder levegővel, befúvással biztosítják. Az ágysűrűség 720 kg/m³, a fluidizációs sebesség pedig 1, 0-2,5 m/s között van. A stacioner fluid ágyas tüzelés 10 MW-os tüzelés felett előnyös. Előnye, hogy képes befogadni változó szemcsenagyságú és nedvességtartalmú aprítékot, alkalmas a vegyes tüzelésre és az ágyban

akár 99%-os tüzelési hatásfok is elérhető. Hátránya a mozgórostélyos tüzeléssel szemben a nagy üzemköltség és a korlátozott részterhelés.

A cirkulációs fluid tüzelés során nagyobb a fluidizálási sebesség (5-10 m/s), kisebb az ágsűrűség (560 kg/m^3) és finomabb az ágyanyag. Ez a tüzelés 30 MW tüzelési teljesítmény fölötti értékek esetén működtethető gazdaságosan. A víz- és hamutartalom ennél a technológiánál is rugalmasan változtatható, azonban az apríték szemcsemérete kötött. Előnyei a jó kiégés, stabil tüzelés és a jó ellenőrizhetőség. Hátránya a nagy beruházási költség és a kibocsátott füstgáz magas porkoncentrációja. (Stróbl, 2000, 18. o.)

A különböző tüzelési technológiák összehasonlításánál fontos szempontok a teljesítmény, a hamutartalom, a víztartalom és a szemcseméret (4. táblázat).

4. táblázat: A fatüzelés jellegzetes technológiai jellemzői

Forrás: Dr Stróbl Alajos, 2000, 23. o.

Típus	Teljesítmény	Hamutartalom	Víztartalom	Méret
Alátoló tüzelés	20 kW... 2,5 MW	<1%	5 ... 50%	
Előtoló rostély	150 kW ... 100 MW	>>1% is	5 ... 60%	
Vándorrostély	2 MW ... 5 MW	<5%	40 ... 60%	
Stacioner fluid ágy	5 MW ... 300 MW		5 ... 60%	d < 10 mm
Cirkulációs fluid ágy	15 MW ... 300 MW		5 ... 60%	d < 10 mm

Villamosenergia termeléshez, a biomasza elégetését vagy elgázosítását követően turbinák működtetése szükséges. A gázhajtás esetében a turbina üzeméhez kémiai nemesítésre van szükség. Kémiai nemesítésre a következő technológiák vehetők igénybe.

Hidráló gázosítás során metánt kapunk, amelyből reformálással szintézisgáz lesz, amiből magas hőmérsékletű fűtőanyag elemekkel, igen kedvező (45%) rendszerhatásfokkal termelhető villamosenergia.

Parciális oxidálással (lassú gázosítással) a primer eljárást követően szintézisgázt, pirolízisolajat és faszenet kapunk. A szekunder eljárás során a pirolízisolaj hidrálással és finomítással synfuel, a faszén elgázosítása pedig szintézisgázt termel. A pirolízistermékek hidratálása cseppfolyóssá teszik a biomasszát.

A harmadik technológia a gyors pirolízis. Ebben az esetben a kinyert pirolízisolaj elégethető az erőműben, gázturbinában azonban csak az égő módosításával, vagy az olaj nemesítésével használható. (Boros, 1994, 12. o.)

A biomassza erőművek műszaki méretezésénél és a megtérülési idő számításánál fontos szempont az élettartam. Egyes elemeknél plusz költségeket jelenthet a rendszeres karbantartás, ezt gyakran alvállalkozók végzik. Az erőmű különböző elemeinél különböző élettartammal és kockázatokkal számolhatunk. (5. táblázat)

5. táblázat: Szilárd biomassza kiserőmű élettartam

Forrás: Energia Központ Nonprofit Kft.

Technológiai elem	Élettartam	Karbantartási tevékenység	Kockázati tényező
Szilárd biomassza kiserőmű	25 év		
Tüzelőtároló épület	30 év	ellenőrzés, festés	tűz
Tüzelő felhordó szerkezet	10 év	sűrű karbantartási ciklus	elakadás, törés, szakadás
Kazán	15 év	felülvizsgálat, tisztítás	robbanás
Hőközpont	30 év		
Kiegészítő berendezések	15 év	éves felülvizsgálat	
Épületek	50 év	általános épület karbantartás	tűz
Elektromos berendezések	30 év	felülvizsgálat	tűz

2.1.3. Faapríték-gazdálkodás

A magántulajdonú hőerőművek biomassza tüzelésűre való átállásában a legfontosabb kérdés, hogy a beruházás hogyan térül meg, gazdaságosabban előállítható-e energia biomasszából? Mivel a választ erősen befolyásolják területi adottságok, a lehetséges kiadásokat és bevételeket vizsgálom.

A bevételi oldal meghatározása jóval könnyebb feladat, mert mind a hőenergia, mind a villamosenergia rögzített áron értékesíthető. Villamosenergia esetében (hálózathoz való közvetlen kapcsolódás esetén) a támogatott átvételi árat befolyásolja a méret (névleges villamos teljesítőképesség), a jogosultság megszerzésének időpontja, a zónaidő és a technológia. A megújuló energiaforrásból és hulladékból nyert energiával (kivétel: nap- és szélenergia) termelt villamosenergia átvételi bázisárai vonatkoznak a biomasszára is (6. táblázat).

6. táblázat: Átvételi bázisárak
Forrás: Magyar Energia Hivatal, 2011

Időszak	Ft/kWh
Csúcsidőszak	19,96
Völgyidőszak	12,77
Mélyvölgy időszak	12,77

Az időszakokat külön nyári és téli időszámítás szerint határozzák meg (7. táblázat).

7. táblázat: Időszakok meghatározása
Forrás: www.biomasszaeromuvek.hu/energiapolitika

Az 1. erőműegység csoport esetében	Téli időszámítás	Nyári időszámítás
Csúcsidőszak	06:00 - 22:00	07:00 - 23:00
Völgyidőszak	22:00 - 01:30, 05:00 - 06:00	23:00 - 02:30, 06:00 - 07:00
Mélyvölgyidőszak	01:30 - 05:00	02:30 - 06:00

A villamosenergia értékesítését tehát a maximális kapacitás és a hatékonyság befolyásolhatja. Mivel a villamosenergia szállítása rendkívül költséges művelet, az erőművek közvetlenül az országos hálózatba táplálják a megtermelt villamosenergiát.

A távhőellátás esetében sem szabhatja meg az erőmű az árait, mert 2011 óta a Nemzeti Fejlesztési Minisztérium határozza meg azok maximumát.

A földgáz- és széntüzelésű erőművekkel szemben a biomasszaerőművek esetében generálhatnak bevételt az üvegházhatású gázok kibocsátásának bizonyítható csökkentéséből adódó, Magyar Állam által értékesítésre engedélyezett kvóták is. Ezek származhatnak a megspórolt szállítással járó emisszióból (nehezen bizonyítható és monitoringozható), illetve a fosszilis tüzelőanyagok kiváltásával járó üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkenéséből. A tüzelés mellékterméke, a biohamu értékesítése további bevételt jelenthet.

A viszonylag könnyen tervezhető és egységes bevételekkel ellentétben a költségek általánosítása jóval komplexebb és helyspecifikusabb feladat. Az apríték beszerzésével kapcsolatban – mint ahogyan arra már az előbbieken is kitértem – jelentős költségek a szállítás és az átvételi ár. Lényeges kérdés, hogy a megvásárolt aprítékot milyen műveletekkel szükséges előkészíteni a tüzelésre. Amennyiben aprítani kell, az aprító berendezés beruházása és működtetése újabb költségeket vet fel. A faapríték szárítása a szabadban történik. A szárítás közben az apríték mozgatása, forgatása és a tartalékképzés mind-mind újabb

költségek. A biomassa termikus hasznosításában segítségünkre lehet a következő táblázat.
(8. táblázat)

8. táblázat: A termikus biomassa-hasznosítás gazdasági értékelése

Forrás: Stróbl, 2000, 35.o.

Tüzelőanyag	Értékelési szempontok	Értékesítés
Tűzifa	nagy költséggel beszerezhető, költséges technika	szubvenció nélkül jelenleg nem lehetséges
Faipari hulladékok, melléktermékek	jelenleg kis mennyiség áll rendelkezésre, mert főleg anyagként értékesítik	egyedi elbírálás szükséges
Kommunális és ipari fahulladék	mennyiségileg megfelelő, költséges technikát követel, kedvező ár	egyedi elbírálás nem lehetséges
Egyéb biomassa	mennyiségileg kevés, nagy beszerzési költség, költséges technika, regionálisan eltérő (pl.: szalma)	szubvenció nélkül nem lehetséges

Miután a faapríték nedvességtartalma a kazánhoz mérten megfelelőképpen lecsökkent, az anyagot el kell juttatni a kazánhoz. Ezt a nagyobb erőműveknél fejlett anyagmozgató berendezésekkel végzik, ami minimalizálja a tevékenységgel járó költségeket. A kazánokban fellépő energiaveszteség, a rendszer működtetéséhez szükséges energia és a hőenergia szállítása újabb és újabb költségek.

A működés mellett még felléphetnek egyéb költségek is, például az erőmű társadalmi elfogadtatását segítő kommunikációs terv kialakítása és végrehajtása, banki finanszírozás esetén fellépő adósságszolgálat, karbantartásból származó termeléskiesés.

Látható tehát, hogy egy erőmű versenyképességét és gazdaságosságát nagy mértékben a költségek megfelelő tervezése befolyásolja.

2.1.4. A faapríték-tüzelés környezeti hatásai

Amellett, hogy a biomassa erőművek tüzelőanyaga, a nehezen tervezhető (importból származó devizakockázat, nagy mértékű árváltozások) földgáz ára mellett könnyen tervezhetőnek és olcsónak mondható, talán a legfontosabb előnyüknek a nem megújuló, fosszilis energiahordozókkal szemben, a mérsékelt környezetterhelést tartják. Az üvegházhatású gázok közül kiemelt „szén-dioxid semlegesség“ azonban nem egyértelmű fogalom, hiszen nem tudhatjuk, hogy pontosan mit vesz figyelembe.

A biomassa erőművi felhasználása során ahhoz, hogy teljes képet kapjunk a kibocsátott szén-dioxidról, meg kell vizsgálni a termelési lánc teljes anyag- és energiaáramát. Amennyiben egyetlen autotróf (szervesanyag termelő) szervezetet vizsgálunk azt tapasztaljuk, hogy a fotoszintézis alatt megtermelt szervesanyag egy részét elégeti, a maradékot pedig saját növekedésére fordítja. Az autotróf szervezetekre heterotróf szervezetek (szervesanyag fogyasztó) települnek, amik a megkötött szén egy részét oxidálják (szén-dioxiddá), a maradékot pedig beépítik a szervezetükbe. Az elhalt, lebomló szervezetek lassan lebomlanak és időlegesen szén jelenik meg a forgalomból. Amennyiben a lebomló szervesanyag nem jut közvetlen levegőhöz, a szén fosszilizálódik. A növényeken kívül a talajban lévő víz is tartalmaz szén, vagy oldott szén-dioxidot. Az ökoszisztéma egészét tekintve tehát a szén egy része kikerül a körforgásból. A talajmunkák megzavarják a talaj biodinamikáját, azonban segítik a növénytermesztést. *„A talaj szénháztartását illetően elmondható, hogy összességében csökkenti a szerves szén mennyiségét, s növeli a talaj szén-dioxid leadását.“* (Gyulai, 2001, 61. o.) A műtrágyázásból származó dinitrogén-oxid is környezetterhelő hatású (a talaj, talajvíz, élővíz nitrátosodására nem térek ki). A mesterségesen fixált nitrogén talajba juttatása nitrogénfőlösleghez és denitrifikációs aktivitáshoz vezet, aminek kiküszöböléséhez több szén mobilizálása szükséges. A műtrágya és szerves trágya előállítás és szállítása tovább rontja a szén-dioxid-mérleget. (Gyulai, 2001, 59-63. o.)

Az előbb leírt jelenségek természetesen nem csak az elégetésre szánt biomassa termelésénél, hanem minden fajta mezőgazdasági tevékenységnél jelentkeznek, azonban ha a szén-dioxid-mérleg szélesebb körű megismerésére törekszünk, jelentőségük igen nagy.

A szén-dioxid mérleg eredményét tovább rontják az ültetéssel, gondozással, faapríték betakarításával és szállításával járó kibocsátások. Azt, hogy ez az érték pontosan mennyi, meghatározza a tevékenységek köre (energiaültetvény esetében a betakarítás és az aprítás egy művelet), a munkagépek fajtája, fogyasztása és a szállítási távolságok. A valós képhez itt is

figyelembe kell venni, hogy a megtermelt aprítékot ha nem az adott erőműben, máshol dolgoznák fel és, hogy a betakarításra, aprításra mindenképpen szükség van.

A tüzelőanyag égetése során a szén-dioxidon kívül további környezetterhelő anyagok keletkeznek (szén-monoxid, kén-dioxid, nitrogén-oxidok, por, klór). Ezeknek egy jelentős része a modern technológiának köszönhetően szűrhető. Ha azonban a biomasszát a nem megújuló szén- és földgáz tüzeléssel hasonlítjuk össze, a biomassa pozícióját gyengíti a jelentős PM10 kibocsátás.

Az anyagáram utolsó elemeként, a keletkező hamu talajlúgosító, talajjavító hatású, így felhasználása pozitívan befolyásolhatja a termesztést.

A szén-dioxid semlegességhez visszatérve, az egyértelmű, hogy a tüzelőanyag elégetése során annyi szénét égetünk el, amennyit a növény életében megkötött, azonban a kevesebb talajba kerülő bomló növény miatt a talajban lévő szénkészlet lecsökken. A kibocsátott szén-dioxidot tehát olyan tevékenységből származó megkötéssel ellensúlyozzuk, aminek kibocsátásait nem vettük figyelembe. Így az, hogy a biomassa szén-dioxid semleges energiaforrás félrevezető fogalom. A teljes mérleg egyensúlyközeli állapota csak olyan elméleti modellekkel képzelhető el, ahol a teljes szén-dioxid mérlegből levonjuk az alternatív (ha messzebbre kellene szállítani stb.) kibocsátásokat, ezek azonban a valós emissziót nem csökkentik. A biomassa erőművek létesítésénél érdemes továbbá figyelembe venni a lehetséges ökológiai károk elkerülését és a PM10 kibocsátás maximális szűrését.

2.2. Mezőgazdasági melléktermékek erőművi felhasználása

Az előbbiekben bemutatam a tüzifa és faapríték erőművi felhasználásának – általam lényegesnek tartott – kérdéseit. Ebben a fejezetben arra mutatok rá, hogy milyen fő eltérések vannak a bálázott tüzelőanyag és az ömlesztett apríték technológiai között.

A „bioszalma“, mint energiahordozó részhalmaza a biomasszának. Olyan lágyszárú energianövényeket (energiafű, energianád) és éghető mezőgazdasági melléktermékeket (széna, szalma, kukoricaszár, naprafogószár, kender stb.) értünk alatta, amelyek elégetéséből – a biomasszához hasonlóan – hő- és villamosenergia nyerhető.

Az energetikai célú lágyszárúak oszthatók száraz és nedves alapanyagú rendszerek szerint. A száraz alapanyagú rendszerek esetében a lekaszált növényeket több napig, a helyszínen szárítják, majd bálákba sajtolják és tárolják. A nedves alapanyagú rendszereknél először árpát, rozst és repcét vetnek, majd a teljes érésük előtt 3-4 héttel

levágják és szecskázzák. Ősszel a másodlagos kultúrákat (kukorica, napraforgó, kender) is érésük előtt aratják le és tárolják. A termést ezek után csigaprésekkel a szükséges nedvességtartalom csökkentéséig víztelenítik, majd a növényeket eltüzelik. A kipréselt vizet trágyázáshoz használják. (Stróbl, 2000, 8. o.)

A lágyszárú növények égetésénél is igen fontos a nedvességtartalom. A tűzifával ellentétben itt a legmagasabb elfogadható érték 25% környékén van, az optimális: 16% körül. A bálák tárolását tűzvédelmi okokból az erőmű csak néhány napig, tartalékképzés céljából vállalja. A tárolás és szárítás így minden esetben a termelő feladata.

Az erőmű hatékonyságának maximalizálása szempontjából nagy jelentősége van a homogén tüzelőanyagnak. A bioszalma esetében az jelenti az egyik legkomolyabb kockázatot, hogy több fajta növényt tartalmazhat a bála (mezőgazdasági melléktermékek, energianád, energiafű stb.). Általánosítva azonban a bálák nedvességtartalmával arányos a fűtőérték. Ezeket és a fűtőanyag általános jellemzőit összehasonlíthatjuk a tűzifáéval és a feketeszénével. (9. táblázat)

9. táblázat: Biomassza-jellemzők összehasonlítása

Forrás: (Stróbl, 2000, 9. o.)

	Szalma	Fa	Szén
Fűtőérték, MJ/kg	13 - 15	8 - 14	23 - 28
Víztartalom, %	10 - 20	25 - 60	8 - 14
Kéntartalom, %	0,1 - 0,3	elhanyagolható	0,5 - 2,5
Klórtartalom, %	0,1 - 1,0	elhanyagolható	elhanyagolható
Káliumtartalom, %	0,5 - 2,0	elhanyagolható	elhanyagolható
Salaklágyulási pont, °C	800 - 1000	1000 - 1400	1135 - 1400
Energiasűrűség, GJ/m ³	2	3	22

2.2.1. A bioszalma beszerzése

A mezőgazdasági melléktermékek és a faapríték beszerzése közötti különbségek elsősorban abból fakadnak, hogy különböző egységrakományt képeznek. Az ömlesztett, többnyire súlyra mért faaprítékkal ellentétben a mezőgazdasági melléktermékek esetében a bálák jellemzői a meghatározók.

A nagy kockabálák 70x120x250 cm-esek, térfogatuk tehát $2,1 \text{ m}^3$. Súlyuk a növények összetételének és a nedvességtartalomnak függvényében 300-tól 500 kg-ig terjedhet. Ezeket a bálákat a tárolás után tehergépkocsikkal szállítják az erőműbe, ahol többnyire valamilyen anyagmozgató-osztályozó berendezés juttatja el a vegyes- vagy szalma tüzelésű kazánig.

A szállítás költsége a bioszalma esetében is jelentős, itt azonban a szállítóeszköz maximális kapacitását a térfogat alapján határozhatjuk meg. Tételezzük fel, hogy 1 tonna szalma átvételi ára 18€, tehát egy nagy kockabáláé: 9€. Az egyszerűség kedvéért feltételezzük, hogy – akárcsak a faapríték esetében, itt is – 1 km szállítást 1€-ért vállalnak. A bálaszállító és egy utánfutója összkapacitása 52 m^2 , ami azt jelenti, hogy maximális kihasználtság esetén 3 m^2 -es felületű bálából (három sorban pakolva) 48-at képes szállítani. Durva becslés alapján a faaprítékkal szemben (30 tonna kapacitás) a bálák szállításánál a maximális kapacitás: 20 tonna. Mezőgazdasági melléktermékek esetében is 50 és 100 km között határozzák meg a gazdaságos maximális beszerzési távolságot. Az átvételi ár és a szállítási költség aránya a távolság alapján mind az apríték, mind a mezőgazdasági melléktermékek esetében lineárisan változik. (10. táblázat)

10. táblázat: Szállítási költség

Forrás: Saját készítés

Távolság	Szállítási költség, €	Szállítási költség/Faapríték átvételi ár, %	Szállítási költség/Bála átvételi ár, %
0 km	0	0	0
25 km	25	1%	7%
50 km	50	2%	14%
75 km	75	4%	21%
100 km	100	5%	28%

Noha a fenti adatok durva becslések, jól szemléltetik, hogy a mezőgazdasági melléktermékek, a bálák nagy térfogatából adódóan, jóval érzékenyebbek a szállítási

távolságra, mint a faapríték. Ebből következik, hogy a bioszalma beszerzésének tervezésekor komolyabb figyelmet kell fordítani a szállítási távolságokra, mint a faaprítéknál.

A bekerülő bálákat az erőművek néhány nap alatt elégetik, ezért a szállítással és szárítással járó többletköltség a termelőket terheli. Elmondható tehát, hogy a gyakrabbi produkció és a nagyobb termelési tapasztalat mellett a bálák tüzelésre való előkészítése – termelői szempontból – bonyolultabb folyamat, mint a faaprítéké.

Az erőmű szempontjából, a bioszalma az aprítéknál olcsóbb tüzelőanyag. A kis tartalékképzésnek az erőművek által megjelölt tűzvédelmi okok mellett gazdaságossági oka is van, hiszen a bioszalma tárolása jóval költségesebb, mint az aprítéké. A bioszalma beszerzése a kis tartalék miatt nagyobb szervezési és felügyeleti ráfordítást igényel.

2.2.2. Tüzeléstechnológiai sajátosságok

A szalma égetése, – előbb ismertetett – eltérő jellemzői miatt, technológiai módosításokat igényel.

Heterogén jellege miatt komoly hatásfok növeléssel járhat a modern osztályozó és anyagszállító rendszerek kiépítése, használata. Ezek minimális emberi ráfordítással képesek a kazán kapacitásához legmegfelelőbben kiválogatni és elhelyezni a bálákat.

A vegyes tüzelésű kazánokon kívül a szalma felhasználására kisebb egységeknél a dán fejlesztésű, szivarégetési technológiát használják. A szivarégetési kazánban a tüzelőanyag egy vízűtésű rostélyra, majd a tűztérbe kerül, ahol 900 °C körüli hőmérsékleten elég. A hasznos égéstermék átáramoltatják két túlhevítőn, majd egy tápvíz-előmelegítőn, ami után már csak 200 °C-os hőmérsékletű. Ezeket követi a léghevítő és a porleválasztó. A salakanyag a salaktölcséren keresztül távozik.

A nagyobb egységek elégetésénél gyakran használnak ferde-, vagy rezgőrostélyos technológiát. A szalma alacsony salakolvadási pontja miatt rendkívül fontos a rostély és a tüzelési hőmérséklet folyamatos szabályozása (nem mehetnek 900 °C fölé), ezért a kazán falait gyakran átáramoltatják vízzel vagy füstgáz-visszakeveréssel hűtést használnak. (Stróbl, 2000, 25. o.)

2.2.3. A bioszalma felhasználás gazdasági kérdései

A faapríték és a szalma tüzelés között, a bevételi oldalon, nincs komolyabb eltérés. A bioszalma tüzeléséből származó villamos- és hőenergia ugyanúgy értékesíthető, mint az aprítékból származó. A csökkentett szén-dioxid kibocsátással és hamu értékesítéssel hasonló módon javítható az eredmény.

A műszaki méretezésből származó költségek elhanyagolhatók. Jelentős különbségek az előbb leírt tüzelőanyag beszerzésből és tárolásból származnak. A következő táblázatban a tűzifa és a szalma tüzelőanyagként vett összehasonlítása szerepel. (11. táblázat)

11. táblázat: Az apríték és a szalma SWOT elemzése

Forrás: Saját készítés

	Erősségek	Gyengeségek	Lehetőségek	Veszélyek
Apríték	Rugalmas tartalékképzés, költséghatékonyabb szállítás	Magas bekerülési költség	Homogenitás, nagyobb energiasűrűség	Ritka produkció
Szalma	Alacsony ár	Költséges szállítás, tartalékolási nehézségek	Gyakori produkció	Heterogenitás, kisebb energiasűrűség

Az alábbi általánosságon kívül, egy erőmű létesítésénél, vagy átalakításánál leginkább a környezeti adottságokat kell figyelembe venni, hiszen amelyik tüzelőanyag nagyobb mennyiségben áll rendelkezésre az erőmű közvetlen közelében, annak a beszerzése lesz gazdaságosabb.

Mind a faapríték, mind a bioszalma esetében fontos szempont a régió fejlődése. A földgáz- vagy szénttüzelésű erőművek a tüzelőanyagot többnyire importálják, ezzel a beszerzésre szánt összeget külföldön költik el. A faaprítékot és a szalmát a környező gazdaságokból vásárolják meg, így a beszerzésre fordított összeg a régióban marad, ami többletbevételhez jut, így lehetősége van a dinamikusabb fejlődésre. Mivel bonyolultabb technológiáról van szó, nagyobb a munkaerő szükséglete a biomassza és bioszalma erőműveknek. A nyesedék betakarításánál, az energetikai ültetvények gondozásánál és egyes mezőgazdasági munkálatoknál pedig lehetőség van a szociális és közmunkaprogramok használatára, amivel szintén elősegíthető a régió felzárkózása, fejlődése.

2.2.4. A bioszalmatüzelés környezetterhelése

A szalmatüzelés környezetterhelése nem tér el jelentős mértékben az apríték tüzelésével járó környezetterheléstől. Nagyobb emissziót okoz azonban a szállítás, hisz a térfogati korlátok miatt, adott kibocsátással, az aprítéknál kisebb mennyiségű szalma szállítható.

Az, hogy az élelmiszertermelés mellett mekkora többlet terület szükséges az erőmű faapríték, vagy szalmaigényének kielégítéséhez (szükséges-e egyáltalán kizárólag energetikai termelés), a környező társaságok gazdálkodásán múlik. Az a felvetés, hogy az élelmiszertermelés szempontjából a legideálisabb, ha kizárólag meddőhányókat használnak energetikai ültetvények létesítéséhez, ugyanannyira igaz a fásszárú és a lágyszárú növényekre, azonban a fás szárú energianövények mélyebbre nyúló gyökérzetüknél fogva többnyire jobban viselik a tápanyaghiányt.

Az egyetlen jelentős kritika, amely kizárólag a faaprítékra vonatkozik, az a gyakran megfigyelhető társadalmi félelem, hogy a „természetet jelentő” erdők energetikai hasznosítása komoly ökológiai és esztétikai károkat okoz. A bioszalma technológia esetében ez nem jelentkezik, hiszen a tüzelőanyag megművelt területekről származik, amelynek esztétikai értéke – az emberi jelenlét miatt – kisebb.

Általánosságban azonban elmondható, hogy az előbbi eltéréseken kívül a faapríték és a szalma erőművi felhasználásából fakadó környezetterhelések közt csekély különbség van.

3. Az apríték és bioszalma összehasonlítása egy működő hőerőmű adatai alapján

Ebben a fejezetben egy működő hőerőmű adatai alapján hasonlítom össze a biomassza és a bioszalma energetikai hasznosítását. Az általam vizsgált erőmű neve elhallgatását kérte, ezért a továbbiakban „Anonim Erőműnek” fogom hívni. Azoknak az adatoknak az esetében, amelyek üzleti titoknak minősülnek (pl.: faapríték átvételi ára), publikus, piaci adatokkal számolok. Céлом, hogy bemutassam a két technológia folyamatait, ezért az eredményeim – nem egységes adatokból fakadó – pontatlanságai nem befolyásolják jelentős mértékben az összehasonlítást. Anonim Erőmű adatairól feltételezem, hogy valós adatok.

3.1. Anyagbeszerzés

Anonim Erőmű két blokkal rendelkezik. Az első, 49,9 MW teljesítményű blokkot a 2000-es évek közepén alakították át széntüzelésűről faapríték tüzelésűre, és azóta üzemel. A második, bioszalma tüzelésű blokk 35 MW-os teljesítményű, próbaüzemére a tavalyi évben került sor, idén már megkezdte működését.

A faapríték tüzelésű blokkban 410 000 – 440 000 tonna fát tüzelnek el évente. Ennek a mennyiségnek 48%-a tűzifa minőségű faanyag, 31%-a apadék, 15%-a fűrészipari melléktermék és 6%-a mezőgazdasági eredetű. Az erőműben csak olyan faanyag kerül felhasználásra, ami valamilyen fahiba (bélrepedés, külponthos bél, gyűrűs elválás, kéregbenövés, fagyléc, héjaszás, csillagos álgeszt, bordás növés stb.) miatt nem használható fel más célra. A beszállítókat hivatalos pályázaton választják ki, amelyben az ár mellett fontos kritériumok a Magyar Erdészeti Hatóság által kiadott folyamatos igazolás, vágási engedély és a Forest Stewardship Council (FSC) szervezet tanúsítványa. Az FSC egy, a fatermékek certifikálására, az erdők fenntartható gazdálkodásának biztosítására alapított nemzetközi szervezet. Alapvető normái között vannak az őshonos fafajok megóvása (génmanipulált- és ültetvénynövények kizárása), a tarvágás és a káros kémiai anyagok használatának csökkentése.

A tüzelésre szánt faanyag szállítása speciálisan erre a célra kialakított kamionok segítségével történik, ennek lebonyolítása a termelő feladata. Anonim Erőmű maximálisan 100 km távolságból érkező faanyagot vesz át az erőmű kapuján belül. A beszállítás ütemezett, azonos eloszlású az egész évre nézve (ez alól kivétel a karbantartási időszak). Az aprítást – Közép-Európa legnagyobb teljesítményű aprítógépével – az erőmű végzi. Az aprító gépben

12 és 6 cm-nél rövidebb és 2,5 cm-nél kisebb átmérőjű darabokra vágja a fát. Az apríték tárolása a szabadban, mozgatása szállítószalagokkal és munkagépekkel történik. A kazánba kerülő apríték nedvességtartalma maximum 40-45% lehet. Az erőmű, az oxidálódást elkerülendő, a mihamarabbi felhasználásra törekszik. A tárolás alatt az aprítékot át kell mozgatni, nehogy meginduljon a bomlás.

A bioszalma beszerzése a faaprítékhoz hasonlóan kamionokkal, maximum 100 km-ről történik. Az erőmű a bálákat itt is a kapun belül veszi át. A partnerek ebben az esetben szántóföldi termelők. A kazán 70x120x250 cm-es és 90x120x250 cm-es bálák befogadását teszi lehetővé, utóbbi ideálisabb a hatékony működéshez, azonban a gazdálkodói gyakorlatban megszokottabb az előbbi. A tüzelőanyag összetétele: 90%-ban mezőgazdasági melléktermékek (főleg gabonaszalma és kukoricaszár) és 10%-ban energianád. A bálák mozgatásához egy intelligens félautomata anyagmozgató rendszer áll rendelkezésre, ami a tehergépjárművön lévő bálákat egy sorban egyszerre felemeli és közben megméri a tömegüket, nedvességtartalmukat (maximum 25% lehet). Ha a bála megfelelő, a 21 m fesztávolságú daru, a bálákat a kazánhoz vezető anyagmozgató szalagra, vagy az 5500 m²-es fedett tároló csarnokba teszi. A tároló csarnokban lévő bálák éjszaka, hétvégén és szállítási nehézségek esetén kerülnek felhasználásra. A tárolócsarnokban 8 szinten elhelyezett bálák akár három és fél napra biztosítják a tüzelőanyagot. A bioszalma blokk működéséhez évente 240 000 tonna bioszalma szükséges. Anonim Erőmű a bioszalma és a faapríték esetében is közel azonos, fajtól függően 10-14 MJ/kg közötti fűtőértékkel kalkulál.

A szalma és faapríték előnyeit és hátrányait az előbbieken ismertettem. Azt, hogy melyikre érdemes nagyobb hangsúlyt fektetni – beszerzési szempontból – a környezeti adottságok, regionális jellegzetességek határozzák meg.

3.2. Alkalmazott technológia

A termelés az erőműben három műszakban, folyamatosan zajlik. A kazánok évente több mint 8 000 üzemórát működnek, karbantartásukra évente egyszer, nyáron kerül sor. Ilyenkor az erőmű egy hónapig nem üzemel. Ezalatt természetesen a beszállítás és az ezzel kapcsolatos tevékenységek is szünetelnek. Anonim Erőmű évente több, mint 540 GW villamos energiát és 1640 TJ hőenergiát termel. Egy nagyváros (31 000 háztartás és 450 közintézmény) távhő ellátását 100%-ban biztosítja. Az erőmű közvetlenül csatlakozik a

közcélú elosztó hálózatra, megtermelt villamos energiáját szállítás nélkül az országos hálózatra táplálja.

Anonim Erőműben az átalakított, 49,9 MW beépített villamos teljesítményű blokkban, finn buborékoló (stacioner) fluid ágyas technológiájú kazán üzemel. A technológia ismertetése a 2.1.2-es fejezetben megtalálható (a tüztér alján lévő forró, levegővel buborékoltatott homokra érkezik az apríték, aminek égése felfűti a kazándobban lévő vizet). A maximális villamos teljesítmény eléréséhez 185 t/h gőz szükséges.

A bioszalma blokk 135 t/h gőzből állítja elő a 35 MW villamos teljesítményt. A kazán új építésű, dán gyártású, négy huzamú rezgőrostélyos kazán. A folyamat során a bálák szállítószalagra kerülnek, amik a kocsizószalagokra, majd az adagolósorra juttatják a bálákat. Az adagolósorról érkező bálákat a bontócsigák kisebb darabokra vágják és a darabokat egy adagolócsigába juttatják, ami a kazán tüztérébe, a magas frekvencián rezgő rostélyra préseli azokat. Az eléggő bioszalmából felszabaduló hő felforralja a kazánban lévő vizet. A gőzképződés folyamata a kazán tetején lévő kazándobból indul, ahol az előmelegített víz az ejtőcsöveken keresztül a kazán aljában lévő elosztórendszerbe, onnan a kazán falába épített csövekbe kerül, majd a felmelegedett víz újra a kazándobba jut. A körforgás eredményeképpen a víz egy része vízgőzzé válik, ami a kazándobból a túlhevítő rendszerbe (először a második és harmadik, majd az első és második huzalban lévő túlhevítőbe) kerül. A gőz, a kazánból kilépve, 98 bar nyomast és 540 °C-t ér el. A túlhevített gőz a főgőzvezetéken jut a turbinához, amelynek lapáit meghajtva mozgási energiát produkál. A turbina tengelykapcsolóval illeszkedik a generátorhoz, ami a mozgásból villamos energiát fejleszt. A turbinán munkát végző gőz egy hőcserélőbe kerül. A magas hatásfokú, villamos- és hőenergiát előállító berendezés hőteljesítménye meghaladja a 100 MW-ot. A hőcserélőben kondenzált gőz egy vezetéken visszajut a táptartájba, majd a kazánhoz, ahol újrakezdődik a folyamat. A keletkező salakanyag (rostélyhamu) magas kálium- és foszfortartalma miatt jó talajjavító szerként felhasználható, értékesíthető.

A károsanyagok megszürése több fázisban történik. Első lépésben a tüztérbe ammónia vizes oldatát fecskendezik, ami csökkenti az égés során keletkező nitrogén-oxidot (SNCR rendszer). A túlhevítőket követően a füstgázhoz meszet adagolnak, ami a keletkező klórtartalmat minimalizálja. A füstgáz végül egy zsákos porszűrőn halad keresztül, ami a szilárd port szűri ki, így javítva az emisszió porkoncentrációját.

A faapríték és a bioszalma tüzelési teljesítményére vonatkozó összehasonlítás alapja az egységnyi gőzből előállítható villamosenergia. (12. táblázat)

Az adatok alapján látható, hogy a villamosenergia termeléshez szükséges gőzigénye a faaprítéknak majdnem 4%-al kevesebb a szalmaénál.

12. táblázat: Az egységni gőzből előállítható villamosenergia

Forrás: Saját készítés

	Apríték	Szalma
Maximális villamos teljesítmény (MW)	49,9	35
Szükséges gőz (t/h)	185	135
1 MW gőzigénye (t/h)	3,70741483	3,857142857

A kisebb gőzigénye, homogénabb jellege, nagyobb nedvességtartalom mellett elérhető, közel azonos fűtőértéke miatt műszaki szempontból az apríték jobb tüzelőanyagnak tekinthető, mint a szalma.

3.3. Anoním Erőmű gazdálkodása

Anonim Erőmű cégcsoport munkavállalóinak létszáma megközelíti a 300 főt. A csoportban négy külön társaság foglalkozik az erőmű egyik és másik blokkjának üzemeltetésével, a beszerzéssel, raktározással, salakanyag értékesítéssel és karbantartással. A két blokk üzemeltetésével kapcsolatos vezetői tevékenységet azonos menedzsment látja el. A cégcsoport többségi tulajdonosa egy tüzeléstechnikai berendezések üzemeltetésével foglalkozó, külföldi tulajdonú nagyvállalat.

Anonim Erőmű bevételei között nem veszem figyelembe az emissziós kvótákat és salakanyag értékesítését. Árbevételét kizárólag a villamos- és hőenergia értékesítése alapján határozom meg. Számításaim célja a faapríték és szalma összehasonlítása, így a villamosenergia átvételi áránál 16 Ft/kWh-ás átlagárral, a hőenergia esetében 2 Ft/MJ átlagárral számoltam, néhol kerekítettem. A következő táblázatokban levezetem az erőmű villamos energiából és hőenergiából származó éves bevételeit, majd a faapríték és bioszalma beszerzésre fordítandó összegeket. A faapríték esetében 10 000 Ft-os tonnánkénti átlagárral, a szalmában pedig 5 000 Ft-os tonnánkénti átlagárral számolok. Végül pedig meghatározom a faapríték és szalma egységéből (tonna) származó bevételt. (13.táblázat, 14. táblázat, 15. táblázat)

Ebben a fejezetben piaci átlagárakkal kalkulálok, mert az árak és számadatok üzleti titoknak minősülnek.

13. táblázat: Villamosenergia bevételek*Forrás: Saját készítés*

Apríték	Villamosenergia	Szalma	Villamosenergia
Éves teljesítmény (GWh)	285,6	Éves teljesítmény (GWh)	222,6
Éves üzemidő (h)	8 000	Éves üzemidő (h)	8 000
Átvételi ár (Ft/kWh)	16	Átvételi ár (Ft/kWh)	16
Éves nettó bevétel	4 569 600 000	Éves nettó bevétel	3 561 600 000

14. táblázat: Hőenergia bevételek*Forrás: Saját készítés*

Apríték	Hőenergia	Szalma	Hőenergia
Éves teljesítmény (TJ)	867	Éves teljesítmény (TJ)	676
Éves üzemidő (h)	időjárás függő	Éves üzemidő (h)	időjárás függő
Átvételi ár (Ft/MJ)	2	Átvételi ár (Ft/MJ)	2
Éves nettó bevétel	1 734 000 000	Éves nettó bevétel	1 352 000 000

15. táblázat: Éves tüzelőanyag kiadások*Forrás: Saját készítés*

	Éves tüzelőanyag igény (tonna)	Átvételi ár (Ft)	Nettó éves kiadás (Ft)
Apríték	425 000	10 000	4 250 000 000
Szalma	240 000	5 000	1 200 000 000

16. táblázat: Egy tonna tüzelőanyagra jutó nettó nyereség*Forrás: Saját készítés*

	Adózás előtti nyereség (Ft)	Egy tonna tüzelőanyagra jutó nyereség (Ft)
Apríték	2 053 600 000	4 832
Szalma	3 713 600 000	15 473

A táblázatok adatai alapján jól látható, hogy az előbbi fejezetekben levezetett drága szállítási költség és a magas műszaki kockázatok ellenére a bioszalma felhasználása – kedvező környezeti körülmények esetén – az adott piaci átlagárak mellett, gazdaságosabban megvalósítható.

A szabadon hozzáférhető adatok alapján az új szalma tüzelésű blokk beruházási költsége megközelítően 24 Mrd Ft volt. A beruházásnak tehát – az eddigi becslések alapján

kiszámítható – belső megtérülése (IRR), 20 éves megtérülési időre, az egyéb költségek figyelembe vétele nélkül: kb: 14%. A beruházást az anyavállalat finanszírozta.

A különböző hozamelvárásokhoz és futamidőkhöz tartozó szükséges éves bevételre és költségekre fordítható többlet a következő táblázatban látható. (17. táblázat)

17. táblázat: A futamidő és hozamelvárás összefüggései

Forrás: Saját készítés

Futamidő (év)	Éves hozamelvárás (%)	Eredményszükséglet (Ft)	Nem bioszalma beszerzési költségekre fordítható összeg (Ft)
10	5%	3 108 109 799	605 490 201
10	10%	3 905 889 477	Veszteséges
10	15%	4 782 049 000	Veszteséges
15	5%	2 312 214 903	1 401 385 097
15	10%	3 155 370 645	558 229 355
15	15%	4 104 409 264	Veszteséges
20	5%	1 925 822 093	1 787 777 907
20	10%	2 819 031 000	894 569 000
20	15%	3 834 275 290	Veszteséges
25	5%	1 702 858 975	2 010 741 025
25	10%	2 644 033 733	1 069 566 267
25	15%	3 712 785 656	814 344

A beruházás, Anoním Erőmű számítása szerint, a környezetterhelés csökkentése mellett, erősen hozzájárul a régió fejlődéséhez. A 24 Mrd Ft-os beruházás nemzetgazdasági szinten indukált többletjövedelme 4,6 Mrd Ft-ra becsülhető, amelyből 1,4 Mrd a régióban jelentkezik. Az ebből származó költségvetési bevétel: nemzetgazdasági szinten 3,8 Mrd Ft, regionális szinten 1,2 Mrd Ft. (18. táblázat, 19. táblázat) A beruházás kivitelezésén 198 munkavállaló, összesen 110 000 munkaórát dolgozott.

Az üzemeltetési időszakban a beszerzésre fordított összeget az eddigi földgázzal szemben a régióban költi el az erőmű. A többlet adó- és járulékkötelezettségek révén a központi költségvetés többletjövedelemhez jut. Anoním Erőmű előzetes számításai alapján a befizetett helyi iparüzési adó meghaladja a 100 millió forintot évente. A város bevételeit ez is módosítja (nincs adat a földgáztüzeléssel történő működés során befizetett iparüzési adó mértékéről, úgyhogy nem meghatározható, hogy milyen irányba és mennyivel).

18. táblázat: A beruházás által indukált többletjövedelmek*Forrás: Anoním Erőmű*

Megnevezés	Összes hazai (millió Ft)	Regionális (millió Ft)
Vállalkozói jövedelem	1540	719
Bérjövedelem	3041	663
Összesen	4581	1382

19. táblázat: A többletjövedelmekből származó költségvetési bevételek*Forrás: Anoním Erőmű*

Megnevezés	Összes hazai (millió Ft)	Regionális (millió Ft)
Társasági adó	276	122
Személyi jövedelemadó	669	146
Általános forgalmi adó	1464	539
Bérjárulékok	1368	298
Helyi iparüzési adó	0	130
Összesen	3777	1235

A beruházás előnyeinek számát növeli továbbá a csökkenő energiafüggőség (erőművi szinten 46 millió m³, az országos földgázalapú villamosenergia-termelés szintjén pedig további 35,5 millió m³ import földgáz megtakarítása). A hazai földgázfelhasználást csaknem 1%-al csökkenti.

A bioszalma tüzelésű blokk megnyitása jól illeszkedik a Megújuló Energia Cselekvési Tervben és a Nemzeti Energiastratégiában megfogalmazott elvekhez.

Anoním Erőmű általános társadalmi megítélése a szénttüzelés miatt az átalakítás előtt nem volt jó. A kazánok átalakításával, azaz az erőmű fenntarthatósága irányába tett erőfeszítésekkel, az elfogadottság javult. Ezt a fejlődést elősegíti az igen aktív kommunikációs tevékenység, a folyamatos gyárlátogatások és vetélkedők szervezése, a jelentős társadalmi felelősségvállalás és a szponzorációs tevékenység. Anoním Erőmű hosszútávú célja az országos ismertség és a megújuló energia szegmensben történő általános elismertség elérése.

Régiófejlesztési és társadalmi szempontból fontos megemlíteni, hogy a tüzelőanyag termelésekor számos fázisban (nyesedék gyűjtése, energetikai célú ültetvények gondozása) igénybe vehetők a szociális munkaprogramok, amik idénymunkát biztosítanak a munkanélküli aktív népességnek, így hozzájárulnak a régió felemelkedéséhez.

3.4. A tevékenységgel járó környezetterhelés

Anoním Erőműben az előbb ismertetett károsanyag szűrő folyamatnak köszönhetően, a főbb környezetterhelő anyagok emissziója folyamatosan a környezetvédelmi hatóság határértékei alatt mozog (az elmúlt években, gyakori ellenőrzés mellett sem volt határérték túlépés). Az erőmű közzéteszi négy általa fontosabbnak tartott anyag aktuális kibocsátási értékét. Ezek átlagos értéke a következő táblázatban látható. (20. táblázat)

20. táblázat: Károsanyagok átlagos kibocsátásai

Forrás: Saját készítés

Károsanyag	Átlagos kibocsátás (mg/Nm³)	Megengedett határérték (mg/Nm³)
CO (szén-monoxid)	130	250
SO ₂ (kén-dioxid)	0	200
NO _x (nitrogén-oxid)	250	300
Porkoncentráció	15	30

Látható, hogy az erőmű nagy biztonsággal képes alacsonyan tartani az égetésből származó károsanyagokat. Ezek az értékek azonban a betakarításból és szállításból származó emissziót figyelmen kívül hagyják.

A betakarítással járó kibocsátás becsléséhez nem áll rendelkezésre elég adat, mert a gyakorlat gazdaságonként változó. A munkagépek azonban itt is jelentősen befolyásolják a folyamat során keletkező teljes kibocsátást. A szállítás során keletkező káros anyagok becslése azonban lehetséges. A modellben a kamionok esetében egységesen 100 kW-os óránkénti teljesítménnyel és a 100 km-es maximum távolság miatt 50 km átlagos távolsággal számoltam (oda-vissza 100 km). Az emissziós értékeket több kamion adatainak átlagából számítom: CO: 1 g/kWh, NO: 3,4 g/kWh, szállópor (PT): 0,02 g/kWh. Az aprítékot szállító kamionok maximális kapacitása 30 tonna, a bálákat szállító pótkocsis kamioné (a térfogati korlátok miatt): 20 tonna. A táblázatban lévő adatok többsége – a kerekített, átlagolt adatok miatt – pontatlan, azonban rámutatnak a szállításból származó károsanyag kibocsátás volumenének jelentőségére. (21. táblázat)

21. táblázat: Szállítási fordulók és kibocsátások*Forrás: Saját készítés*

	Apríték	Bioszalma
Éves tüzelőanyag igény (tonna)	425000	240000
Éves fordulók száma	14 167	12000
Összes megtett távolság (km)	1 416 667	1 200 000
Átlagos menetsebesség (km/h)	80	80
Összes útidő (h)	17 708	15 000
CO kibocsátás (tonna/év)	1 771	1500
NO kibocsátás (tonna/év)	6 021	5100
PT kibocsátás (tonna/év)	35	30
Egységre jutó CO kibocsátás (g)	4 167	6 250
Egységre jutó NO kibocsátás (g)	14 167	21 250
Egységre jutó PT kibocsátás (g)	83	125

Összességében elmondható, hogy a szállításból származó, egységre jutó kibocsátások, a bálák szállításánál jelentkező térfogati korlát miatt, nagyobbak. Anoním Erőmű esetében nem állnak rendelkezésre olyan adatok, amik az apríték és szalma egyéb helyszínen való felhasználása esetére vonatkozóan szolgálnának távolságokkal, vagy kibocsátásokkal. Általánosságban azonban elmondható, hogy a nagy mennyiségű folyamatos beszerzés lehetővé teszi a hatékonyság-maximalizáló beruházásokat (speciális szállítójátművek, maximális kihasználtság) és azok kedvezően befolyásolhatják a szennyező anyagok kibocsátását.

A biomassza, egész folyamatra vonatkozó, szén-dioxid semlegességével szemben komoly érv, hogy a talajművelésből és betakarításból származó kibocsátások mellett a szállításból származó kibocsátások rendkívül magasak. Ráadásul a közúti szállításban nem olyan szigorúak az emissziós szabályok és határértékek, így a forgalmi engedélyek megszerzése után a szállítmányozók nem érdekeltek az emissziós értékek csökkentésében.

A szállításból fakadó kibocsátások mérséklésére egy lehetséges megoldás lehet (különösen a fapríték esetében) a környezeti szempontból előnyösebb, vasúti szállítmányozás támogatása. Ez Anoním Erőmű esetében a régió infrastruktúrájából fakadóan nem lehetséges.

4. Összegzés

A növekvő energiaárak és energiafüggés, a környezetterhelésből fakadó társadalmi károk és a konvergenciaregiók magas munkanélkülisége miatt, a hosszútávú, fenntartható energiastratégiák meghatározásában, a regionálisan megoldható energiatermelési lehetőségek fejlesztését igen fontos területnek tartom.

Dolgozatom első részében bemutattam a faapríték és a szalma hőerőművi felhasználásának fontosabb területeit, kérdéseit és paramétereit. A technológia fontosabb előnyei: a szén- és földgáztüzeléssel szembeni mérsékelt szennyezőanyag kibocsátás, az import tüzelőanyagok kiváltása a régióban beszerezhető, olcsóbb tüzelőanyagokkal és az egyéb felhasználásra előállított termékek melléktermékeinek hatékony felhasználása. Hátrányai közt bemutattam a környezetterhelési többletkibocsátásokat, a tüzelőanyag szállításával járó költségeket és a technológiából fakadó műszaki kockázatokat.

Az első rész alapján azt a következtetést vonom le, hogy mind az apríték, mind a szalma tüzelés jó kiváltója lehet a szén- és földgáztüzelésű technológiáknak. Megfelelő mennyiségű és minőségű tüzelőanyagot biztosító, közeli társaságok esetén olcsó és jól szabályozható hő- és villamos energiához juthatunk.

A dolgozat második részében egy üzemben lévő erőmű működését vizsgáltam a tüzelőanyag beszerzése, a kazánok műszaki adatai, a gazdaságos működtetés és a környezeti terhelés szempontjából. Bemutattam egy újonnan létesülő blokk beruházását, megtérülését és az ezzel járó társadalmi vonatkozásokat. Az adatok bemutatása során törekedtem rámutatni az apríték és a szalma tüzelés közötti különbségekre.

A második rész tanulsága szerint a bioszalma, olcsóbb beszerezhetősége miatt, kis távolság esetén gazdaságosabban felhasználható. A szalmabálák beszerzési ára, nagy térfogatánál fogva, érzékenyebb a szállítási távolságra, ennek következtében a keletkező, egységre jutó károsanyag kibocsátás is nagyobb. Azt tehát, hogy a faapríték, vagy a szalma tüzelése jár-e kevesebb költséggel, leginkább a beszállítók termelési kapacitása és távolsága, azaz a környezeti adottságok befolyásolják.

5. Ajánlások

Láthattuk, hogy a biomasza erőművi felhasználásának fontosabb szereplői: a tüzelőanyag termelők, az erőműveket üzemeltető társaságok, az állam, illetve a fogyasztók. Dolgozatom utolsó fejezetében néhány javaslatot teszek ezeknek a szereplőknek, amivel elősegíthető a biomasza gazdaságos és fenntartható felhasználása.

A faapríték esetében az erdőgazdálkodásoknak kerülni kell a tarvágásokat, káros vegyszerek használatát. Erőművi felhasználás esetében elsősorban a nyesedékek, gallyak és hibás fák jöhetnek szóba. A mezőgazdasági melléktermékeknél igen fontos a megfelelő szárítás, bálázás. A kazánok hatékonyabb kihasználása érdekében a termelőknek érdemes volna átállni a 90x120x250 cm-es kockabálák készítésére. Mindkét technológia esetében érdemes ügyelni a lehető legkisebb távolságra történő, hatékony szállításra. Érdemes továbbá folyamatos talajtani vizsgálatokkal ellenőrizni, hogy a földbe visszajutó növények kellőképpen pótolják-e a földben lévő tápanyagokat. A fenntarthatóság érdekében a lehető legcsekélyebb mesterséges beavatkozásra kell törekedni.

Az erőműveket üzemeltető társaságoknak egy új erőmű telepítése, vagy egy meglévő átalakítása esetén javasolom a régió adottságainak teljes körű feltérképezését. A termelés fenntartásához elengedhetetlenül szükséges a folyamatos nyersanyag biztosítása, ami gazdaságosan és fenntarthatóan csak közeli, megbízható beszállítókkal lehetséges. A szalma és faapríték közötti választásnak ez az egyik legfőbb szempontja. A beszerzés során érdemes hosszútávú szerződéseket kötni és a termelők fejlődését folyamatosan segíteni. Ezzel a zavartalan inputok mellett a régióban való bizalom is elősegíthető. A társadalmi pozitív megítéléshez kerülni kell az őshonos erdőkből való nagy mennyiségű fa kitermelését. Az erőmű létesítése során igen fontos, hogy a villamosenergiát közvetlenül a hálózatra táplálhassuk, mert szállítása rendkívül költséges. A beruházás tervezésénél törekedni kell a lehető legminimálisabb politikai és egyéb kitérőkre, a becsléseknél pedig érdemes a különböző kedvezmények és működési támogatások (villamosenergia rögzített, kedvezményes áron való átvétele) nélkül is megvizsgálni a modellt. A hőenergia értékesítésénél fontos a kellő méretű piac és elosztó hálózat megléte. A károsanyag kibocsátásoknál – akárcsak Anoním Erőmű esetében – törekedni kell a lehető legkorszerűbb szűrőberendezések használatára.

Az állami szabályozás során fontosnak tartom a megfelelő beruházási- és működési támogatásokat. Mind a tüzelőanyagok termelőit, mind az erőműveket érdekelté kell tenni a lehető legkörnyezet-hatékonyabb működésben. Ehhez először érdemes lenne pontosan

modellezni a biomasza virtuális energiafelhasználását majd a támogatásokat eszerint meghatározni. Anoním Erőmű esetében látható, hogy némelyik környezetszennyező anyag esetében a kibocsátás, a jelenlegi szabályozás szerinti határérték felén tartható. Ebből arra következtetnek, hogy a határértékek nem ösztönzik az erőműveket a legkorszerűbb technológiák alkalmazására. A határértékek fokozatos csökkentése mellett fontos a technológiai fejlesztése támogatása, amivel lehetővé válik a nagyobb kibocsátással működő erőművek alkalmazkodása is.

A végső fogyasztóknak elsősorban a felelősségteljes felhasználást javaslom. Az elmúlt évek tendenciái, mozgalmi és a felnövekvő generációk életfelfogása alapján kétségtelenül fejlődés figyelhető meg a környezettudatosságban, de van még hova fejlődünk. A megújuló energiaforrások lehetővé teszik, hogy az egyre növekvő energiaigények mérsékeltebb károsanyag kibocsátással kielégíthetőek legyenek, rengeteg energiát fektetünk ezen erőforrások versenyképes használatának fejlesztésébe, azonban a legfontosabb és leghatékonyabb előrelépést az jelentené, ha a fogyasztók megértenék, *hogy az energiafelhasználás csökkentésének nincs alternatívája!* (Gyulai, 2006, 68. o.)

6. Irodalomjegyzék

- Dr. Boros Tiborné (1994): *A biomassza energetikai hasznosításának környezeti, gazdasági, ill. agrárpiaci szempontjai*
- Dr. Fogarassy Csaba (2009): *Az emisszió-kereskedelem hatása a biomassza alapú alternative energetikai projektet finanszírozására*
- Dr. Gyulai Iván (2006): *A biomassza-dilemma*
- Dr. Onodi Attila (1992): *Alternatív tüzelőanyagok környezetvédelmi és gazdasági előnyei – fa, biomassza*
- Dr. Stróbl Alajos (2000): *A biomassza erőművi és fűtőművi hasznosításának gazdaságossága a fejlett országokban*
- Fucskó József, Kelemen Ágnes, Bela Györgyi, Kis András (2003): *A forgalmazható zöld bizonyítvány és alternatívái*
- <http://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/stattukor/energiaarak0409.pdf>
- http://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_ui012b.html
- <http://www.mekh.hu/fenntarthato-fejlodes-2/megujulo-energiak/606-tajekoztato-a-kotelezo-atveteli-arak-valtozasarol.html>
- Nemzeti Fejlesztési Minisztérium (2010): *Magyarország Megújuló Energia Hasznosítási Cselekvési Terve*
- Regionális Energiagazdasági Kutatóközpont (2010): *A kapcsolt hő- és villamosenergia-termelés versenyképessége és szabályozási kérdései Magyarországon*