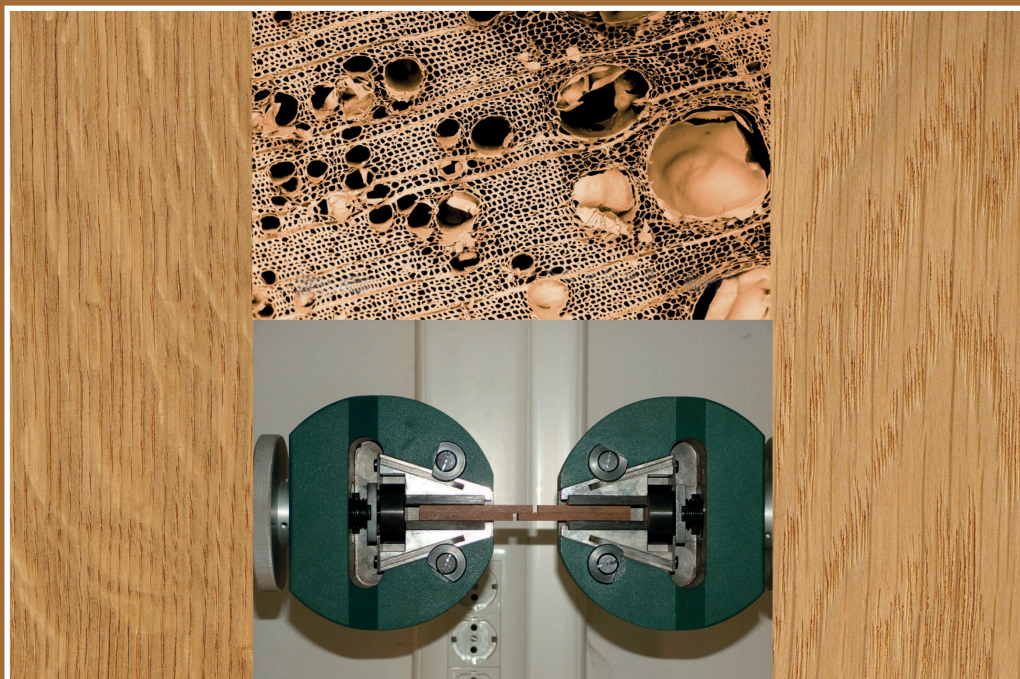


A faanyagtudományok története Magyarországon



Az MTA Erdészeti Tudományos Bizottságának
tanulmánykötete III.



2024

Az MTA Erdészeti Tudományos Bizottságának
tanulmánykötete III.

**A faanyagtudományok története
Magyarországon**

Az MTA Erdészeti Tudományos Bizottságának
tanulmánykötete III.

A faanyagtudományok története Magyarországon

Szerkesztette:

NÉMETH RÓBERT



SOPRONI EGYETEM KIADÓ
Sopron, 2024

A kiadvány a Magyar Tudományos Akadémia Agrártudományok Osztálya Erdészeti Tudományos Bizottságának kezdeményezésére és irányításával valósult meg.



Jelen kiadvány a Soproni Egyetem Faipari Mérnöki és Kreatívipari Kara anyagi támogatásával jött létre.

Az egyes fejezeteket lektorálta:
Németh Róbert

Kiadó:
Soproni Egyetem Kiadó

Felelős kiadó:
Prof. Dr. Fábián Attila, a Soproni Egyetem rektora



Creative Commons license: CC BY-NC-SA 4.0 DEED



Nevezd meg! - Ne add el! - Így add tovább! 4.0 Nemzetközi
Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International

Borítókép:
Báder Mátyás, Bak Miklós, Németh Róbert

ISBN 978-963-334-512-2 (nyomtatott)
ISBN 978-963-334-513-9 (pdf)
DOI szám: <https://doi.org/10.35511/978-963-334-513-9>

Nyomdai kivitelezés:



INFORM
Kiadó & Nyomda
1149 Budapest, Angol u. 34.
www.informstudio.hu

Budapest, 2024/10

TARTALOM

| | |
|--|-----|
| <i>Beköszöntő</i> | 6 |
| <i>Előszó</i> | 7 |
| Faanatómia | 8 |
| Faanyagvizsgálatok | 17 |
| Roncsolásmentes faanyagvizsgálatok | 29 |
| Faanyagok szárítása és modifikálása | 39 |
| Faalapú kompozitok | 54 |
| A faanyag színe és színváltozásai | 79 |
| A fa mechanikai megmunkálása | 90 |
| A fa, mint építőanyag | 132 |
| Faanyag ökomérlege | 151 |
| Faenergetika | 157 |
| Faanyagok ragasztása és felületkezelése | 168 |
| Fejezetek a fakémia magyarországi történetéből | 202 |
| Faanyagvédelem | 233 |
| <i>A kötet szerzői</i> | 251 |

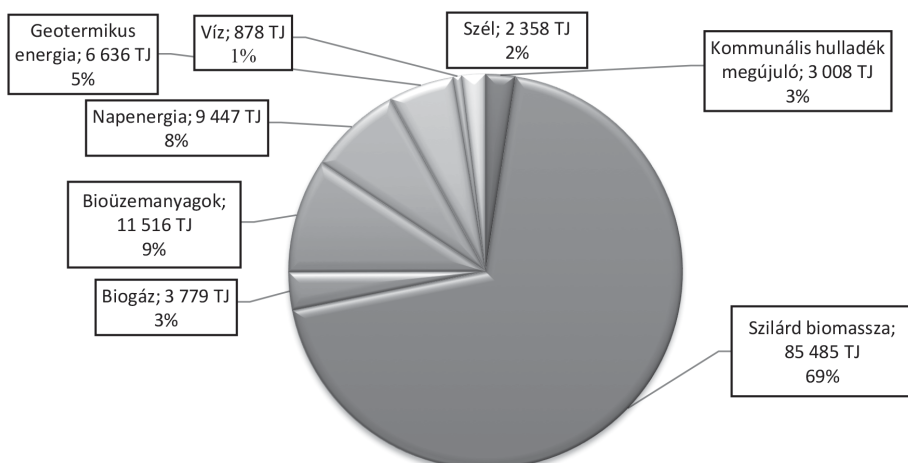
FAENERGETIKA

Németh Gábor és Kocsis Zoltán

A faenergetika, a megújuló energetika alapja az elmúlt években

A faalapú energiaforrások a magyar „energiamixen”, és azon belül is „megújulós mixen” belül kiemelkedő szerepet töltek be az elmúlt évtizedben. Számos formában, módon és különösképpen különböző hatásfokkal használták és használják fel jelenleg is villamos energia és hő előállítása céljából.

Korábban az Európai Parlament és az Európai Tanács RED-irányelve Magyarország számára 2020-ra – jogilag kötelező módon – minimum 13 százalékban határozta meg a megújuló energiaforrásból előállított energia bruttó végső energiafogyasztásban képviselt részarányát. Magyarország Megújuló Energia Hasznosítási Cselekvési Tervében (NCST) ezzel szemben a magasabb, 14,65% elérését tűzte ki célul 2020-ra, mely elérése kapcsán határon mozogtunk. Megújuló energiaforrások felhasználásának részaránya a bruttó végső energia fogyasztáson belül 2013-ban már elérte 16,2%, míg 2019-ben már csak 12,6% volt. (MEKH 2020) A 2013-as adatokat kissé beárnyékolja, hogy mindezt úgy értük el, hogy legnagyobb részben villamos energiát állítottak elő fa felhasználásával – helytelenül csak „biomassza erőműként” és nem „dendromassza erőműként” (azaz fás szárú biomasszát felhasználó erőműként) emlegetve –, köztudottan alacsony hatásfokkal (~30–35%), korlátozott kogenerációval.

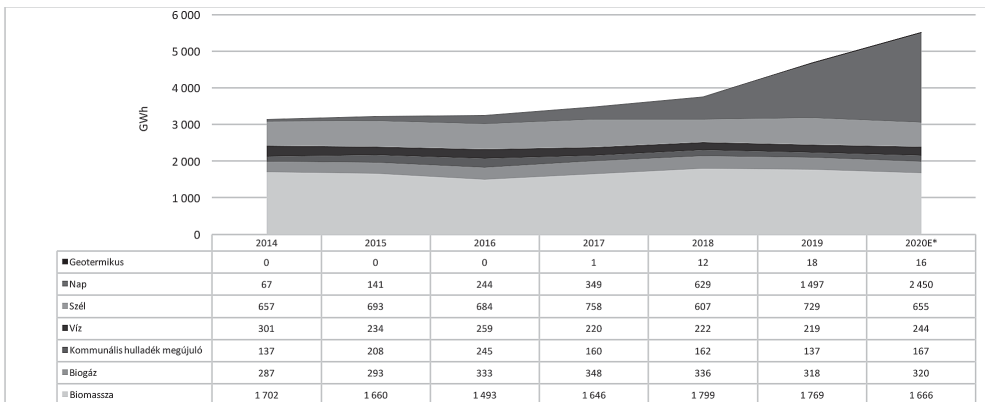


Megújuló energiaforrások primer energia felhasználása 2020-ban (A Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal (MEKH). Különböző energiatermékek és a primer energiámérleg ellátási adataira vonatkozó előzetes éves adattáblákban publikáltak alapján.)

Az új, 2030-ra tervezett 32%-os cél ((EU) 2018/2001 irányelv) további feladatokat sürget a politikai döntéshozóknak és a kutatásokban résztvevőknek egyaránt.

A jelenlegi adatok alapján – a megújuló energiaforrások felhasználásán belül, mely ~123 PJ – hozzávetőleg 69% a biomassza részarány, melynek legnagyobb részét a dendromassza alapú anyagok teszik ki, hiszen jelenleg az erőművi rendszereink is elsősorban a fászáru alapanyagokra alapozva működnek.

A következő diagram a megújuló energiaforrások villamos energiatermelési szerkezetét mutatja be, és itt is látható a biomassza dominanciája. Igaz – az utóbbi években a támogatásoknak megfelelően –, a napelemes rendszerek termelési értéke megelőzte a biomasszát.



*Bruttó villamosenergia termelés megújuló energiaforrásokból 2014–2020
(Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal (MEKH) adatai alapján.
Különböző energiatermékek és a primer energiamérleg ellátási adataira vonatkozó előzetes éves
adattáblákban publikáltak alapján. Összehasonlítási adat: 2020-ban a bruttó villamosenergia-
termelés mennyisége 34 924 GWh volt.)*

Meg kell jegyezni, hogy a Magyarországon rendelkezésre álló – nem csupán energetikai célú – teljes biomassza-készletet mintegy 350–360 millió tonnára teszik, melynek közel harmada folyamatosan, évente újratermelődik (Czupy 2013). A kérdés az, hogy ebből mennyi az úgynevezett fenntartható módon energetikai célokra kitermelhető mennyiség. A hivatalos statisztikák alapján tűzifa alapú fakitermelés az elmúlt 10 évben 3–4 millió nettó m³/év körül mozgott.

CO2 semlegesség kérdése a faalapú (biomassza) alapú tüzelőanyagok esetében

Sokszor találkozhatunk azzal a gondolattal, hogy a fa energetikai előkészítése és felhasználása során felszabaduló CO₂ plusz terhelést nem ró a környezetre – különösen igaz

ez a fosszilis energiahordozókkal történő összehasonlítás esetén –, hiszen a fa hőhasznosítása (közvetlen tüzelés, elgázosítás) „CO₂ semlegesnek” mondható. Az Európai Bizottság 601/2012/EU rendelete alapján is a „biomassza kibocsátási tényezője” nulla (amennyiben tartamos erdőgazdálkodásra létrehozott tanúsítási rendszereket alkalmazó erdőkből származó faanyag felhasználásáról van szó). Az üzemeltető adott esetben számításon alapuló nyomkövetési módszerek használatával külön határozza meg a biomasszából származó CO₂-t, és levonja azt a CO₂ összes mért kibocsátásából. A fatüzelés során tehát célszerűbb a nettó CO₂ kibocsátás vizsgálata, mely abban különbözik a hagyományos CO₂ kibocsátás értékétől, hogy a fotoszintézis során felvett CO₂ érték levonásra kerül a teljes – tüzelés és egyéb folyamatok során távozó – kibocsátott szén-dioxid értékéből.

Ez a fajta semlegesség feltételezés még a tudományos berkeket is megosztja. A „semlegesség” mítosza abból az általánosságból indul ki, hogy a fa a növekedése során annyi szén-dioxidot használ fel, mint amit elégetése során lead. Ez tulajdonképpen csak megközelítőleg reális gondolkodásmód. Az egyszerű tűzifa felhasználás során azt is meg kell vizsgálni, hogy a teljes életciklus alatt a szén-dioxid egyenleg mekkora.

A dendromassza alapú energiahordozók előállítása (vagy épp keletkezése, hisz melléktermékek esetén nem törekszünk annak előállítására, termék előállítása során „mellékesen” keletkezik) esetén is bizonyos mértékű energiefelhasználás történik. Ennek mértéke nyilván attól függ, hogy milyen kitermelési, előkészítési, szállítási folyamatokat kell elvégezni. Ezek alapján azt is látnunk kell, hogy ezen folyamatok CO₂ kibocsátással járnak, így a dendromassza alapú energetikai alapanyagok esetén is csak fenntartásokkal kezelhető a CO₂ semlegességének „mítosza”. Igazabb azon megállapítás, miszerint a fa „közel CO₂ semlegesnek” tekinthető. Annyi biztos állítható, hogy a legtöbb energiahordozóhoz képest jóval környezetkímélőbb módon tudjuk előállítani a faalapú energetikai nyersanyagunkat.

Összességében elmondható, hogy a megújuló energiák – és ezen belül a bio- és a dendromassza – hasznosításával az üvegházhatást okozó gázok kibocsátása csökkenthető. Az üvegházhatást okozó gázok esetén nem csak a CO₂-re kell gondolni, hiszen fontos szerepet játszik emellett például még a metán (CH₄), a nitrogén-oxidok (NO_x), a halogénezett szénhidrogének is. Ez utóbbiak (hidrofluorkarbon – HFC; perfluorkarbon – PFC; klórfluorkarbon – CFC) az üvegházhatású gázoknak egy olyan részét képezik, melyek a természetben nem fordulnak elő. A legnagyobb mennyiségben jelenlévő szén-dioxidhoz viszonyítva koncentrációjuk jóval kisebb, ugyanakkor több ezerszeres, de akár több tízezerszeres üvegházhatást is előidézhetnek.

A fa tüzelésével és a (nettó) CO₂ kérdéskörrel összefüggésben számos külföldi publikáció látott napvilágot, elég eltérő számokkal. Elsősorban a villamos energia termelésre vonatkozóan vannak használható eredmények. Azonban az alap tüzelőberendezések hasonlósága miatt ezen eredmények a hőtermelésre is jól adaptálhatók a megfelelő hatékonyságbéli különbségek átszámításával.

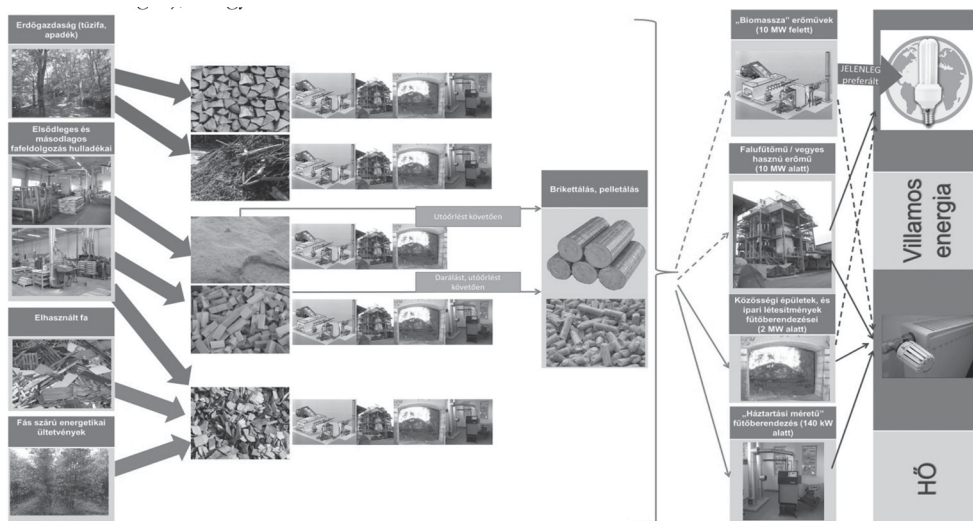
A faalapú energetika alapanyagok EROEI (Energy Returned On Energy Invested) értékének meghatározására irányuló korábbi kutatás (Németh 2014) alapján Magyarországon mintegy 2–4 tCO₂e/TJ nettó kibocsátással számolhatunk (hasított, valamint

erdőről és ültetvényről származó aprított tűzifa esetén). Mivel a saját értékeket az irodalmi értékek is alátámasztják, ezért a saját számításokat és a magyarországi sajátosságokat figyelembe véve a faalapú energetikai alapanyagok kibocsátása esetében $4 \text{ tCO}_2\text{e/TJ}$ értéket célszerű figyelembe venni. Számítások során természetesen fontos figyelembe venni a tüzelőanyag összetételét, illetve azok tüzeléstechnikai paramétereit, melyek együttesen befolyásolják a termelhető energia mennyiségét.

Faenergetika „sokszínűsége” napjainkban

A faalapú energiaforrások egyes típusainak energetikai hasznosítására racionális és kevésbé racionális megoldások is kínálkoznak. Az ésszerű, gazdaságos, de legfőképpen környezetkímélő és fenntartható megoldásokat kell azonban minden esetben preferálni. Annak meghatározása, hogy mely felhasználási irány (pl.: „biomassza erőmű”, falufűtőmű) tekinthető a fenti szempontok alapján preferálandónak, sokszor társadalmi, (fa) ipari és energetikai viták tárgyát is képezi.

A dendromasszából elég változatos méretű és kivitelű berendezésekkel tudunk előállítani hőt (és villamos energiát), ahogy az a mellékelt ábrán is látszik.



Faalapú energiahordozók jellemző, leggyakoribb felhasználási területei, javasolt teljesítménytartományok (saját szerkesztés)

A pellet a jelen és a jövő faalapú energiahordozója

Az utóbbi 10 évben Európa-szerte újabb és újabb pelletgyárak épültek, és a pellet fogyasztás ez idő alatt kb. tízszeresére nőtt az EU-ban. Magyarországon is az elmúlt 10 évben megnövekedett az igény a pellet iránt. A pelletfűtés sajnos hazánkban még nem elterjedt, ezért a működő gyártó üzemek termelésük komoly hányadát (70–80%) egye-

lőre külföldi piacokon értékesítik. Magyarországon jelenleg 1–2 tonna/óra kapacitású pelletüzemek működnek rentábilisan.

A pellet, mint megújuló energiaforrás az eléghető szilárd anyagok egyik „legnemesebb” formája, nem véletlenül hívják úgy a folyamatot, hogy a por-forgács alapanyag energetika nemesítése történik tulajdonképpen. A pelletek kialakítása és mérete kedvező a jó hatásfokkal üzemelő kis és közepes méretű, alapvetően lakossági energiatermelő berendezésekhez. A pellet helyigénye mintegy negyede a jó kitöltési fokkal rendelkező aprítéknak. Adott térben így a szilárd tüzelőanyagból a legtöbb energiát tudjuk tárolni. A szállítás, feltöltés, adagolás igen kényelmesen megoldható. Kényelmi szempontból a pellettüzeléses rendszerek alig térnek el a korszerű gázüzemű rendszerektől. A pelletkazan technológiai szempontból versenyképes alternatívája a gázkazánoknak, mivel azokkal megegyező automatizáltságuk megoldott, így az úgynevezett komfortfokozata is hasonló. További előnye, hogy a pellet tárolása kevesebb biztonsági előkészületet igényel, kisebb kockázatokkal jár, mint a földgáz ez pedig egy családi ház esetében szintén komoly érv lehet a pellettüzelés mellett. A keletkező hamu mennyisége, ha megfelelő minőségű, kérget nem tartalmazó fapelletet használunk, akkor nem haladja meg a 2%-ot (m%), így a hamu ürítése sem túl problémás, nem csökkenti számottevően a komfortélményt. A mostani modern pelletkazánok 90–95% körüli hatásfokkal dolgoznak. A kis és közepes energiaigényt színvonalasan ellátó rendszerek sorában a pellettüzelés versenyképes tüzelőanyag a pellet viszonylag magas ára ellenére és nagymértékben hozzájárul a biomassza, a melléktermékek, hulladékok hasznosításához, a környezetre káros CO₂ kibocsátás csökkentéséhez.

Hazánkban a pelletgyártás leggyakoribb alapanyagának a faalapú por-forgácsok tekinthetők. A pelletálás átlagos villamos energiaszükséglete kutatásaink alapján (Németh et al 2012) 100–250 kWh/tonna (360–900 MJ/tonna). Szárítás esetén ez természetesen kiegészül a szárítási hő előállításához szükséges energiával. Abban az esetben, ha például 30–35%-os nedvességtartalmú alapanyagot kell leszáritani 10–13%-ra, akkor ehhez 250–300 kWh/tonna (900–1080 MJ/tonna) hőmennyiség szükséges, melyet például földgáz vagy saját apríték felhasználással állíthatunk elő. Ha az alapanyag nedvességtartalma 50% körül van, akkor ehhez mintegy 600–660 kWh/tonna villamos energiafelhasználás társul (2160–2380 MJ/tonna). Fontos, hogy a pelletálásra kerülő frakciók nedvességtartalma optimálisan 10–13% körül legyen (Kocsis & Csanády 2014).

Számos kérdés vetődik fel tehát azzal kapcsolatban, hogy pelletek esetén milyen energiaráfordítással állítjuk elő az energiatermelő egységek számára befogadható formában az alapanyagot. A fás szárú energetikai alapanyagok esetén az ún. EROEI-szám általában 3–45 között mozog. Ez azonban nagymértékben függ attól, hogy az energiamérlegek készítésénél mit veszünk figyelembe. Egy energiaültetvény esetén a kezdeti termőföld megmunkálásától a kazánhoz történő beszállításig viszonylag egyszerűen fel lehet ezt térképezni (Vágvolgyi et al 2012), egy erdő esetén a több tízéves vágásforduló alatt az ilyesfajta nyomon követés már nehezebb, sokkal pontatlanabb eredményt hoz. Pelletek esetében az EROEI-érték 8–25 közé tehető attól függően, hogy alkalmazni kell-e szárítást vagy sem, és hogy milyen alapanyagunk és technológiánk van. Ez az érték megint

viszonylagos, hiszen nem számoltunk ebben az esetben azzal, hogy a pellet alapanyagul szolgáló por-forgácsot „elő is kell állítani”. Mivel ez a faipari megmunkálások mellékterméke, ezért a forgácsolás során bevitt energiát az előállított faipari termékhez rendelhetjük. Ha a keletkező melléktermék arányában a rá eső energiafelhasználást is figyelembe vesszük, akkor ez a szám máris 4–6 EROEI-értékre esik vissza. Ha az erdészeti telepítést, gondozást és kitermelést is hozzávennénk, természetesen ez a szám tovább romlana. (Németh et al 2013).

Összeségében elmondható, hogy a pelletpiac tekintetében a legerősebb mozgatórugó a gazdaságosság és a pellet környezetbarát volta. A legnagyobb hátráltató az ellátás biztonságának kérdése, az elosztóhálózat hiánya, továbbá a nagy beruházási költség. Fel kell ismerni azonban, hogy a pellet egy olyan kompromisszumot jelent a jelenlegi és a jövőbeni energia piacon, amely köztes megoldásként ötvözi a gáz kényelmét a természetes megújulással és ezáltal környezetbarát módon, gazdaságosan gondoskodik az emberiség jövőjéről.

Brikett vagy pellet gyártás?

Érdekes kérdéseket vet fel a gyakorlatban az, hogy egy adott – elsősorban faipari – vállalat brikettáljon vagy pelletáljon. A döntés egy soktényezős folyamat eredménye. A gazdasági és önköltségszámításoknál számos befolyásoló tényezőt kell alapul venni, mint pl. a tervezett termelési kapacitás, az alapanyag ára, a logisztikai költségek, a gyártás során felmerülő költségek, az állami támogatások mértéke, a termék földgázhoz viszonyított versenyképes eladási ára, ill. egyéb állandó és változó költségek. A nagyobb termelési kapacitás alacsonyabb önköltségi szintet eredményez. Általánosságban elmondható, hogy ha saját célra szeretnénk nemesített fűtőanyagot előállítani, akkor a brikettálás a javasolt a kisebb fajlagos energiaigénye miatt. Ha pedig piaci oldalról vizsgáljuk a kérdést, akkor mindenképpen pelletáljunk a magasabb komfort fokozata és a felvevőpiaci igények miatt.

Néhány döntést elősegítő tény:

- A brikettgyártás fajlagos energiafelhasználása (szárítás nélkül 50–100 kWh/t) azonos gyártási kapacitás mellett közel a fele a pelletgyártásénak (szárítás nélkül 100–250 kWh/t), így olcsóbban állíthatunk elő egységnyi készterméket.
- Az üzemeltetési és beruházási költségek alacsonyabbak brikettálás esetén, ha megfelelő rendszert választunk a rendelkezésre álló alapanyaghoz.
- Brikett esetében kissé nagyobb nedvességtartalom ($u=15-20\%$) és nagyobb frakcióméret (2–6 mm) is megfelelő, így akár az utánaprítás is elkerülhető.
- Brikett a hagyományos „hasábfás” tüzelőberendezésben is felhasználható, ellentétben a különleges égőfejet igénylő pellettüzeléssel.

Decentralizált erőművi rendszer a faenergetika jövője?

Köztudott, hogy sokféle típusú és méretű dendromassza alapon működő hőtermelő egység működött és működik jelenleg is szerte a világban. Általános jellemzőjük, hogy a tüzelés során különböző környezeti hatások forrásainak kell ezeket tekinteni. Legjel-

lemzőbb környezetszennyező közegnek – számos egyéb mellett (pl: zaj, hamu, alapanyag beszállításból adódó környezeti terhelés, stb.) – a füstgázt tekintjük. A Soproni egyetemen évtizedek óta történnek kutatások a faalapú tüzelés jelentősége és környezeti hatásai kapcsán.

A jó hatásfokú és reálisan működő erőművi rendszerekkel összefüggő különböző scenáriók a decentralizált faalapú energiatermelés kialakítását tekintik megoldásnak annak kapcsán, hogy nagyobb hatásfokú legyen a jelenlegi faalapú energiaelőállítás. Ugyanakkor azt is tudni kell, hogy jelenleg Magyarországon egyes becslések alapján közel 700 ezer háztartás (Szilágyi 2014) alkalmas arra, hogy részben vagy teljes egészében fatüzelésből állítsa elő azt a hőt, amire szüksége van. Sokáig nem volt arra irányuló összehasonlító kutatás, hogy decentralizált erőműveknek és a lakossági tüzeléseknek milyen környezeti hatásai vannak. A jelenlegi centralizált és decentralizált erőművek esetében a kötelező jellegű mérések, vizsgálatok miatt alapadatok rendelkezésre állnak – elsősorban a füstgázra vonatkozóan –, ugyanakkor ez a kisteljesítményű háztartási rendszerekre már nem igaz. A magyar jogi szabályozásban a kisteljesítményű (140 kW_{th} alatti) berendezések esetén nem kell mérni az elsődleges környezeti terhelést okozó tényezőt, a füstgázt. Az ilyen kisteljesítményű berendezések esetében a füstgáz bemérése jó esetben is csak az adott kazántípus forgalomba hozatala előtti minősítési, osztályozási eljárás során egyszer történik meg.

Jelenleg is folyamatban lévő vizsgálataink arra irányulnak, hogy a dendromassza alapú energiatermelés miként hat a környezetünkre, és milyen összefüggések vannak az energetikai célokra előállított alapanyagok és az emissziók között a kisteljesítményű kazánok esetében. A kutatás első lépéseként a különböző fafajtából készült pelletek tulajdonságai, a tüzeléstechnikai paraméterek, valamint a környezeti terhelések közötti összefüggések kerültek meghatározásra, míg második lépésben egy általános pellet tüzelésű kazán segítségével elvégzett tüzeléstechnikai vizsgálatok kerültek előtérbe különös tekintettel a tüzelés során keletkező károsanyag-kibocsátás és a pellet tulajdonságainak összefüggéseire. A kutatás mérési eredményei alátámasztották azon korábbi feltevéseket, hogy az alapanyag nagyon nagy mértékben befolyásolja a tüzeléstechnikai paramétereket (pl: levegőszükséglet, kialakuló tűztéri hőmérséklet) és a károsanyag kibocsátást. Ez általánosságban mindenféle dendromassza alapú kazánra igaz (Németh 2014).

A további vizsgálatok során összehasonlításokat lehet majd végezni, arra vonatkozóan, hogy egy kazán esetében a különböző fafajból készült pelletek tüzelésekor van-e valamilyen változás a károsanyag kibocsátásban. Az eddig egy kazánon végzett vizsgálattal maximum az adott tüzelőberendezést lehet „minősíteni”, messzemenő következtetéseket nem szabad egyenlőre levonni. Nagyon fontos, hogy a nagyobb hőtermelő rendszerekkel összehasonlítsuk a kisebb teljesítményű háztartási berendezéseket (természetesen fajlagos értékeket figyelembe véve), hiszen egy adott méretű kazán, energiatermelési megoldás környezeti hatásait sokkal szemléletesebben lehet ily módon elemezni. Kiemelt célunk tehát, hogy lehetőséget találjunk a többféle pellet paraméter vizsgálatára is hiszen az alapanyagok részletesebb megismerésével pontosabb összefüggéseket kapunk a károsanyag kibocsátás és az alapanyag jellemzői között. Kimondottan fontosnak tartjuk a hamutar-

talom és a hamuolvadáspont, valamint a károsanyag kibocsátás közötti összefüggések feltérképezését.

Falufűtőmű, vagy egyéni lakóház fűtés

Sokszor felmerül szakemberek részéről is, hogy vajon a környezetszennyezés oldaláról melyik a jobb megoldás. Ha például 500 családi ház saját maga oldja meg tűzifával a saját fűtését, vagy egy a – lakóházaktól kb. 0,5–1 km-re teleptett – erőmű segítségével távfűtés formájában teszik mindezt. A teljesség igénye nélkül egy – részben saját méréseken alapuló – gyors előzetes elemzést elvégezve az alábbiakra jutottunk.

Egy 1100 lakás ellátását végző (ezzel mérettel 500 közepesen szigetelt családi ház hő szükséglete is fedezhető) távhő szolgáltatót alapul véve a 3 MW névleges hőteljesítményű hőtermelő egységhez az alábbi emissziós értékeket tartoznak.

3 MW-os általános dendromassza alapú fűtőmű emissziós értékei

| Szennyező anyag | Mért érték [mg/Nm ³] | Számított emisszió [kg/h] | Egy házra vonatkozó emisszió [kg/h] |
|-----------------|----------------------------------|---------------------------|-------------------------------------|
| Szén-dioxid | 13% | 1505 | 3,01 |
| Szén-monoxid | 240 | 1,4 | 0,0028 |
| Nitrogén-oxidok | 290 | 1,7 | 0,0034 |
| Kén-dioxid | 6 | 0,035 | 0,00007 |
| Szerves anyag | 4 | 0,028 | 0,000056 |
| Szilárd anyag | 13 | 0,073 | 0,000146 |

33 MW-os általános dendromassza alapú fűtőmű, és egy háztartási méretű kazán éves emissziós értékei

| Szennyező anyag | Egy házra a vonatkozó éves emisszió távhő esetén (üzemidő: 4320 óra, nyári melegvíz ellátással együtt) [kg] | Saját mérések alapján megadott emisszió egy családi ház méretű kazán esetén (üzemidő 2160 óra, nyári melegvíz ellátás nélkül) [kg] |
|-----------------|--|---|
| Szén-dioxid | 13003 | 40716 |
| Szén-monoxid | 12,096 | 12,312 |
| Nitrogén-oxidok | 14,688 | 47,088 |
| Kén-dioxid | 0,302 | 1,123 (maximális érték, alsó mérési határ figyelembevételével) |
| Szerves anyag | 0,242 | n.a. |
| Szilárd anyag | 0,631 | 14,040 |

3 MW-os általános dendromassa alapú fűtőmű, valamint egy -háztartási méretű kazán, és egy, az általunk vizsgált teljesítményű tüzelőberendezéshez hasonló, de régebbi, elavultabb berendezések irodalmi emissziója (Sjjak Van Loo, Jaap Koppenjan 2013)

| Szennyező anyag | Egy házra a vonatkozó átlagos emisszió távhő esetén (előző táblázat adatai) [kg/h] | Saját mérések alapján megadott emisszió egy családi házat ellátó automatikus adagolású, korszerű vezérléssel ellátott pelletkazán esetén [kg/h] | Irodalmi értékek egy családi ház méretű nem automatikus 80'-90'-es évekbeli kazán emissziójára* [kg/h] |
|---|--|---|--|
| Szén-dioxid | 3,01 | 18,85 | n.a. |
| Szén-monoxid | 0,0028 | 0,0057 | 0,09–0,45 |
| Nitrogén-oxidok | 0,0034 | 0,0218 | 0,018–0,027 |
| Kén-dioxid | 0,00007 | 0,00052 (maximális érték, alsó mérési határ figyelembevételével) | n.a. (Kezeletlen fa tüze-lése esetén az irodalmak nem mindig veszik figyelembe) |
| Szerves anyag | 0,00006 | n.a. | 0,009–0,054 |
| Szilárd anyag | 0,00015 | 0,0065 | 0,009–0,045 |
| Érdekességként a légszennyező tényező értéke, mely egy fontos mérőszáma a tüzeléstechnikai paramétereknek | -1,7 | -1,6 | 2-4(!) |

Alapból egy modern, kis károsanyag kibocsátású háztartási méretű rendszer került bemutatásra, ugyanakkor jelenleg Magyarországon nem ez a helyzet áll fenn. Sok kevésbé korszerű, több tíz éves, szabályozatlan dendromassa alapon működő kazán van üzemben még ma is, melyek az általunk mért károsanyag kibocsátási értékek több tízszeresét is elő tudják állítani. Ezért is szerepel összehasonlításként.

Az is tény, hogy amíg a táblázatban lévő távhő estén télen 5–6 hónapnyi – nyilván folyamatosan nem csúcsterhelésű folyamatos üzembről – közel állandó és jól kontrollálható emisszióról – beszélünk, addig az „otthoni” kazánok esetén ez már korántsem mondható el. Ennek oka, hogy egy nap akár többször is indítják, leállítják a kazánokat (pláne régebbi rendszereknél, ahol a puffer tartálynak nyoma sem látható) ami elég ingadozó, rossz emissziós értékeket eredményez összességében. Háztartási kazánokra is igaz, hogy a legrosszabb emissziós értékeket a felfűtés és lehűlés során mérhetjük, hiszen ilyenkor nem beszélhetünk „tökéletes égésről”.

Ezen egyszerű összehasonlító vizsgálat alapján is egyértelmű, hogy jellemzően melyik a környezetkímélőbb megoldás. Esetleges kétségek esetén fontos még végiggondolni, hogy vajon melyik otthoni tüzelőberendezés esetén van szilárd anyag leválasztó a kazán

után, illetve azt, hogy miért tapasztaljuk egyre nagyobb mértékben falusias környezetben is, hogy problémát jelent a megnövekedett szállópor, mely a légúti betegségek melegegágya? Ez utóbbi persze nem csak a fatüzelés hibája, hiszen a szénttüzelés és az közúti közlekedés is domináns forrása a szállóporoknak.

Természetesen nem az otthoni dendromassza tüzelés környezetromboló hatását kell itt kiemelni, hiszen a fosszilis energia-előállításához képest még mindig környezetkímélőnek tekinthető, hanem azt, hogy ha van jobb, környezetkímélőbb megoldás is a korábban „berögzült” megoldásokhoz képest, akkor azokat merjük alkalmazni. És ilyen lenne a dendromassza alapú decentralizált energiatermelés! Azt is meg kell jegyezni, hogy egy ilyen decentralizált rendszer kialakításával – amennyiben olyan környezetbe szolgáltatjuk a hőt, ahol korábban faalapon egyedileg végezték a tüzelést – nem termelünk ki több fát, hiszen mindkét változatnál közel azonos mennyiségű energiaforrásra van szükség (jelenlegi általánosan használt energiatermelő rendszerek és a hő továbbításának hatásfokát is figyelembe véve).

Természetesen a komplex környezeti hatások elemzése annál sokrétűbbek, minthogy egy ilyen rövid fejezetben ezt ki lehetne fejteni, nem beszélve a beruházásokból és az üzemeltetésből fakadó környezeti terhelésekről (pl.: tüzelőanyag beszállításából fakadó környezeti terhelés).

Racionális faenergetikai rendszerek a jövőben

Az erdőkből kitermelt tűzifa felhasználás csökkentésének, és ezzel egyidőben a megújuló részarányának növelésének egyik módját lehetne az ültetvényes fás és lágyszárú növények megújuló energia-mixbe történő integrálása.

A fentiek alapján szükséges lenne megvizsgálni az ültetvényes fás szárú növények energetikai alaptulajdonságait és tüzeléstechnikai jellemzőit, valamint fontos lenne a decentralizált – távhő jellegű, pl. falufűtőműves – erőművek racionális modelljeinek meghatározása különös tekintettel a környezeti hatásokra. Ezek segítségével innovatív decentralizált energiatermelési modellek készítésére nyílna lehetőség.

Fontos kiemelni a lakosság és persze a faipar szerepét is a tudatos, racionális és környezetkímélő faenergetika kifejlődése kapcsán, ezért a szemléletformálás mind ipari, mind lakossági téren kulcsa lehet az egész folyamatnak.

Irodalom

- Czupy I. 2013: Szilárd biomassa feldolgozása, energetikai célú hasznosítása; Értékálló Aranykorona. Országos Mezőgazdasági Szaklap XII(8): 14–15.
- Kocsis Z. & Csanády E. 2014: A nem-lineáris rheológia alkalmazása a faalapú anyagok pelletálásával, tömörítésével összefüggésben. I. kísérleti rész. FAIPAR 62(1): 1–8.
- Németh G. 2014: Kisteljesítményű, faalapú pellet tüzelő berendezés környezeti hatásainak vizsgálata I. rész: A pelletek dimenzióinak, fizikai és mechanikai tulajdonságainak meghatározása. FAIPAR 62(2): 18–26.

- Németh G., Kocsis Z. & Varga M. 2012: Energy Balance of Pelleting of Wood Based By-product. TRIESKOVÉ A BEZTRIESKOVÉ OBRÁBANIE DREVA. Technical University Zvolen, 247–253.
- Németh G., Varga M. & Tóth B. 2013: Dendromassa alapú energiaforrások jelentősége és hasznosítása Magyarországon. Energiagazdálkodás: Az Energiagazdálkodási Tudományos Egyesület szakfolyóirata 54(6): 14–17.
- Sjjak V. L & Jaap K. 2013: Biomass Combustion & Co-firing, Earthscan. UK.
- Szilágyi Zs. 2014: Háztartások: földgáz- vagy fatüzelés? Víz, gáz, fűtéstechnika: épületgépészeti szaklap 14(1-2): 16–19.
- Vágvölgyi A., Czupy I., Kovács G., Heil B., Horváth B. & Szalay D. 2012: The mechanical-technological modelling and the expected yield of wood energy plantation; Magyar Tudományos Akadémia Agrár Műszaki Bizottság idegen nyelvű kiadványa Hungarian Agricultural Engineering 12(24): 53–57.

Wood Energetics

In Hungary, within the biomass-based energy mix, dendromass holds a significant share, approximately 80%. There are two basic sources of wood combustion. One is directly harvested firewood from forests, while the other is wood-based byproducts generated during wood industry production, which hold great importance in the energy solutions of companies. Many enterprises aim to increase energy efficiency and employ renewable energies in both production and utilization of byproducts. A distinctive and unique characteristic of the wood industry is that it partially sources its energy needs from external sources, and another part is obtained by burning secondary raw materials (windfall, chips, shavings, bark, etc.) generated during production. About two-thirds of the waste/byproducts generated in the wood industry are energetically utilized on-site (to cover infrastructure and technological heat requirements). Almost exclusively, we can discuss the production of thermal energy in this context, although in several cases, it would be economically viable to produce combined electrical energy, which would partially or entirely meet the facility's electricity demands.

Amidst the current energy crisis, there has been a substantial rise in demand for wood-based fuels. It is important to use only materials for combustion purposes that adhere to the principles of circular economy and sustainability.