

based by-product. In: Electronic proceedings of the “International Scientific Conference on Sustainable Development & Ecological Footprint”. Sopron, Hungary. March 2012. pp. 393-400. ISBN 978-963-19-7352-5

Németh G., Varga M., Kocsis Z. (2012) Energy balance of pelleting of wood based by-product.

8th International Science Conference: “Chip and Chipless Woodworking Processes”, September 2012. pp. 247-253, (in Slovene). ISBN 978-80-228-2385-2

Fa- és agripelletek tüzeléstechnikai tulajdonságaival összefüggő kutatások alapjai*

KONRÁD Krisztina¹, NÉMETH Gábor¹

¹ NymE FMK Gépészeti és Mechatronikai Intézet

Kivonat

A hő előállítására jó alternatívát teremthet hazánkban a pellet tüzelés. Míg a fapellet tüzelés jól ismert, egyre szélesebb körben alkalmazott tüzelési mód, a mezőgazdasági melléktermékekből készülő, úgynevezett agripelletek tüzelése olyan kérdéseket vet fel, amelyek a fapellet tüzelésnél nem állnak fenn. Ezek a különbségek a fizikai, kémiai és elemi összetételre vezethetők vissza. Jelen cikkben a különböző pellet típusokhoz kapcsolódó kutatásokba, valamint egyes irodalmi források elemzésébe nyújtunk betekintést.

Kulcsszavak: energetika, pellet, agripellet, pellet tüzelés

The basics of research related to firing properties of wood pellets and agri-pellets

Abstract

The pellet firing can create a good alternative for the thermal power generating in our country. We know many things about wood pellet firing, and we use it many places. The agri-pellet made from agriculture origin commodity. There are many differences between the two types of pellets, and the agri-pellet firing raises many questions. These differences come from physical, chemical and elemental composition. We would like gives insights into initial phase of research and analysis related to different types of pellets, and the available literature sources in this article.

Key words: energetic, pellet, agri-pellet, pellet combustion

Bevezetés

*A kutatás a Talentum – Hallgatói tehetséggondozás feltételrendszerének fejlesztése a Nyugat-magyarországi Egyetemen c. TÁMOP 4.2.2.B-10/1-2010-0018 számú projekt keretében, az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

This research - as a part of the Development of Student Talent Fostering at WHU, TAMOP 4.2.2. B-10/1-2010-0018 project - was sponsored by the EU/European Social Foundation. The financial support is gratefully acknowledged.

Megújuló energiaforrásnak tekintjük azon energiaforrásokat, melyeket a természet saját maga állít elő, vagy a természet segítségével az ember állít elő, folyamatosan újratermelődik, ezáltal mindig rendelkezésre áll. Köztudott, hogy az energiaellátás biztonságát fenyegető, kimerülőben lévő földgázkészlet (a teljes primerenergia-felhasználáson belül mintegy 42%-ot tesz ki) közel végesnek mondható, mely a megújuló energiaforrások használatát felértékeli. Annak ellenére várható felértékelődés, hogy sok esetben nagyobb beruházást igényel, mint a hagyományosnak mondott fosszilis (földgáz, kőolaj, szén) energiahordozók esetén. Hazánk sajátosságai miatt öt fő megújuló energiaforrás térnyerésével számolhatunk hosszabb-rövidebb távon: a biomassa, a földhő, a nap, a szél és a víz.

Hazánkban az évenként keletkező elsődleges biomassa összömege 54 millió tonna (85%-a mezőgazdasági termelésből ered), amely évente 251 PJ potenciális energiaforrást jelent. A művelt földterületeken évente átlagosan 25 GJ/ha elsődleges energiahordozó keletkezésével lehet számolni (a szélső értékek 10–100 GJ/ha, termelési kultúrától, művelési módtól függően) (Barótfi, 2003).

Magyarország elméleti biomassa potenciálját egyes tanulmányok (pl.: Nemzeti Energiastratégia, 2011) 200–330 PJ/évben határozzák meg. Természetesen az elméleti potenciál sokkal nagyobb, mint amit valójában elő tudnánk állítani. Az Európai Környezetvédelmi Ügynökség (EEA) 2006-os felmérése alapján a biomassán alapuló „fenntartható potenciál” 145,5 PJ.

A megújuló energiaforrásokból történő villamosenergia-termelés 2011-ben 2689 GWh volt, amely az előző évhez képest több mint 10%-os csökkenést jelent (2011-ben 6,27% volt, míg 2010-ben 7,12%). Ez a biomassa-felhasználás csökkenéssel magyarázható, hiszen minden más megújuló energiaforrás aránya növekedést mutat. Míg 2010-ben ~2050 GWh villamos energiát állítottak elő biomassa alapon, addig 2011-ben ez az adat csak 1539 GWh (a megújuló villamos energia mixen belüli részaránya így is 57%). A háttérben a biomassa alapú vegyes tüzelés csökkenése (Bakonyi és részben a Mátrai Erőmű Zrt.), valamint a tisztán biomassa tüzelésű erőművek termelés-szüneteltetése áll (Szakolyi Erőmű, Borsodi Hőerőmű) (Németh és tsai., 2012).

Ahhoz, hogy megfelelő energiapolitikát foly-

tassunk és meg tudjuk valósítani a 2020-ra kitűzött célokat (itt elsősorban – a Megújuló Energia Hasznosítási Cselekvési Tervben megfogalmazott – villamosenergia-előállításán belüli 14,65%-os megújuló részarányra kell gondolni) szemléletváltásra van szükség a megújuló energiaforrások területén is.

Ki kell emelni, hogy a megújulókkal történő energiaelőállításán belül legnagyobb részarányban megjelenő faalapú energiahordozók a kimeríthető megújuló energiaforrások közé sorolandók, ellentétben például a széllal vagy a nappal. Ezért szükséges, hogy az energetikai felhasználás mellé fenntartható erdőgazdálkodás is kapcsolódjon. Ez nem csak azt jelenti, hogy tartamos erdőgazdálkodást kell végeznünk, hanem azt is, hogy az erdő fennmaradása mellett ismétlődő felhasználat valósuljon meg, így a mindenkori emberi igények kielégítése ne okozzon problémát, segítse a természetes CO₂ körfolyamat és az emberiség fennmaradását.

A pellet meghatározása

A különböző biomassa hulladékokból tömörítési eljárásokkal, kötőanyag nélkül előállított nagy fűtőértékű, a tűzifánál nagyobb energiasűrűségű energetikai alapanyagok közé sorolandó a pellet. Pelletálással 6–14 mm átmérőjű és 2–4 cm hosszúságú terméket hozunk létre 1000–1500 bar körüli nyomás segítségével.

A leggyakoribb alapanyag a faalapú por-forgács tekinthető. A fapellet tisztaságát annak köszönheti, hogy a fának csak a fatest belső – kéreg, levél valamint környezeti és gyártási eljárásokkal összefüggő, szennyezőanyagoktól mentes – részét préselik össze, melynek hamutartalma 1% alatti. Természetesen a gyakorlat azt mutatja, hogy például kéreg kiküszöbölésére értelemszerűen nincs lehetőség a fűrésziparból származó por-forgács alapanyag esetén, ekkor azonban nagyobb hamutartalommal kell számolnunk.

Természetesen a mezőgazdasági termelés során keletkező növényi anyagok, maradékok, hulladékok is alkalmasak pelletálásra. A fával ellentétben sokkal gyorsabb, éves „vágásfordulóval” rendelkeznek, azonban az intenzív növekedés miatt több ásványi anyagot építenek magukba. A „betakarítás” során nagy mennyiségben kerül az energetikai célra szánt anyag közé földmaradvány is, ezért a lágyszárú növényekből készült pellet hamutartalma jóval magasabb lesz (3–12%), mint a fából készített fapelleté. Mindezek azt eredményezik, hogy az agripelletek



égetési tulajdonságai nagymértékben eltérnek a faalapú pelletektől.

A fapelletek esetén Európában és hazánkban számos szabvány (ilyen például az MSZ EN 15961-2, mely a fapellet nem ipari felhasználásáról szól) és irányelv (ilyen a pellet minőségi tulajdonságait lefektető ENplus, mely az EN 14961-2 szabványon alapul ugyan, de számos pelletáláshoz, és annak tulajdonságához köthető szabvány is megjelenik benne) fogalmazódott meg.

A pelletálásról és a kutatások célkitűzéseiről néhány gondolatban

A biomassza, mint szilárd energiahordozó tüzelésével energia – elsődlegesen hő – állítható elő. A szántóföldi növénytermesztés melléktermékei közül a különböző gabonafélék szalmái, a kukoricacsutka, kukoricaszár, valamint néhány egyéb növény szármaradványa tüzelési célokra is felhasználható. Ezek a melléktermékek megfelelő előkészítés után akár pelletálhatók is.

Jelenleg Magyarországon legnagyobb mennyiségben a faalapú melléktermékből állítanak elő pelletet energetikai célokra.

A faalapú pelletek jellemző, racionális felhasználási területei:

- falufűtők, távhő
- központi fűtési rendszerek (társasházak, kisebb lakóközösségek, intézmények)
- egyedi fűtés (családi házak).

A pellet előállításának számos előnye és hátránya – melyet gyakran a szakirodalom nem hangsúlyoz ki – is megfogalmazható. Természetesen minden előny és hátrány sokszor csak nézőpont kérdése, hiszen lehet valami környezetkímélő megoldás, ugyanakkor nagyon költséges. A teljesség igénye nélkül a főbb jellemzőket az alábbiakban foglaltuk össze.

Előnyök:

- Nagy térfogat-sűrűségű anyagot kapunk a pelletálás folyamatának végén, mely a kiinduló alapanyaghoz (por-forgács) képest így gazdaságosabban kezelhető (szállítás, tárolás).
- Előállítása és felhasználása könnyen automatizálható.
- A saját tárolóval rendelkező pellet tüzelőberendezések akár napokig is működnek emberi beavatkozás nélkül, így a „komfortfokozata” közelít a földgáz felhasználásánál megszokotthoz.
- A közvetlenül a por-forgács tüzelése során fel-

lépő tüzeléstechnikai problémákat minimálisra lehet csökkenteni, hiszen csak a morzsolódásból (mely a mechanikai behatásokkal szembeni alaktartósságra utal) képződik minimális finom szemcsés anyag a beadagoláskor. Azt azonban meg kell jegyezni, hogy a tüzelőberendezésbe történő beadagoláskor keletkező apró-szemcsés anyag arányát közelítőleg sem ismerjük. Nem tudjuk, mi történik egy általános beadagoló csiga működéséből fakadóan. A pellet mechanikai hatásokkal szembeni ellenálló képességének vizsgálatát az MSZ EN 15210-1 szabvány írja le, és ezt többnyire vizsgálják is. A vizsgálat itt a szállításból, mozgatásból adagolóba történő beadagoláskor fellépő „mechanikai roncsolódás” vizsgálatából áll. Azonban egy lényeges pont hiányzik a szabványból, méghozzá pont az, hogy a tüzelőberendezés adagolója, behordó csigája esetén milyen szintű morzsolódás fog történni. Intézetünkben történő kutatások egyik célja éppen az, hogy erre is próbáljunk választ adni.

Hátrányok:

- Villamos energiát viszünk be és sok esetben hőt kell közölnünk az előállítás során. Ha nedves az alapanyag, nagy hőmennyiségre van szükség a szárítás során (amennyiben az alapanyag nedvességtartalma 10-12% felett van). Az intézetünkben történt korábbi vizsgálataink – a TÁMOP 4.2.1/B-09/1/KONV-2010-0006 projekt „A faalapú hulladékok brikettálási és pelletálási energiamérleg meghatározása” című altéma – alapján megállapítható, hogy az alapanyag energiataralmához képest az energiabevitel (villamos és kalorikus) – a gyártás során – mintegy 8-12%.
- Felhasználása speciális tüzelőberendezést, égőfejet igényel.
- Sok esetben a feldolgozásig – por-forgács formában – hosszú szállítási útvonalat tesz meg az alapanyag.
- Az ára a tűzifa árának akár a kétszerese is lehet.
- Nem fás szárú biomasszából előállított pellet esetén tüzeléstechnikai problémák adódnak ugyanúgy, mint ezen anyagok hagyományos – pelletálás nélküli – tüzelése esetén.

További lényeges célkitűzésünk hogy a magyarországi gyártóktól begyűjtött fa- és agripelleteket, másrészt saját és gyártói „receptúrák” alapján, a

kutatás részeként gyártott kontrollmintákat szeretnénk bevizsgálni (fűtőérték, hamutartam, sűrűség, halmazsűrűség, morzsolódási hajlam, egyéb tulajdonságok), különös tekintettel a minták energetikai tulajdonságaira.

Az agripellet tüzelés kihívásai

A biomassa alapú tüzelőanyagok esetén a tömörítési eljárásokkal (pl. a pelletálással) a térfogatsúlyt változtatjuk elsősorban. A fő tüzeléstechnikai jellemző, a fűtőérték esetén az alapanyaghoz képest nagymértékű változást nem tapasztaltunk, hiszen az alapanyag tulajdonságát elsősorban az elemi összetevők aránya (C, H, O, N, S) szabja meg, amely adott, a pelletálás során ezen nem változtattunk. Természetesen befolyásoló tényező a szilárd égéstermékek (lehulló salak, szálló hamu) aránya és az egyéb elemek tartalma is (Si, Na, K, Ca, Mg, stb.). A füstgáz összetételét a felsoroltakon kívül a tüzelőberendezés felépítése, üzemelési paramétere is jelentősen meghatározza.

Az égési tulajdonságokat elsősorban tehát a szén-, a hidrogén- és az oxigéntartalom fogja befolyásolni, míg a kén és a klór a korrózióért, környezet-szennyezésért felelős. Bár a kén a hőfejlesztésben segít, de korrodálja a kazán belsejét, a környezetet pedig szennyezi. Nem mellékesen a kén-dioxid (SO₂) az atmoszférában vízzel kénessavat fog alkotni (H₂SO₃), melynek egyértelmű megnyilvánulása a savas eső.

A lágyszárú növények esetén nagyságrenddel magasabb a kén jelenléte (pl. fenyő esetén 0,015% szárazanyag-tartalomhoz képest; míg kínai nád vagy energiafű esetén ez az érték 0,15%). Ezzel, és a kálium, valamint a szilícium nagy mennyiségével (az ezen anyagokhoz kapcsolódó alacsony olvadáspontja miatt) magyarázható elsősorban a lágyszárú biomassa nehezebb energetikai hasznosítása. Szintén problémát jelent a klór – szintén nagyságrenddel – nagyobb mennyisége, hisz ez a káliummal reakcióba lépve a hőcserélők felületén kondenzálódik, ami viszont ront a hőátadási tényezőn, így a rendszer hatásfokán.

A fa esetében a hamutartalom általában 1% alatti (kivétel, ha nagy a kéregarány, hiszen kéregtartalom növekedésével nő a hamutartalom), míg lágyszárúak esetén ez az érték akár 10%-nál is magasabb arányú lehet. A legnagyobb probléma ott kezdődik, hogy a hamu olvadáspontja a fás szárú növények esetén 1100-1400 °C körül alakul, míg lágyszárúaknál jellemzően 850-950 °C. Ha nagy a

káliumtartalom, ez az érték akár 750 °C alá, 600 °C-ig is lecsökkenhet. Az alacsony hamu olvadáspont szintén nehezíti a megfelelő tüzeléstechnikai paraméterek meghatározását (Ivelics R., 2006; Hein Et Kaltschmitt, 2004; Marosvölgyi et al. 2005)

Az agripellet tüzelés a kémiai összetétele miatt sok kihívást jelent a kazángyártóknak. Bár egyes gyártók már megjelölnék keverési arányokat, amelyeket engedélyeznek fapellet használat mellett, de általában elmondható, hogy a fapellet égetésére fejlesztett kazánok garanciájának elvesztésével jár az agripellet tüzelés. A keverési arányokat szakirodalmi kutatásokkal és mérésekkel nem támasztották alá, ezért a gyártók tapasztalati úton határoznak meg maximális keverési arányokat.

A tüzelés során felmerülő legfontosabb – lágyszárúak alkalmazása esetén – problémákat Dragoman (2007) a következőképpen foglalta össze:

- magas hőmérsékleten a magasabb klórtartalom miatt korrózió alakul ki,
- lényegesen magasabb kálium- és szilíciumtartalmára visszavezethető salakképződés,
- lényegesen magasabb károsanyag-kibocsátással – elsősorban NO_x –, illetve porképződéssel kell számolni.

Az agripelletek egyik fő alapanyaga a gabonafélék aratása után visszamaradó szármaradvány, a szalma. Ugyanakkor próbaként sor került már a „Tatai” energianádból való pellet készítésére is, mely segítségével a jövőben lehetőség nyílhatna az ipari tüzelés mellett a lakossági felhasználásra is, amennyiben a kisteljesítményű kazánok esetén is sikerül leküzdeni a fentiekben említett tüzeléstechnikai problémákat.

Ha a fa és szalma átlagos elemi összetételét vizsgál-

1. táblázat Fa és szalma átlagos elemi összetételének összehasonlítása (Németh alapján, 2008)

Table 1 Comparison the elemental composition of wood and straw (based on Németh 2008)

	Fa	Szalma
Kémiai komponensek (mg/kg):		
Nitrogén	670	1750
Kén	40	470
Klór	44	1400
Emisszió (mg/Nm³):		
NO _x	140	260
SO _x	10	100
HCl	0,6	36

juk, a szalmában 2,5-szer annyi nitrogén, csaknem 12-szeres mennyiségű kén, és körülbelül 30-szoros mennyiségű klór van (1. táblázat).

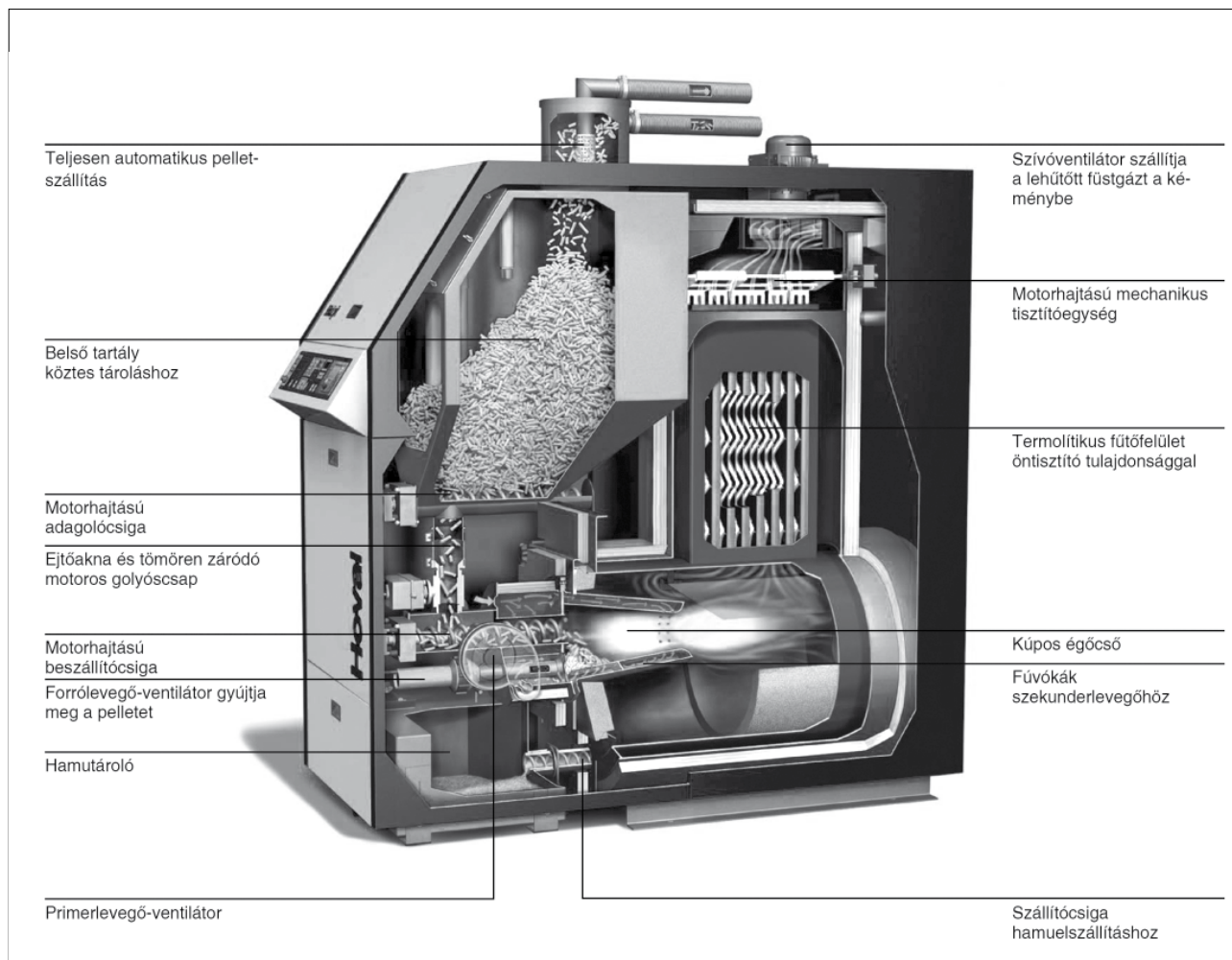
Általánosan használt leggyakoribb pellet tüzelésű rendszerek

A pelletkazánok általában hatékonyabbak, mint a hagyományos fatüzelésű kazánok. A rendszerek kialakítása az adagolórendszerben (nem minden esetben) és az égőfej esetében tér el, de mint látni fogjuk, vannak olyan rendszerek, melyek apríték és pellet tüzelésére egyaránt alkalmasak. A rendszer „lelkét” a pellet égőfej adja, mely kiegészül az automatikus adagoló egységgel. A kazánban található hőcserélő rendszer lehetővé teszi, hogy a kilépő füstgáz hőmérsékletét igen alacsonyan tartsuk, így a füstgáz hője nagyobb részben hasznosul.

A pelletkazánok gyakorlatilag minden felhasználói igényt képesek kielégíteni, a legkisebb ~20kW-os lakossági igényektől a több száz kW-os ipari igényekig. Az égőfej egyik típusát úgy a legkönnyebb elkép-

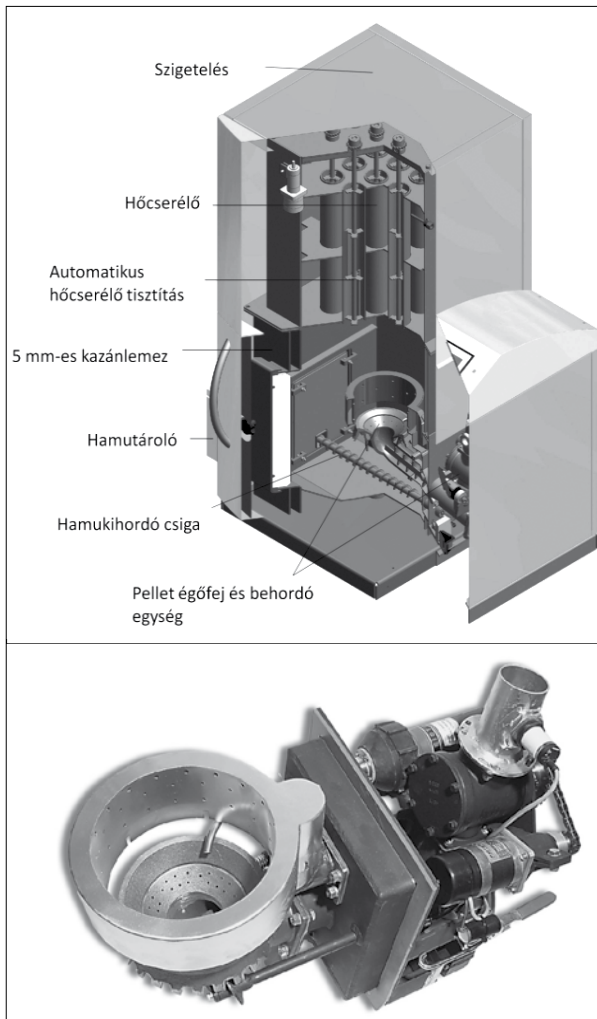
zelni, mint egy hagyományos gázégőt (1. ábra). A pelletégető folyamatos, biztonságos üzemeltethetőségéről egy automatika gondoskodik. Feladata az égető egység pillanatnyi állapotának figyelése az érzékelő egységektől kapott információk alapján. Ezen információk feldolgozása után az épp aktuális munkafolyamatnak megfelelően a beavatkozó szerveken keresztül biztosítja a megfelelő mennyiségű pelletet és a levegőellátást. A tüzelőanyagot az égőfejben egy elektromos fűtőszál segítségével egy ún. „forrólevegő” ventilátor gyújtja be.

A következő példa egy pelletkazán állóserleges égetőfeje (2. ábra). A serleg a gyakorlatban két különálló részből áll: az alsó égetőtégelyből és a szekunderlevegő betáplálására szolgáló köpenyből. A pelletet alulról adagolja (alátolja) egy csigas rendszer, majd azt – a korábban már említett – forrólevegő sugárral meggyújtják. A primer levegő egy perforált, kúpos alakú felületen, míg a szekunderlevegő a felső henger alakú köpenyben biztosítja az



1. ábra Pelletkazán kúpos égőcsővel, pelletégővel (forrás: Hoval, BioLyt 50-160 kW-os pelletkazán)

Figure 1 Pellet furnace with conical blast tube and pellet burner (source: Hoval, BioLyt 50-160 kW pellet furnace)

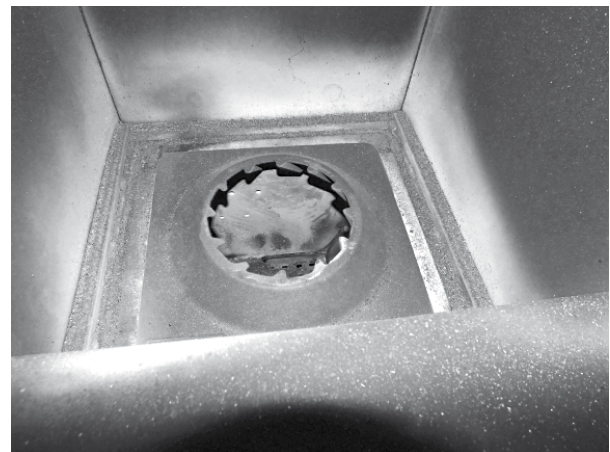
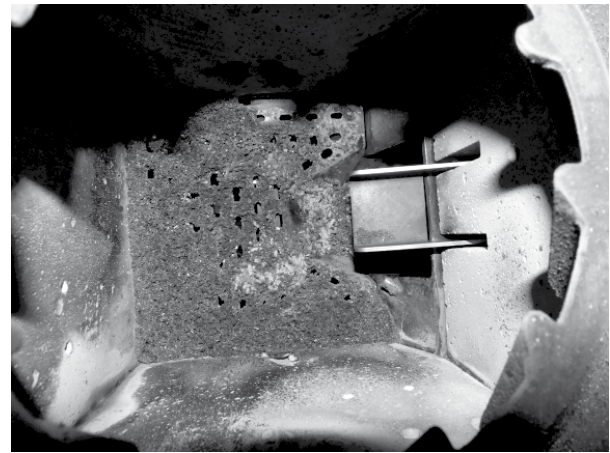


2. ábra Pelletkazán alátolós serleges pelletégővel (forrás: Wagner&Co LIGNOplus pelletkazán)

Figure 2 Pellet furnace with special pellet burner (source: Wagner&Co LIGNOplus pellet furnace)

égéshez szükséges megfelelő mennyiségű oxigént. A tégelyt egy tisztítóegységgel szerelik fel, amelyet időnként egy csigahajtómű mozgat előre-hátra, kitisztítva így a hamu és a lerakódásoktól a tégely és a köpeny közti rést, ezzel is biztosítva az akadálymentes szekunder levegő beáramlást.

Fás szárú biomasszából készült pelletek esetén sokszor alkalmaznak vegyes alapanyagú biomassza tüzelésre – apríték és pellet égetésére – is alkalmas égőfejet (3. ábra). Ilyen berendezésen (Buderus LOGANO SH 25) fogunk különböző, általunk – egy kis teljesítményű kísérleti pelletáló berendezésen (NOVA PELLETT N-MICRO) – legyártott pellet típusokat tüzeléstechnikai vizsgálatoknak alávetni. Az agripellet tüzelésre kialakított kazánok esetén olyan égőfejet kell alkalmazni, amely képes arra, hogy a tüzelési hőmérsékletet ne vigye 700-800 °C



3. ábra Apríték és pellet égetésére alkalmas égőfej, égéstér kis teljesítményű kazán esetén (NymE, NRRC - Energetikai Laboratórium; Buderus LOGANO SH 25 apríték és pellet tüzelésű kazán)

Figure 3 Burner for wood chips and pellet, combustion chamber of a low-power furnace (NymE, NRRC - Laboratory of Energetics; Buderus LOGANO SH 25 chips and pellet furnace)

főle, valamint, hogy az elhasznált anyag maradékát folyamatosan eltávolítsa a felhalmozás szintje függvényében. Mindezt anélkül kell megtenni, hogy a befelé jövő fűtőanyaggal zavarnák egymást, valamint, hogy még az égési fázisban lévő tüzelőanyagot kiszállítsanak. Ezért lágyszárúakból készült pelletek esetén mozgó rostélyt alkalmaznak, de szokás – főleg nagyobb égetők esetén – a szénrel együtt történő égetés is.

Összefoglalás

A megújuló energiaforrások alkalmazása számos előnyt hordoz magában, többek között környezetvédelmi okokból is. Hőenergia előállítására jó alternatíva a különféle biomasszák eltüzelése. Ennek egyik legnagyobb komforttal bíró válfaja a pellet tüzelés, amely jól automatizálható, ezért már Ma-



gyarországon is egyre elterjedtebb tüzelési mód, így a gáztüzelés egyik legnagyobb riválisává válhat.

Általánosságban a pelleteket két nagy csoportba oszthatjuk alapanyaguk szerint: fapellet és agripellet. A két anyag elemi összetételében nagy különbségek vannak, így az agripellet tüzelés különböző kérdéseket vet fel, és a kazángyártókat speciális kihívások elé állítja, melyekre a szakirodalom nem ad egyértelmű válaszokat.

A biomassza alapú tüzelőanyagok fizikai, kémiai és elemi összetétele határozza meg az égés tulajdonságait, a visszamaradó hamu mennyiségét, annak olvadáspontját, valamint a füstgáz összetételét. Általánosságban a kémiai összetevők mennyiségével kapcsolatban az alábbi kijelentéseket tehetjük:

- Azoknak a tüzelőanyagoknak, amelyeknek magas a kálium, nátrium és szilícium tartalma, alacsonyabb a hamuolvadási pontja.
- A klórtartalom növekedésével növekszik a korróziós hatás előfordulásának valószínűsége.
- Magas nitrogén- és a kéntartalom esetén az emissziós értékek romlása tapasztalható.

A fent említett okok miatt az agripellet eltüzeléséhez kifejezetten erre tervezett kazánt kell használni, tehát olyan kazánt kell választani, amely alkalmas mezőgazdasági hulladékok, szalma és bármilyen pellet eltüzelésére is. (Ez fordítva természetesen nem igaz: agripellet tüzelésére alkalmas kazánban lehet fapelletet tüzelni.)

Az egyes agripelletek égési tulajdonságai csak részben ismertek, jellemzően ezek az ismeretek a többé-kevésbé ismert anyagösszetételre, általános ismeretekre és felhasználási tapasztalatokra épülnek. Ahhoz hogy az agripelletek felhasználása szélesebb körben elterjedhessen, a felhasználás még inkább szabályozhatóvá válhasson, a fapelletek és az agripelletek együttes használata elfogadottá és problémamentessé váljon, szükséges az agripelletek további vizsgálata. Megfelelő ismeretek mellett a biomassza tüzelés erős pillérévé válhatnak a különböző típusú pelletetek.

A cikkben megfogalmazott kutatásokról a későbbiekben részletesen be fogunk számolni.

Közlemény

A kutatás a „Környezettudatos energiahatékony épület” című TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0068 számú projekt, valamint a Talentum - Hallgatói tehetséggondozás feltételrendszerének fejlesztése a Nyugat-magyarországi Egyetem című

TÁMOP 4.2.2.B-10/1-2010-0018 számú projekt keretében az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális alap társfinanszírozásával valósult meg.

Irodalomjegyzék

Barótfi István: Környezettechnika, Mezőgazda Kiadó, ISBN 9632860098; Budapest, 2002

Dragoman Réka: Lágyszárú növények energetikai hasznosítása; MezőHír, 2007/5.

Fenyvesi László, Ferencz Ákos és Tóvári Péter: A tűzipellet. Cser kiadó, ISBN 9789639759848, Budapest, 2008

International Energy Agency; World Energy Outlook. Paris, 2010

Ivelics Ramón: Minirotációs energetikai faültetvények termesztés-technológiájának és hasznosításának fejlesztése. Doktori értekezés, NymE Kitaibel Pál Környezettudományi Doktori Iskola Biokörnyezettudomány Program. Sopron, 2006

Németh Béla: Szilárd biomassza tüzelése. PTE Fizikai Intézet; Pécs, 2008

Németh Gábor, Varga Mihály, Tóth Béla: A kutatás a „Környezettudatos energiahatékony épület” című TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0068 számú projekt megvalósítása során készített „Dendromassza alapú energiaforrások alkalmazása a kiserőművek, falufűtőművek, (fa)ipari létesítmények és családi házak egyedi fűtési esetén” tanulmány. Sopron, 2012

Nemzeti Fejlesztési Minisztérium. Nemzeti Energiastratégia 2030, Nemzeti Fejlesztési Minisztérium, ISBN 9789638932815, Budapest, 2012

Paccalacque, Fulvio [et al.]. Pellets in Southern Europe, the state of the art of pellets utilisation in Southern Europe. New perspectives of pellets from agrie-residues. 2nd World Conference on Biomass for Energy, Industry and Climate Protection, Italy, Rome, 2004