

# FÁS SZÁRÚ BIOMASSZA FŰTÉSI CÉLRA TÖRTÉNŐ FELHASZNÁLÁSÁNAK LEHETŐSÉGEI

**Mádainé Üveges Valéria**

tudományos segédmunkatárs

*Miskolci Egyetem, Nyersanyagelőkészítési és Környezeti Eljárástechnikai Intézet*

## **Abstract**

The wood from the energy plantation gives a good alternative against other combustible, the more so, because contrary to the natural gas and coal, it is a renewable energy. Utilization of this biomass for energetic purposes means an environmental friendly solution, because the total CO<sub>2</sub> emission is less than in case of fossil fuels. In Hungary many regions suffering from the pauperization and therefore the heating costs means a huge problem to a significant part of the rural population. This is also observable in the air pollution data, because many people returned to coal, and at worst to waste firing. One possible solution can be when the village grow their own plantation of suitable tree, and after a preparation process this wood can be burnt in a furnace in form of billet, chips or pellet

In this study a review of the raw material way from the planting to the furnace is given, primarily in the aspect of preparation. The heating costs with wood chips and pellets compared to natural gas are also mentioned.

## **1. BEVEZETÉS**

A biomasszán, biológiai eredetű anyagok széles csoportját értjük, melyek élő és elhalt növények, állatok testtömegéből származnak. Elsődlegesnek a növényi eredetű biomasszát, másodlagosnak az állati eredetűt és harmadlagosnak az ipar által már átalakított melléktermékeket nevezzük.

Az ültetvényes fatermelésből származó biomassza energetikai hasznosítása környezetkímélő megoldást jelent, mert a korábban az élő szervezetekben megkötött anyagok felszabadulása nem terheli a környezetet további károsító hatásokkal. Az elméleti CO<sub>2</sub> mérleget némileg rontja a fa kitermeléséhez, feldolgozásához, aprításához, pelletálásához szükséges energia megtermelésének szükségessége, azonban a káros emisszió még mindig jelentősen kisebb, mint a fosszilis energiahordozóknál, amelyeket szintén ki kell termelni, előkészíteni a felhasználás előtt.

Nem elhanyagolható szempont, hogy a biomasszák minden fajtája a szénnél kisebb kén tartalommal és nitrogéntartalommal bír, így a tüzelés során a tüzelőanyagból eredő kén-dioxid és NO<sub>x</sub> kibocsátás csökkenthető [Szemmelveiszné és társai, 2007].

A mezőgazdaságban reális távlatokat jelent az energianövények termesztése a biomassza hasznosítás érdekében, ennek társadalmi hatásai (munkaerő-teremtés, vidékfejlesztés) további pozitívumként értelmezhetőek.

A vidéki térségek részére a biomassza tüzelés egy alternatív megoldást jelenthet, tekintettel arra, hogy a hátrányos helyzetű települések zöme már nem képes megfizetni az emelkedő gázárakat, így sok helyen már az oktatási intézményeket sem képesek fűteni, a lakosság közül pedig aki tudott, már visszatért a fával, illetve szénrel való fűtésre. A nagyobb problémát az jelenti, hogy a lakossági tüzelés során számos olyan éghető hulladék is a kazánban végzi, amelynek füstgázaival jelentős mennyiségű szállópor távozik.

A lakossági PM<sub>2,5</sub> kibocsátást tekintve 2008-ban a lakossági tüzelés nemcsak a közlekedést előzte meg, de a fémkohászatot és a cementgyártást is. Az Országos Légszennyezettségi Mérőhálózat legutóbbi, 2009. évi szálló por PM10 mintavételi programjának összesítő értékelése szerint a fűtési időszakban mért értékek sokkal magasabbak, mint a nyári időszak értékei. 21,43%-os határérték átlépést regisztráltak Miskolcon, a Búza tér környékén, amelybe véleményük szerint a közlekedés mellett a fűtés, valamint a meteorológiai viszonyok is közrejátszottak [[http://jno.hu/hu/af/jno-420-2011\\_hulladek\\_egetes.pdf](http://jno.hu/hu/af/jno-420-2011_hulladek_egetes.pdf)].

Az energiaültetvényből származó fával történő fűtés, sokkal inkább környezetbarát megoldást jelent, ezért a következőkben összefoglalom a fa lehetséges útjait a telepítéstől a kazánig, valamint számításokat végzek fával és a fosszilis energiahordozókkal történő lakás fűtés költségeinek összehasonlítása céljából. A kutatás további célja, hogy megvizsgálja, egy hátrányos helyzetű borsodi kistelepülés, Csernely esetén a biomassza tüzelésre való áttérés aspektusait elsősorban előkészítéstechnikai szempontok szerint.

## 2. ENERGIAFA TERMESZTÉSE, BETAKARÍTÁSA

Az energiafa ültetése előtt a terület adottságainak figyelembevételével, gondosan meg kell tervezni az ültetvények kialakítását, a trágyázást, gyomtalanítást, végül a betakarítás ütemét.

Magyarországon végzett kísérletek alapján a következő fajták bizonyultak alkalmasnak hőtermelésben történő felhasználásra. A cserjék közül: az *ámorfa* (Amorfa), a *tamariska* (Tamarix), és néhány *bokorfűz* (Salax). A faalakúak közül a *nemesnyár* (Populus), az *akác* (Robinia), a *fűzek* egy része (Salix), az *éger* (Alnus), és a *bálványfa* (Ailanthus) [Marosvölgyi B. 2003]. Azonban a legtöbb kísérlet hazánkban is az akác-, nyár- és fűzfélékkel folyik. Az akác (Robinia Pseudoacacia) a legjobban a savanyú homokos talajokon terem a nyírségi és a somogyi erdőgazdasági tájakon. A legrosszabb hozamokat a Duna-Tisza közti meszes homokhátak adják [Sulyok. D.–Megyes. A.2006a]. A nyár és fűzfélék energiahozamait összevetve megállapítható, hogy azoktól meglehetősen elmarad. Mivel azonban szokatlan körülményekhez is nagyon jól alkalmazkodik (pl. a meddőhányók erdősítésénél), ezen kívül jól tűri a szárazságot, várhatóan fontos fás energetikai alapanyag lesz a másik két faj számára kedvezőtlen termőhelyeken (1. táblázat).

**1. táblázat: Fás szárú energiaültetvények jellemzői (Forrás KvVM 2007)**

FÁS SZÁRÚ ENERGIÜLTETVÉNYEK						
Növény	Energiatart (MJ/kg)	Átlaghozam (t/ha/év)	Energiahozam (GJ/ha/év)	Nedvesség tartalom	Vágásforduló (év)	Élettartam (év)
<b>Akác-RVF</b>	11,5	7,9	91,3	0,4	4	20
<b>Nyár –RVF</b>	9	20,0	180,0	0,4	4	20
<b>Fűz-RVF</b>	10	30,0	300,0	0,4	4	25

Fűzek esetében egyelőre problémát jelent a megfelelő fajta kiválasztása, mivel zömmel olyanok vannak jelen Magyarországon, amelyeket a hazai klímától meglehetősen eltérő, sokkal csapadékosabb környezetben nemesítettek, így a gyakran szélsőséges klímában nem a várakozásnak megfelelően teljesítenek. A kapuvári Silvanus Faiskolában azonban őshonos, a magyar klímához jól alkalmazkodó fűz fajokat használnak fel, melyek közül egy (Salix Express) még szélsőséges időjárási körülmények között is várakozáson felüli hozamokat produkált [Pápai A. 2007]. Bár egyfelől érthető a törekvés, hogy a fűz nemesítése a faj számára szokatlan, szárazabb körülmények elviselésére irányul, le kell szögezni, hogy a fűz természetes körülmények között a vízhatású talajokat kedveli (pl. folyómenti bokorfűzesek, vagy fűznyár ligeterdők).

A nyár jó tápanyag ellátottságú, nagy vízkapacitású talajokon produkálja a legjobb hozamokat, de jól tűri a nedvesebb talajokat és az időszakos vízborítást is. Így a belvízveszélyes területeken (akárcsak a fűz) alkalmas lehet ültetvény telepítésére, amennyiben az egyéb élőhelyi sajátosságok is megfelelnek (talaj kötöttsége, szellőzése, sófelhalmozódás veszélye). Más kísérletek arról számolnak be, hogy a megfigyelt ültetvény nem igényelt folyamatos vízhatást, jól tűrte a többszöri hosszan tartó szárazságot is [Rénes J. 2008].

Rénes J. szerint egy hektár nemesnyár ültetvényről két családi ház fűtését lehet fedezni 2 éven keresztül.

### 2.1 Faültetvények

Az ültetvényeknek két típusát különböztethetjük meg, az újratelepítéses és a sarjzajtásos típust. Újratelepítéses technológia esetén a területet gyorsan növekvő fafajokkal telepítik be, majd 8-15 év után betakarítják és előkészítik a felhasználásra. A végvágást követően a területet rekultiválják, aztán újból kezdődik a betelepítés. A technológia előnye, hogy számos fafaj közül választhatunk a tervezéskor, valamint hogy síkon és domboldalon kialakíthatóak az ültetvények, és évente mintegy 10-15 t/ha frisstömegegre lehet számítani. A módszer hátránya, hogy hosszú idő után hoz csak betakarítható alapanyagot.

A sarjzajtásos technológia (1.ábra) esetén gyorsan növekvő, jól sarjadó fafajokat telepítenek kis térállásba.



**1. ábra: Sarjzartásos ültetési mód**  
[<http://www.falatbt.hu/index.php?page=energia>]

A hektáronkénti tőszám széles tartományban mozoghat (10000-50000 tő), ez határozza meg a kitermelést is. A kisebb tőszám többnyire 2-3 éves, míg a nagyobb tőszám 1 éves vágásfordulót tesz lehetővé. Ennél a módszernél 15-25 éves élettartammal és 15-40t/ha/év frisstömeeggel számolhatunk. Az utolsó betakarítás után a terület ez esetben is rekultiválásra szorul, ekkor a gyökereket, szármaradványokat eltávolítják, majd szántják a területet. A módszer előnye a rendszeresen betakarítható nagy mennyiségű alapanyag, illetve hogy termesztés és betakarítás illeszthető a szántóföldi növénytermesztés technológiájához. A fás szárú energetikai ültetvények létesítéséhez alkalmazható fafajok és fajták körét Magyarországon a FVM45/2007. sz rendelet határozza meg. Eszerint sarjzartásos technológia csak fűz, nyár és akác esetén alkalmazható, míg az újratelepítési módszer kiegészül az olyan fafajokkal, mint az éger, kőris, tölgy, juhar, feketedió. A rendelet értelmében védett területen, valamint Natura 2000 területen fehér akác telepítése nem engedélyezhető. Telepítésnél az az általános szabály, hogy minél rövidebb vágásfordulóval terveznek, annál nagyobb tőszámmal kell telepíteni. A fás szárú energiaültetvény telepítése minden esetben engedélyhez kötött, az ezzel kapcsolatos bejelentést a területileg illetékes Mezőgazdasági Szakigazgatási Hivatalhoz kell benyújtani.

A betakarítható termés mennyisége nagymértékben függ a növény fajtától és fajtájától, az alkalmazott technológiától, a vágásfordulótól, valamint a termőhelytől és az időjárási feltételektől. A telepítés évében még jelentős hozammal nem számolhatunk, az első év végén tisztító kaszálást kell végezni annak érdekében, hogy intenzív sarjadásra készítsük a növényt. Szimplasoros technológia esetén 3.-4.-évtől kezdve várhatjuk a legnagyobb hozamot, míg ikersoros technológiánál 2-3 éves vágásfordulóval számolva a 2.-3. betakarításkor várható a termés maximuma. Az ikersoros technológia azt jelenti, hogy az ikersorok közti távolságot 70-75 cm-nek hagyják, a tőtávolság ebben az esetben 40-50cm. Az ikersorok között pedig művelőutat kell hagyni, ahol a mechanikai tisztítás elvégezhető gépekkel.

A leggyakrabban alkalmazott fűz és nyárfafajtáknál az alábbi hozamokkal számolhatunk: svéd fűz fajták ikersorosan 16-20t/ha/év; magyar fűz fajták szimplasorosan 30-35t/ha/év; olasz és német nyárfajták 15-20t/ha/év, akácra pedig 10-20t/ha/év. A termesztő dönti el, hogy a kisebb ráfordítás igényű és kisebb éves hozamot produkáló ikersoros technológiát, vagy a dugvány ára miatt nagyobb telepítési költséggel járó, de az éves vágásfordulót, és ezzel rendszeres hozamot ígérő szimplasoros technológiát alkalmazza.

Az értékesítés során alapvető problémát a betakarítás szezonális jellege adja, hiszen míg a betakarítás többnyire csak a téli hónapokra esik, a felhasználás egész évben történik. A legnagyobb erőművek is legfeljebb néhány hétre való aprítékot tudnak tárolni, így fontos tervezési lépés a termék megfelelő tárolásáról való gondoskodás [Gyuricza Cs. 2007,2011].

## 2.2 Betakarítás után

A frissen kitermelt fa tömegének fele víz. Az egy éven át, szellős helyen tárolt és teljesen száraznak tűnő fa nedvesség tartalma még mindig 15-20%. A nedvességtartalom pedig jelentősen befolyásolja a fa fűtőértékét. Az égetés során a vizet előbb ki kell gőzölni a fából, majd tovább melegíteni. Minden liter víz emiatt 0,7kWh energiát emészt fel, ami a vízgőzzel együtt távozik a kéményen keresztül. A víztartalom nemcsak a fűtőértéket csökkenti, hanem a tüztér hőmérsékletét is. Alacsonyabb hőmérsékleten az égési folyamat esetleg már nem tökéletes, az el nem égett fagáz és korom pedig amellet, hogy szennyezi a levegőt, lerakódik a kémény falán, ezáltal rontja a hőátadás hatékonyságát.

Figyelembe véve azt, hogy a fa víztartalmának csökkentésével a fűtőértéke növekszik, alapszabály, hogy csak 20%-nál kisebb nedvességtartalmú fával érdemes fűteni. Ennek elérésére a fának 1-1,5 évre van szüksége a kivágást követően. A megfelelően száraz fát ezután mechanikai úton kell kezelni, aprítani, többnyire két lépcsőben. Az aprításra alkalmasak első lépcsőben főként a forgótárcsás nyíró-aprítógépek, a forgó tépő-csavaró aprítógépek, gyorsjárású rotoros tépőberendezések, majd második lépcsőben a kalapácsos törők és a vágómalmok [Nagy, 2008].

A faültetvények betakarítása után a fa tehát a mechanikai előkészítést követően felhasználástól függően fahasábként, faaprítékként, vagy pelletként kerülhet forgalomba. A nagyobb erőművek jelenleg elsősorban faaprítékot használnak fel, amelyet a környező erdőgazdaságok biztosítanak. Anyagának összetétele változó, mivel fakérget és egyéb éghetetlen szennyeződések is tartalmazhat. A fapellet nagy fűtőértékű, könnyen tárolható és szállítható, tiszta tüzelőanyag, melynek a fajlagos energiaköltsége (2,0-2,5 Ft/MJ) kisebb, mint a földgázé (3,0 Ft/MJ), még inkább, mint a PB gázé (4,0 Ft/MJ). A tüzelőanyagként forgalmazott fapellet nedvességtartalma 10% alatti.

### 3. FAAPRÍTÉK ELŐÁLLÍTÁSA, APRÍTÉK TÜZELÉS

A faapríték előállítása jóval energiaigényesebb, és költségesebb folyamat, mintha a kitermelt energiafát csak rönkökre vágnánk. Ha az említett kisteleptülés, Csernely példáján maradunk, akkor mindkét esetben rendelkezésre kell állni egy telepnek az energiaültetvény közelében. A szállításhoz szükség van egy traktorra rakodóval és pótkocsival. Ez Csernelyen rendelkezésre áll, kisebb beruházást, felújítást igényel. A fahasábok eltüzelése az erre alkalmas kazánban megoldható (2.ábra).



2. ábra: CALOR2000 V-100  
[<http://www.ddkkk.pte.hu/>]

Az eszközöket tekintve szükséges még néhány nagyteljesítményű láncfűrész. Amennyiben az apríték tüzelés kerül előtérbe, szükség van egy megfelelő aprítógépre is, valamint az apríték tárolására is rendelkezni kell egy fedett épülettel, ahol annak szellőztetése, átforgatása is megoldható, hiszen a frissen készült apríték nedvességtartalma 50% körül van, tehát az csak szárítást követően alkalmas fűtésre.

2. táblázat: Faapríték besorolása [[www.graffitokft.hu](http://www.graffitokft.hu)]

FAAPRÍTÉK NEDVESSÉGTARTALOM SZERINTI BESOROLÁSA		
<i>Apríték osztály</i>	<i>Nedvességtartalom (%)</i>	<i>Megnevezés</i>
W20	<20	légszáraz
W30	20-30	tárolható
W35	30-35	korlátozottan tárolható
W40	35-40	nedves
W50	40-50	frissen vágott

A légszáraz faapríték nedvességtartalma 15..20%, de nem megfelelő tárolás esetén ennél több is lehet (2.táblázat).

A fa fűtőértéke bár minimális mértékben függ (4-5%) a fafajtól, viszont nagymértékben befolyásolja a nedvességtartalom, ahogy az alábbi 3. táblázatból is kitűnik.

**3. táblázat: Fa nedvességtartalma és fűtőértéke közötti kapcsolat [www.graffitokft.hu]**

<b>A FA TÉNYLEGES NEDVESSÉGTARTALMA ÉS FŰTŐÉRTÉKE</b>	
<b>Bruttó nedvességtartalom %-ban</b>	<b>Fűtőérték (MJ/kg)</b>
10	14,75
20	13,28
30	10,90
40	9,01
50	7,11

Betároláskor szokásos a mért nedvességtartalom alapján történő elszámolás. A faapríték sűrűsége kisebb, mint a fapelleté, jellemzően ömlesztve szállítják és tárolják. A kisebb térfogatsúly és nagyobb nedvességtartalom okán az apríték fűtőértéke elmarad a fapelletétől.

Az apríték homogén mérete is fontos a szállíthatóság szempontjából. Minél nagyobbak a méretbeli eltérések, annál nehezebb az anyagot mozgatni és elégetni. A méret és az alkalmazható tüzelőberendezés típusa összefügg. Általában az egyszerűbb kazánok homogén nagyságú aprítékot igényelnek, amelyet az aprítógépbe beépített rostával, vagy utólagos rostálással lehet biztosítani. A mérethez tartozik az egyes méretcsoportok részaránya (4. táblázat).

**4. táblázat: Faapríték méret szerinti besorolása ÖNORM M7133 szerint**

APRÍTÉK OSZTÁLY	MEGEGEDETT MÉRETEK				MEGEGEDETT SZÉLSŐÉRTÉKEK	
	<i>max4%</i>	<i>max20%</i>	<i>60-100%</i>	<i>max20%</i>	MAX	
	<i>Apríték méret (mm)</i>				<b>Keresztmetszet (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Hossz (cm)</b>
<b>G30</b>	>1,0	1-2,8	2,8-16	>16	3,0	8,5
<b>G50</b>	>1,0	1-5,6	5,6-31,5	>31,5	5,0	12,0
<b>G100</b>	>1,0	1-11,2	11,2-63	>63,5	10,0	25,0

A tiszta fa hamutartalma 1% körüli, a kéreggel együtt aprított anyagé már 2-4%. Ezt az arányt csak a faanyaghoz keveredő kő, föld, homok és egyéb szennyező anyagok növelhetik. Hamutartalom szerint A1 osztályba sorolják a csekély, 1,0% alatti hamutartalmú, míg A2 osztályba a magas, 1,0-5,0% közötti hamutartalmú aprítékot [www.graffitokft.hu].

Az apríték égetésére különböző teljesítményű égetőt vásárolhatunk, kisebb terek befűtésére használható például a Centrometal (HR) BIO CKP Unit apríték égetője, amelyet 25,40,60, és 100kW teljesítménnyel kínálnak.

A faapríték tüzelés csak akkor éri meg, ha a felhasználás közvetlen közeléből (max. 5 ... 30km) érkezik a tüzelőanyag, ekkor olyan kedvező a szállítási költség, hogy megéri a magasabb beruházási költség.

Közepes méretű kazánoknál a korszerű berendezések 82-89%-os hatásfokkal működnek, automatizált üzemvitellel és felügyelettel, minimális élőmunka igénnyel. A korszerű rendszereknél az élőmunka igény a tüzelőanyag feltöltéséből és a rendszer időszakos ellenőrzéséből áll.

A faapríték szállításának gyakoriságát a kazán teljesítményének és a siló méretének aránya határozza meg. Ideális esetben üzemelési csúcsideszakban heti egyszeri töltéssel lehet kalkulálni. Ehhez többféle technikai megoldás létezik, leggyakoribb a föld szintje alá süllyesztett siló kialakítása, ahová a szállító kamion könnyen boríthatja be az aprítékot.

#### 4. FAPELLET ELŐÁLLÍTÁSA, PELLETTÜZELÉS

A pellet egy olyan fűtőanyag, amelyet többnyire faforgácsból és fűrészporból préseléssel készítenek. A gyártás során nem használnak kötőanyagot, ezt a feladatot a fában található lignin látja el. Ha a pelletálásra szánt alapanyag nedvességtartalma meghaladja a 10% körüli értéket, akkor a pellet gyártás folyamatát megelőzően szárítani kell az alapanyagot. A szárítás a pelletgyártás és a pellet minősége szempontjából kiemelt jelentőségű, hiszen a 14-15%-os nedvességtartalom már nehézkessé, szinte lehetetlenné teszi a pelletálást. A szárításhoz kisebb feldolgozandó teljesítmény esetén szalagos biomassza szárítót ajánlják, míg kb. 700 kg/óra feletti teljesítmény esetén már dobszáritó alkalmazása javasolt (3. ábra).



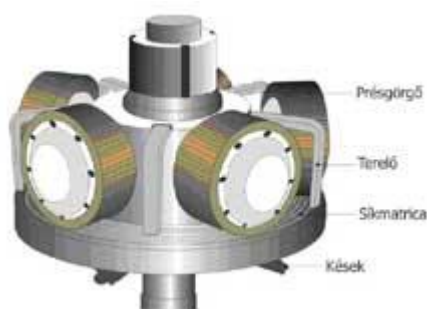
3. ábra: Dobszáritó berendezés[[www.gepkereskedelem.eu](http://www.gepkereskedelem.eu)]



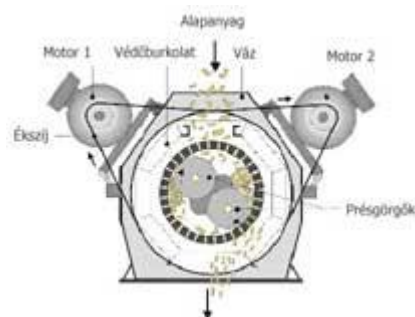
Tekintettel arra, hogy a pellet gyártásához beszállított alapanyag tartalmazhat szennyezőanyagokat (kő, fém stb.), ezért az alapanyag tisztítását is meg kell oldani, mágneses vagy egyéb leválasztó segítségével az idegenanyagot el kell távolítani, még az aprítást megelőzően, különösen, ha újrahasznosított fával dolgozunk. A tisztítást követően az alapanyagot - annak bemenő méretétől függően - egy vagy két lépcsőben finomítjuk. A finom őrlemény egy ciklonon vagy porleválasztón keresztül kerül ideiglenes betárolásra. Az aprítás célja, hogy a beszállított heterogén összetételű és egységmértű alapanyagból elérjük a pelletgyártáshoz szükséges jellemzően 0,5-1,5 mm körüli szemcseméretet.

Mielőtt sor kerülne a préselésre, gőzöléssel kb. 1-2% tömegszázaléknyi vizet adnak a keverékhez. A melegítés biztosítja, hogy a fa lignintartalma felszabaduljon és hozzájáruljon a termékben lévő részecskék stabilabb kötéséhez. A porrá őrölt alapanyag, benne az ilyen módon „felpuhított” ligninnel együtt kerülhet tovább a pelletáló gép présterébe.

A pelletálási folyamat során az alapanyag a görgőkhöz kerül, majd a présgörgők az anyagot átpréselik az ún. matrica furatain keresztül, ami kialakítástól függően lehet sík, vagy gyűrűs matrica (4. ábra). Amikor a kész pellet áthalad a matrica furatain, egy kés a megfelelő hosszúságúra vágja vagy töri. A présgörgő újabb fordulatával újabb adag anyag kerül a matrica lyukaiba, ezáltal préselve pelletté az alapanyagot. A síkmatricás és a gyűrűs matricás pelletálók esetében is cserélhetők a matricák, egy új matrica felhelyezésével akár különböző átmérőjű és hosszúságú pelletek is készíthetők. A jellemző pellet-átmérő általában 6-8 mm, a piaci igényektől függően. Ettől nagyobb méretű anyag már problémásan adagolható automatikusan, így célszerű ebben a méret-tartományban maradni.



síkmatricás pellet gyártó gép



gyűrűs matricás pellet gyártó gép

#### 4. ábra: Pellet gyártó gépek [www.brikettalo.hu]

A présmatrica és a görgők kiemelkedően jó kopásálló anyagból készülnek. A jó matricák ötvözetű edzett krómáccél, a hőkezelésnek köszönhetően a felülete kemény, míg belül erősségét megtartva kellően rugalmas marad. A matrica, a görgők és a vágó-élek időszakonként cseréje szükséges. (A matricák élettartama 1500-2000 üzemóra, míg a görgőké ennek kb. a fele). A gyengébb

alapanyagból készült vagy rosszul hőkezelt, elsősorban távol-keleti gyártóktól származó gépek esetén a matrica és a görgők élettartama az előbbi értékek harmadát sem éri el. A matrica és a görgők anyagminőségén és a tömörítés folyamatán kívül az alapanyag adagolása is döntő jelentőségű. Cél, hogy magas termelékenység mellett egyenletesen alacsony legyen a matrica kopása. A két vagy háromgörgős pelletálóknban hatásosabb adagolás szükséges, így itt centrifugális adagolással, állítható terelőlapok segítségével kerül az alapanyag a görgők felületére. A cél, hogy az alapanyag egyenletes vastagságban terüljön a matrica és a görgők teljes felületére és a görgők egyenletes mértékben préseljék át az alapanyagot a matrica furatain keresztül. A préselési folyamat növeli az alapanyag hőmérsékletét. A pelletáláshoz szükséges nyomásszint az alapanyag fajtája mellett egyéb tényezőktől is függ. Általánosságban igaz, hogy az alapanyag keményfa tartalmának növelése a pellet préselési nyomásának növelését is igényli. A nagyobb nyomást igénylő alapanyagok - a szükségesnél kisebb nyomás beállítása mellett - eltömíthetik a matrica furatait, és a pelletálás folyamatának megszakadásához is vezethetnek.

Az elkészült termék még meleg (90 °C körüli), ezért a kissé képlékeny pellet egy levegős hűtőrendszeren jut keresztül, hogy lassan érje el a környezeti hőmérsékletet. A hűtési fázis növeli a pellet szilárdságát, és csökkenti a porképződést lehetőségét a további kezelés és anyagmozgatás során. A hűtőberendezések működési elvük szerint lehetnek: vízszintes vagy függőleges anyagáramúak. A függőleges anyagáramú hűtőberendezéseknél a hűtőlevegő iránya lehet keresztáramlásos vagy ellenáramlásos. Az ellenáramú léghűtés során a pellet és a hideg levegő egymással szemben áramlik, így az egyre felmelegedő levegő mindig a legmelegebb pelletet hűti – és fordítva. Az ellenáramú hűtés a pellet fokozatos, lassú lehülését eredményezi, csökkentve a hirtelen hőmérsékletváltozásra fellépő minőségromlás veszélyét.

Amennyiben szükséges, a hűtött pelletek közvetlenül a morzsázó berendezésbe üríthetők, majd az osztályozóba kerülnek, ahonnan a törmelék közvetlenül a pelletvonalra visszavezethető, az ép pelletek pedig a további követelményeknek megfelelően leüríthetők, bezsákolhatók vagy utótárolókban az elszállításig tárolhatók.

A kész pellet a vevői igények figyelembe vételével 15-25 kg-os, vagy 1m<sup>3</sup>-es zsákokban (big-bag), illetve ömlesztett kiserelésben (tartályban) kerül forgalomba. A kisebb zsákos kiserelés fajlagosan nagyobb költséggel jár, de előnye a könnyű (kézi) mozgathatóság és a kezelhetőség. A kis zsákos kiserelés azoknál a vevőknél hasznos, akik a pelletet csak kiegészítő fűtési eszközként használják (pl. pelletkandallók esetén). A big-bag kiserelés gazdaságosabb, bár 500-1000 kg-os zsákok mozgatása gépi erőt igényel a felrakásnál és a lerakásnál is. Előnyös nagyfelhasználók (közintézmények, üzemek, gazdaságok) esetén, ahol a szükséges gépi erő egyébként is rendelkezésre áll. Az ömlesztett pellet ponyva alatt szállítható platós vagy konténeres teherautóval is. A felrakás és a kitarolás túlnyomásos levegős szállítással történik. Az ömlesztett pellet a legolcsóbb és leginkább környezetbarát kiserelés.

A fakitermelésnél keletkező hulladékok nagy része 8-10%-os energiáfordítással termelhető ki, és hasznosítható. A Tatai fűtőműben 2db 3,5MW hőteljesítményű kazánt 1998 óta erdei faaprítékkal fűtenek. Az elsődleges fafeldolgozásnál keletkező fűrészpor, kéreg, stb. szárítás utáni brikettálásának fajlagos energiaigénye a bio-tüzelőanyag fűtőértékének mintegy 6-8%-a. A másodlagos fafeldolgozás hulladékából közvetlenül gyártott brikett jó minőségű tüzelőanyag, erre példa a Gyöngyösi Parkettagyárban készített exportképes biobrikett [Páczay].

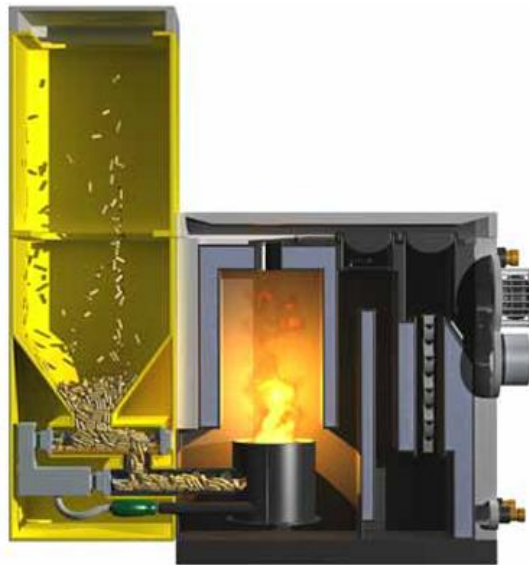
A pellet tüzelésű kazánok alkalmasak családi házak (radiátoros, padlófűtéses), kis lakások, fólia és üvegházak, üzemcsarnokok, műhelyek gravitációs és szivattyús fűtésére. A kazán különbözik a hagyományos fatüzelésű kazánoktól. Egyrészt a hőátadó felülete a többszöröse azoknak, másrészt a kilépő füst hőmérséklete szempontjából is ideális. Pellet tartályra azért van szükség, mert sokkal kényelmesebb 2-4 hetente feltölteni, mint óránként vagy naponta. A pellet tartály lehet egyedi, vagy a kazángyártó által szállított 0,6-1,5m<sup>3</sup> nagyságú, ami 2-4 hétig biztosítja a tüzelőanyagot (5. ábra).

Mindegyik kazántípusra jellemző a teljesen automatikus üzem, azaz a begyűjtés, a pellet adagolása és az égéshez szükséges levegő mennyiség biztosítása a kívánt teljesítmény szerint, mind beavatkozás nélkül történik. A drágább készülékek esetében a kazán tisztítása és az égéstermék, azaz hamu kiszállítása is automatikusan történik.

Pellet tüzelésű kazánál fontos tényező, hogy a fűtési idényre megfelelő és elegendő mennyiségű pelletet tudjunk betárolni, ezért a helyi adottságokat figyelembe véve meg kell tervezni a pellet tárolót is. Amennyiben szűkén állunk a helynek, ideális lehet a kompakt megoldás, amikor a kazánhoz csatolva helyezkedik el a tartály. Ez a megoldás 15kW-os kazán esetén 400literes tárolóval, amelybe 250kg pellet fér, 3-4 hétig látja el a ház fűtését téli időszakban egy feltöltéssel. Ezt is ki lehet egészíteni egy pellet-szívó rendszerrel, amely a tartályt automatikusan feltölti egy tárolóból.

Amennyiben nagyobb hely áll rendelkezésünkre, több megoldás közül választhatunk. Elhelyezhető a pellet a kazánházzal szomszédos helyiségben, ebben az esetben szállítócsiga rendszer látja el az adagolást. A már említett pellet szívó rendszer 25m távolságig és 3m emelőmagasságig képes a pellet-adagolást ellátni, így akár egy föld alatti külső tartályból, vagy silóból is meg lehet oldani az adagolást. Amennyiben a pelletet zsákos kiszerezésben szerezzük be, úgy, pl. a kis kiszerezés (15kg) jól használható családi házak fűtésékor a napi tároló tartály feltöltésére. Ezekben a tartályokban néhány napra elegendő pellet helyezhető el. Ezek a napi tárolós, kis kazánok elvileg szakaszos üzeműek, azaz a hőigény szünet idejére, vagy a tároló kiürülésekor a tűz kialszik. A jobb szabályzórendszerűek ebben az időszakban fenntartanak egy minimális égést, így nem kell őket újra gyűjtani, egyes típusok pedig szabályos leállás után a tartály újratöltése után automatikusan bekapcsolnak.

Egyes készülékek a fűtésrendszert és a meleg víz készítményt is tudják szabályozni. Bármelyikre jellemző, hogy helyiség termosztáttal kommunikál, azaz csak akkor termeli a hőt, ha arra szükség van.



**5. ábra: Pellet kazán [<http://www.pellet-kazanok.hu>]**

Általában minden kazánra érvényes az, hogy jó minőségű pellettel üzemel biztonságosan. A gyengébb minőségű pellet morzsolódik, a tároló alján fokozatosan összegyűlik a porszerű anyag, ez pedig egy idő után megakadályozhatja az adagoló csiga forgását. Szintén a rossz pelletre jellemző, hogy az égéstermék a magas hőmérséklet miatt salakosodik, ez pedig ha az égőtálban van akkor rontja az égést esetleg megakadályozza a begyűjtést.

A pellet tüzelő kazánok, elsősorban gazdaságossági szempontok miatt csak a kis teljesítménytartományban (8...40kW) elterjedtek. E fölött inkább apríték-tüzeléses használatos. A pellet kazánok legtöbbje alkalmas meghatározott mérethatárok közötti faapríték eltüzelésére is, de egyes országokban alacsony értékű gabona-magvak tüzelésére is használják.

A kazán méretének megválasztásakor alapvetően a következő szempontokat kell figyelembe venni:

- a fűtendő épület légköbmétere
- épület szigetelése
- nyílászárók szigetelése
- az épületben kívánt hőfok
- az épület helye kitettség szempontjából

Hozzávetőlegesen megállapíthatjuk a szükséges teljesítményt, ha tudjuk a létesítmény fűtendő köbméterét és azt 35–50 W-tal szorozzuk (a ház szigetelésétől függően, ahol a hőszigeteléssel nem rendelkező, "huzatos" nyílászáros épületnél ezt 50-nel, megfelelően szigetelt épületnél 35-tel szorozzuk (vagy e két értékhez viszonyítva egy megfelelő értékkel), megkaphatjuk kW-ra váltva a körülbelüli kazán méretet.

Például egy 100 m<sup>2</sup> alapterületű, 2,70 cm belmagasságú, megfelelően szigetelt épület fűtendő légmennyisége  $100 \times 2,7 = 270 \text{ m}^3$ . A hőszigetelési fokozat igen jó, ezért a legalacsonyabb szorzót alkalmazzuk,  $270 \times 35 = 9450$ , azaz kb. 10 kW teljesítményre van szükségünk az épület fűtéséhez.

Egy másik 150 m<sup>2</sup> alapterületű, 2,8 belmagasságú, szigetetlen épületben a  $150 \times 2,8 = 420$  értéket, a szigetelés hiánya miatt, a legmagasabb szorzóval szorozzuk.  $420 \times 50 = 21000$ , azaz kb. 22 kW fűtési teljesítményű kazánt kell terveznünk. Természetesen ezek elnagyolt számítások, egyéb faktorok figyelembe vételével pontosabban kiszámolható a kazán teljesítmény.

## 5. FŰTÉSI KÖLTSÉGEK BIOMASSZA ÉS FÖLDGÁZ FELHASZNÁLÁSÁVAL

Néhány tüzelőanyag jellemző tulajdonságait az alábbi táblázatban foglaltam össze. Fűtőértéket tekintve a faapríték áll a legrosszabban, ám a minimális előkészítési igénye miatt az ára nagyon kedvező, a többihez képest, erről a következő 5. táblázat ad információt.

5. táblázat: Tüzelőanyagok jellemzői

TÜZELŐANYAG	FŰTŐÉRTÉK	EGYSÉG- ÁR	ÁR (FT/MJ)	KAZÁN HATÁSFOK (%)
<b>Faapríték</b>	14MJ/kg	14Ft/kg	1	85
<b>Fapellet (DIN A2 szabvány minőség)</b>	18,5MJ/kg	60Ft/kg	3,24	85
<b>Földgáz</b>	34MJ/m <sup>3</sup>	120Ft/m <sup>3</sup>	3,47	100

**Földgáz ára:** Tegyük fel, hogy egy 150m<sup>2</sup>-es családi ház gázfogyasztása éves szinten 2200m<sup>3</sup> (saját tapasztalat). Ennek éves költségei a Tigáz Zrt. árszabása szerint a következőképpen alakulnak (6. táblázat).

1200m<sup>3</sup>-ig a 20m<sup>3</sup>/h mérővel rendelkező egyedi fogyasztóknak a földgáz m<sup>3</sup> ára 3,022 Ft. Az 1200m<sup>3</sup> fölötti fogyasztást 3,477 Ft/m<sup>3</sup> áron kapjuk meg. A fogyasztónak kell megfizetnie ezen felül a tagi hozzájárulást, mely 0,0605Ft/m<sup>3</sup>, az energiaadót, mely 0,0885 Ft/m<sup>3</sup> és az általános forgalmi adót, 25%. Ehhez jön még az éves alapidő, mely 12000 Ft+ÁFA. A számítások a nyomáskorrekciót nem veszik figyelembe.

**6. táblázat: Földgáz fogyasztás alapján a fűtési költség alakulása (Tigáz Zrt. áraival)**

	Mennyiség (m <sup>3</sup> )	Fűtőérték mJ/m <sup>3</sup>	Elszámolt mennyiség (mJ)	Egységár (Ft/mJ)	Nettó fizetendő (Ft)	Bruttó fizetendő (Ft)
<b>Fogyasztás</b>	1.200	34	40.800	3,022	123.297,6	
	1.000	34	34.000	3,477	118.218	
<b>Tagi hozzájárulás</b>			74.800	0,0605	4.525,4	
<b>Energiaadó</b>			74.800	0,0885	6.619,8	
<b>Éves díj</b>					12000	
<b>Összesen:</b>					264.660,8	<b>330.826</b>

Pellet tüzelés esetén (7. táblázat) átlagosan úgy számolnak, hogy 1m<sup>3</sup> földgázt 2kg pellettel lehet kiváltani. Ha viszont a fűtőértéket, tehát a 74800 MJ-t vesszük alapul, akkor 85%-os hatásfokkal számolva éves szinten a 2200m<sup>3</sup> földgáz fogyasztás 4757kg pellettel váltható ki. Így 45.000 Ft. körüli megtakarítás érhető el.

**7. táblázat: Pellet fogyasztás alapján számolt fűtési költség**

Mennyiség (kg)	Fűtőérték MJ/kg	Bruttó egységár (Ft/kg)	Bruttó fizetendő (Ft)
4757	18,5	60	<b>285.420</b>

Faaprítékkal történő tüzelésnél (8. táblázat) a szükséges 74.800 MJ energiát 85%-os kazán hatásfokkal (és így 12MJ/kg hasznosítható hővel) számolva 6233kg faapríték elégetésével biztosíthatjuk.

**8. táblázat: Faapríték fogyasztás alapján számolt fűtési költség**

Mennyiség (kg)	Fűtőérték MJ/kg	Bruttó egységár (Ft/kg)	Bruttó fizetendő (Ft)
6233	14	14	<b>87.262</b>

A fenti táblázatok értékeinek összehasonlításakor láthatjuk, hogy földgázzal éves szinten a jelenlegi árszabás mellett 330.826 Ft, pellet tüzeléssel 285.420 Ft, míg faaprítékkal csupán 87.262 Ft-

ba kerül a példában említett családi ház fűtése. Természetesen a beruházási költségek között is van különbség.

Tekintettel arra, hogy a különböző fűtésrendszerek között a lényegi különbséget a kazán és a tartozékai jelentik, a fűtőtestek és a kiegészítő rendszerek kialakításában nincs nagy különbség, a következőkben csupán a kazánok beruházási értékeit hasonlítom össze.

150m<sup>2</sup> – es lakásnál, 2,7m belmagassággal számolva 405 m<sup>3</sup>-t kell fűteni. Ha léghőméterenként 40W hőteljesítménnyel számolunk (nem túl jól szigetelt épület lévén) akkor 14175W=14,175kW szükséges a fűtéshez. Ez alapján egy max 20kW-os kazán elég kell legyen.

Az egyszerűbb összehasonlítás érdekében az alábbiakban mind kondenzációs gázkazánok, mind pellet, mind faapríték kazánok árfekvését igyekszek megadni, azzal a megjegyzéssel, hogy minden típusnál kerestem alacsonyabb és magasabb árfekvésű kazánt is (9. táblázat, 2011. év végi adatok).

**9. táblázat: Kereskedelmi forgalomban lévő kazánok bruttó árai**

KAZÁN TÍPUS	BRUTTÓ ÁR
<b>Kondenzációs gázkazánok</b>	
Vaillant VU186/3-5 E 19,5kW	522.500 Ft
Beretta Mynute Green 25kW R.S.I.	239.075 Ft.
Ariston Genus Premium System 24kW	514.913 Ft.
Bosch Condenz 3000W ZSB 21,8kW	403.750 Ft
Westen Star Digit 1.240 Fi 25kW	312.500 Ft
<b>Pellet kazánok</b>	
Fröling P4 Pellet20 teljesen automata 20kW	3.864.150Ft.
Ferolli GFN5 19,4kW	471.049 Ft
Atmos P21 19,5kW	500.512 Ft
Biodon 27kW pellet kazán	1.482.000 Ft
Mini Bio automata pellet kazán 20kW	1.035.300 Ft
<b>Apríték tüzelésre alkalmas kazánok</b>	
EKO KARBON kazán 25kW	797.500 Ft
Zselic-30 félautomata kazán	900.000 Ft
Futura BIO 25kW	1.268.750 Ft
Herz Firematic 20kW	3.645.000 Ft

Pellet kazánoknál az olcsóbb, egyszerűbb max. 20 kW teljesítményű készülékek ára átlagosan nettó 1,3 millió Ft, viszont ez az összeg az összes beépítéshez javasolt és szükséges szerelvények árát

is tartalmazza. A prémium kategóriás teljesen automata kazánok árfekvése magasabb. Az alap készülékek ára, amelyek feltöltése kézzel történik, nettó 2,2-2,5millió Ft, ha nagyobb tárolót és speciális adagoló szerkezetet kérnek hozzá az ár akár nettó 3,5-4,0 millió Ft is lehet.

Az apríték kazánok szintén jellemzően 1 M Ft fölött kezdődnek, ám a választás előtt itt figyelembe kell venni, hogy rendelkezünk-e elegendő hellyel, valamint be tudjuk-e szerezni megbízható forrásból az alacsony nedvességtartalmú alapanyagot.

Azt, hogy ha földgáz helyett alternatív tüzeléses rendszert választunk mikor fog megtérülni a magasabb beruházási költségünk, megítélésem szerint egyértelműen nem lehet kiszámolni, csak akkor, amikor már döntöttünk egy bizonyos kazán típus mellett, és még akkor is kockázatot jelent, hogy nem tudhatjuk, a biomassza árai nem fognak-e a jövőben épp úgy megnövekedni, mint minden más tüzelőanyag. Jelenlegi becslések alapján, ha egy átlagos felszereltségű, nem prémium minőségű kazánt vásárolunk, akkor kb. 5-6 év alatt behozza az árát.

## 6. ÖSSZEFOGLALÁS

A biomassza alapú, azon belül is az energiaültetvényről származó fa fűtésre történő felhasználása jó alternatívát nyújt más tüzelőanyagokkal szemben, annál is inkább, mert ellentétben a földgázzal és a szénnel, ez esetben megújuló energiaforrást használunk föl. A legegyszerűbb felhasználási módja az energiafának az, ha egyszerűen akkora méretűre vágjuk, amely befér a kazánba, és úgy égetjük el. Ez a megoldás nagyobb intézmények, iskolák, középületek fűtésére kiválóan alkalmas lehet, viszont kényelmetlen olyan szempontból, hogy állandó emberi felügyeletet igényel, mert kézzel kell „megrakni”, még ha ezek után a korszerű kazánok már elektronikai vezérléssel szabályozzák is az égést. Nagyobb kényelmet biztosítanak a faapríték kazánok, amelyek szintén nagy teljesítményre képesek, az alapanyag ár ekkor azonban már magasabb, hiszen az energiaültetvényről betakarított fát aprítani és szárítani is szükséges, így viszonylag nagy tárolóhely is szükséges hozzá. A faapríték tüzelés költségei azonban még mindig jóval alul maradnak a földgáz tüzeléssel szemben. Jó alternatíva a pellettüzelés, ám ekkor az aprítás és szárítás költségén túlmenően a pelletgyártás energiaigényét is meg kell fizetni. Számos kazán egyaránt alkalmas apríték és pellettüzelésre is. A pellet is automatikusan adagolható, de költségtakarékos megoldásként kézzel is betölthető a legkevesebb 2-3 napra elegendő mennyiség a kazán tárolójába. A nagyobb térfogatsúly és a kisebb nedvességtartalom miatt nagyobb fűtőértékkel rendelkezik, mint ugyanannyi faapríték, így a szükséges mennyiség tárolása kisebb helyet igényel. A pellettüzelés költségeit tekintve még mindig kevesebb, mint a földgázé, annak ellenére, hogy közel ugyanolyan kényelmi szintet képvisel. Nem elhanyagolható tétel a megfelelő kazán kiválasztása sem, mind a szükséges teljesítményt, mind a minőségi szempontokat figyelembe kell venni, valamint azt, hogy milyen előkészítésen átesett tüzelőanyaggal fogjuk üzemeltetni.



Egy vidéki kistelepülésen, ahol saját földeken termesztik az energiafát, mindhárom alternatíva rendelkezik előnyökkel és hátrányokkal is. A szállítási költségeket ez esetben nem kell figyelembe venni, így az előállítás költségei, és a kényelmi szempontok kerülnek előtérbe. Ki-ki a saját igényei és persze anyagi lehetőségei szerint választhatja meg a számára kedvezőbb fűtési módot.

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

*"A tanulmány/kutató munka a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 jelű projekt részeként – az Új Magyarország Fejlesztési Terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg"*

## FELHASZNÁLT IRODALOM

**Gyuricza Cs.:** Fás szárú növények termesztése energetikai célra, Biohulladék, 2. évfolyam 4. szám, 2007

**Gyuricza Cs.:** Fás szárú energianövények termesztése: a növénytaplálás módszerei, Biohulladék, 6. évfolyam, 2. szám, 2011

**Marosvölgyi B. 2003:** A biomassza termesztése, jellemzői és energetikai hasznosítása. In: A biomassza hasznosítása a hőtermelésben – Energiatermelő kistérség, Körmendi Faapríték-fűtőmű, Körmend.

**Nagy, S.:** Hulladék biomassza aprítása/Comminution of waste biomass material, BIOhulladék/BIOwaste 3-4/2008, 37-44.

**Páczay Gy.:** Energiatermelés egyetemi jegyzet,

<http://www.kankalin.bme.hu/Dok/eloadasok/energiatermeles/energia7.pdf>

**Pápai A. 2007:** Gyorsan növő, nagyhozamú magyar energiafűz fajta – Salix Express. Bioenergia 2./6. pp. 31–33.

**Rénes J. 2008:** Fás szárú energiaültetvények a gyakorlatban II. Bioenergia 3./4. pp. 16–19.

**Sulyok D.-Megyes A. 2006a:** Energiatermelés faültetvényből származó energiából III. Agrárágazat 7./6. pp. 64–67.

**Sulyok D.-Megyes A. 2006b:** Energiatermelés faültetvényből származó energiából V. Agrárágazat 7./7. p. 18.

**Szemmelveiszné H. K., Szűcs I., Palotás Á. B., Winkler L.:** Biomasszák és hulladékok erőműi hasznosítása; Mechatronika, Anyagtudomány, Miskolc, Vol.1.No. 3 (2007) pp.51-62

[www.brikettalo.hu](http://www.brikettalo.hu)

[www.energiafu.hu](http://www.energiafu.hu)

[www.graffitokft.hu](http://www.graffitokft.hu)

[www.tigaz.hu](http://www.tigaz.hu)

<http://www.pellet-kazanok.hu>

[http://www.ddkkk.pte.hu/~bnemet/Hull-Fiz/HulFiz-08-9-szilard\\_BM\\_tuzeles.pdf](http://www.ddkkk.pte.hu/~bnemet/Hull-Fiz/HulFiz-08-9-szilard_BM_tuzeles.pdf)

[http://jno.hu/hu/af/jno-420-2011\\_hulladek\\_egetes.pdf](http://jno.hu/hu/af/jno-420-2011_hulladek_egetes.pdf)

[www.gepkereskedelem.eu](http://www.gepkereskedelem.eu)