

Miskolci Egyetem  
Műszaki Földtudományi Kar  
Nyersanyagelőkészítési és Környezeti Eljárástechnikai Intézet

**A NÖVÉNYI BIOMASSZA ENERGETIKAI  
FELHASZNÁLÁSA KÜLÖNÖS TEKINTETTEL A  
PELLETEZÉSRE ÉS BRIKETTÁLÁSRA**

**THE USE OF PLANT BIOMASS IN THE  
SECTOR OF ENERGY WITH SPECIAL  
REGARD TO THE PELLETING AND  
BRIQUETTING**

**TDK**

**Szerző:** Szabó Ferenc

Miskolci Egyetem

Környezettechnikai szakirány

2010- es évfolyam

**Konzulens:** Nagy Sándor

Tanszéki mérnök

**Miskolc, 2012**

## Eredetiségi nyilatkozat

### Eredetiségi nyilatkozat

*"Alulírott XY, a Miskolci Egyetem Műszaki Földtudományi Karának hallgatója büntetőjogi és fegyelmi felelősségem tudatában kijelentem és aláírásommal igazolom, hogy ezt a dolgozatot saját magam készítettem, a benne leírt vizsgálatokat – ha ezt külön nem jelzem – magam végeztem el, és az ismertetett eredményeket magam értem el. Adatokat, információkat csak az irodalomjegyzékben felsorolt forrásokból használtam fel. Minden olyan részt, melyet szó szerint, vagy azonos értelemben, de átfogalmazva más forrásból átvettem, egyértelműen, a forrás megadásával megjelöltem."*

Miskolc, 2012 11. 28.

.....

a hallgató aláírása

## A konzulens nyilatkozata

### Konzulensi nyilatkozat

*"Alulírott XY, a Miskolci Egyetem Nyersanyagelőkészítési és Környezeti Eljárástechnikai Intézetének tanszéki mérnöke a TDK dolgozatot beadásra alkalmasnak ítélem."*

Egyéb megjegyzések, ajánlás:

Miskolc, 2012 11. 28.

.....

a konzulens aláírása

## TARTALOMJEGYZÉK

|                                                                        |      |
|------------------------------------------------------------------------|------|
| 1. BEVEZETÉS.....                                                      | 1 -  |
| 2. A BIOMASSZA - SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS.....                          | 3 -  |
| 2.1 BIOMASSZA .....                                                    | 3 -  |
| 2.2 TÖRTÉNELEM – VISSZATÉRÉS A KEZDETEKHEZ.....                        | 4 -  |
| 2.3 A BIOMASSZA HASZNOSÍTÁSI LEHETŐSÉGEI ÉS AZOK JELLEMZŐI ....        | 6 -  |
| 2.4 NÉHÁNY ENERGIA TERMELÉSRE IS HASZNÁLHATÓ NÖVÉNY<br>BEMUTATÁSA..... | 9 -  |
| 2.5 BIOMASSZA TÜZELÉS ELŐNYEI .....                                    | 10 - |
| 2.6 A BIOMASSZA TÜZELÉS HÁTRÁNYAI.....                                 | 11 - |
| 2.7 MAGYARORSZÁGI VONATKOZÁSOK.....                                    | 12 - |
| 3. A PELLETEZÉS ÉS A BRIKKETÁLÁS BEMUTATÁSA.....                       | 14 - |
| 3.1 PELLETEZÉS .....                                                   | 14 - |
| 3.2 BRIKKETÁLÁS .....                                                  | 15 - |
| 3.3 BRIKETTÁLÓ GÉPEK ÉS JELLEMZÉSÜK.....                               | 16 - |
| 3.4 PELLETTÁLLÓ GÉPEK ÉS JELLEMZÉSÜK.....                              | 19 - |
| 4. MÉRÉSHEZ HASZNÁLT GÉPEK .....                                       | 21 - |
| 4.1 APRÍTÁSHOZ HASZNÁLT GÉPEK ÖSSZEHASONLÍTÁSA.....                    | 21 - |
| 4.1.1 RETSCH VÁGÓ MALOM.....                                           | 21 - |
| 4.1.2 FÜGGŐLEGES TENGELYŰ VÁGÓMALOM.....                               | 23 - |
| 4.2 INTÉZETI SÍKMATRICÁS PELLETTÁLÓ.....                               | 25 - |
| 4.3 INTÉZETI DUGATTYÚS PRÉS .....                                      | 26 - |
| 5. MÉRÉSEK ÉS EREDMÉNYEK .....                                         | 27 - |
| 5.1 FELHASZNÁLT BIOMASSZA ISMERTETÉSE .....                            | 27 - |
| 5.2 PELLETT KÉSZÍTÉSI KÍSÉRLETEK.....                                  | 27 - |
| 5.3 BRIKETT KÉSZÍTÉSI KÍSÉRLETEK .....                                 | 28 - |
| 6. ÖSSZEGZÉS .....                                                     | 32 - |
| 7. IRODALOMJEGYZÉK .....                                               | 35 - |
| 8. MELLÉKLET.....                                                      | 37 - |

# 1. BEVEZETÉS

*„Az erdőnek és teremtményeinek - növényeknek és állatoknak egyaránt - olyan jelentőségük van, amivel mi Nyugaton nemzedékekkel ezelőtt elvesztettük a kapcsolatot. Ez a kapcsolat (vagy inkább függés) éles ellentétben áll az állam akaratával, szeszélyes és ijesztően alapos környezetpusztításával.”*

John Vaillant [14]

A kanadai író, szavai alapján két alapvető gondolat ragadt meg bennem. Az első az, amelyről a TDK dolgozatomat írtam. Ez pedig nem más, mint a természetben rejlő erő. Természetesen nem az időjárásról vagy a 20 – 30000 A áramerősségű légköri kisülésekről szeretnék beszélni, hiszen az egy teljesen más szakma. Az én témám a növényi biomasszából felszabadítható energia.

A minket körülvevő természet olyan energetikai nyersanyagot szolgáltat, melyet gyakran hulladéknak, szükségtelen mellékterméknek tartunk. A növekvő energia árak illetve az eladósodott országok (köztük Magyarország) energia függősége pedig egyre sürgősebbé teszi új, környezetbarát energiai források felismerését, fejlesztését.

Magyarországnak nagyszerű mezőgazdasági termőterületei vannak, melyek erre a célra is felhasználhatóak lennének. Az Európai Unió és általában a világ részéről pedig állandó kérdés a környezetvédelem, pontosabban a környezet szennyezés visszaszorítása. A káros anyag emisszió csökkentése, a hulladék újrahasznosítás és a fosszilis energiahordozók egyeduralmának megtörése.

Azért választottam ezt a témát, mert szerintem érdemes foglalkozni a biotüzelőanyagok energetikai szerepével. Igyekszem olyan aktuális kérdéseket vizsgálni, melyek nem 10 – 20 éves időtartamra vonatkoznak, hanem napjainkban is megtérülő befektetések lehetnek.

A második gondolat az idézet alapján, az állami támogatás szükségessége. Minden innováció magában hordozza a befektetés fogalmát, mely lehet energia, munka, de leginkább pénz. Az állami támogatások, pályázatok elengedhetetlenek a környezetbarát energiai termelés elterjedéséhez.

Kiemelten foglalkozok a pelletézéssel és a brikketállással, mert ezekkel az eljárásokkal, megfelelő beállítás mellett, olcsó, jó minőségű terméket állíthatunk elő. A technológiai fejlesztések segítségével igazodhatunk a piaci igényekhez, ami lehetővé teszi

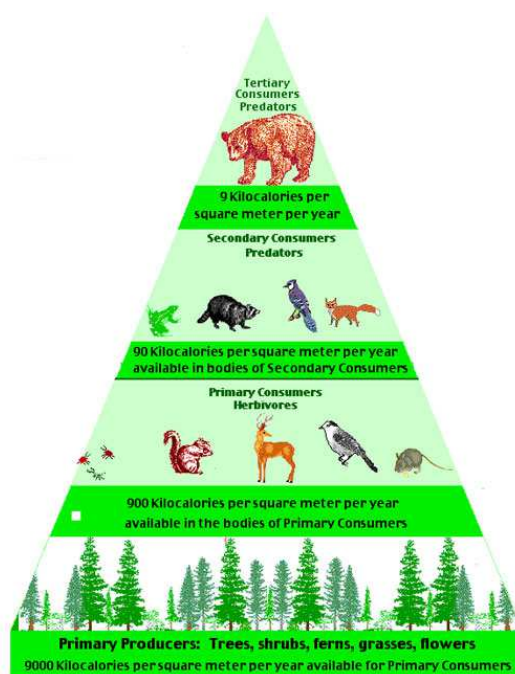
a széleskörű elterjedést. Megvizsgálom a különböző gyártók pelletáló és brikettáló berendezéseit és összehasonlítom őket kiemelt szempontok alapján.

Az energia árrobbanások pedig szintén anyagi indíttatásúak. A kérdés talán nem is az, hogy fontosnak tartjuk-e a környezetvédelmet, hanem az, hogy megengedhetjük-e magunknak. A megoldás tehát az olcsó, de még is környezetbarát energiatermelés.

## 2. A BIOMASSZA - SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

### 2.1 BIOMASSZA

A biomassa élő és élettelen szervezetek valamint a belőlük származó szerves vegyületek összessége. Biológiai eredetű szervesanyag-tömeg, a szárazföldön és vízben található élő és nemrég elhalt szervezetek (növények, állatok, mikroorganizmusok) testtömege. Az ipari szintű üzleti tevékenység (növényi, állati feldolgozó ipar, fafeldolgozó ipar, ács műhelyek, építőipar, stb.) által keletkező melléktermék. Az eredeti felhasználás szempontjából nem hasznosítható biológiai eredetű hulladék anyag. Az ember testtömegét nem szokás biomasszának nevezni.



1. ábra: A biomassa tömegarányos eloszlása [21]

Keletkezésének folyamata a produkcióbiológia fő témája. Ennek felmérését szolgálta a Nemzetközi Biológiai Program (IBP) világméretű akcióorozata, amelyben hazánk is részt vett.

Az általános vizsgálatának megkönnyítése érdekében a biomassa, mint fogalom tovább bontható. A keletkezésének eredete alapján a növényi eredetű biomasszát fitomasszának, az állati eredetűt zoomasszának nevezik. A termelési felhasználási láncban elfoglalt helyük alapján elsődleges, másodlagos és harmadlagos biomasszát különíthetünk el.

Elsődleges biomasszán a természetes vegetációt értjük, melynek alkotói a szántóföldi növények, erdő, rét, legelő, kertészeti növények, vízben élő növények. Az állatvilág vagyis a gazdasági haszonállatok összessége, továbbá az állattenyésztés főtermékei, melléktermékei és hulladékai alkotják a másodlagos biomasszát. A harmadlagos biomasszának azokat a biológiai eredetű anyagokat értjük, melyek már átestek bizonyos mértékű átalakuláson, mint a felhasználó iparok termékei, melléktermékei és hulladékai, de ide soroljuk az emberi települések szerves eredetű hulladékait is.

A biomassza kategorizálásának, feltérképezésének, ismeretének fontossága a hasznosítása miatt lényeges. Felhasználásának fő ágai az élelmiszertermelés, a takarmányozás, az energetikai hasznosítás és az agráripari termékek alapanyaggyártása. Minden felhasználási lehetőséggel külön iparág foglalkozik.

A biomassza energiatermelésben történő hasznosítása az elégetésén alapul. Az eredményt azonban nemcsak az anyagi minőség, hanem az előkészítés és az égetés módja is befolyásolja. A biomasszát brikettálás vagy pelletezés által agglomerálhatjuk, anaerob rothasztás által biogázt állíthatunk elő belőle vagy felhasználhatjuk bioetanol készítéséhez.

*„Hazánkban évente kb. 53 millió tonna szerves anyagot termelnek a vadon élő és gazdasági növények (szárazanyagban), amelynek több mint fele melléktermék, illetve hulladék. Ezek hasznosítására igen sok lehetőség kínálkozik: talajjavítás, trágyázás, energianyerés, takarmányozás, biotechnológiai hasznosítás, kémiai átalakítás (ipari nyersanyagként) stb. ezek jobb kiaknázása a következő időszak kulcsfontosságú feladatai közé tartozik. (Környezetvédelmi Lexikon)”*

A fejezetben felhasznált szakirodalom: [1,2,16]

## **2.2 TÖRTÉNELEM – VISSZATÉRÉS A KEZDETEKHEZ**

Az írásbeliség megjelenése óta tudjuk, hogy az energiatermelés, még ha nem is a ma használt formában, de nagyon jelentős szerepet töltött be az emberiség történelmében. Energiatermelés, tüzelőanyagok által. Szükségünk van rá, segítségével láthatunk a sötétben, védelmet kapunk a hideg ellen és elkészíthetjük ételeinket. A XVII. századig a tüzelőanyag szó alatt, néhány kivételtől eltekintve, a biotüzelőanyagokat értettük. Persze a tudomány és az emberiség kulturális fejlődése, szellemi növekedése az igényeik növekedését is magával vonzotta.

Az ipari forradalom kezdetén a fát, jobb hatásfoka révén felváltotta a szén. Később megjelentek a korunk legnagyobb energiai függését okozó fosszilis tüzelőanyagok a kőolaj és a földgáz.

A nem megújuló energiai hordozók nevükben hordozzák vesztüket. Felvetődött a kérdés, mi lesz, ha elfogy. A környezetkárosító hatásuk is egyre nagyobb problémát okoz, de a végső elhatározás a 1970-es évek végén a második energiaár-robbanást követően érkezett el.



2. ábra: Fosszilis energiahordozók [I, II, III]

A megújuló energiaforrásokat hasznosító technológiák fejlesztése újra előtérbe került.

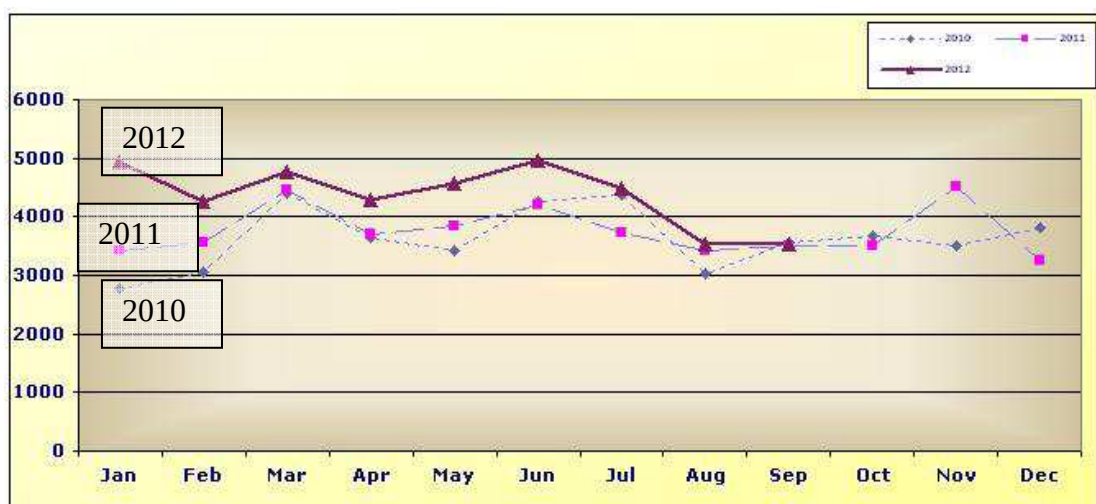
Egyes források szerint az EU területének egy tizedét lehetne energetikai rendeltetésű biomassza termelésre hasznosítani, amely a régió jelenlegi villamos energia szükségletének 20 %-át fedezné. Folyamatos növekedés figyelhető meg szerte a világban.

A fejezetben felhasznált szakirodalom: [16]

## 2.3 A BIOMASSZA HASZNOSÍTÁSI LEHETŐSÉGEI ÉS AZOK JELLEMZŐI

A biomassza energia hasznosításának legelterjedtebb módja az égés, amely hőenergia felszabadulással járó folyamat, a különböző felhasználási területek attól különböznek egymástól, hogy mit, milyen formában és hogyan égetünk el.

A kőolaj árának növekedése az üzemanyag árak növekedését is magában hordozza. A társadalom fejlődésével egyre több személygépjármű jelenik meg az utakon (3. ábra), kényelmesebbé és gyorsabbá téve ezzel a közlekedést. Az egy főre jutó üzemanyag szükséglet tehát növekszik, azonban a magas árak miatt egy-egy gépjármű üzemeltetése nagyon költséges, ezért az olcsóbb üzemanyagok kifejlesztése, illetve használata előtérbe kerülhet a közeljövőben. A bioetanol és a biodízel előállítása a biomassza felhasználás kiemelt részévé válhat, mert az alacsony ár mellett környezetkímélőbb is.

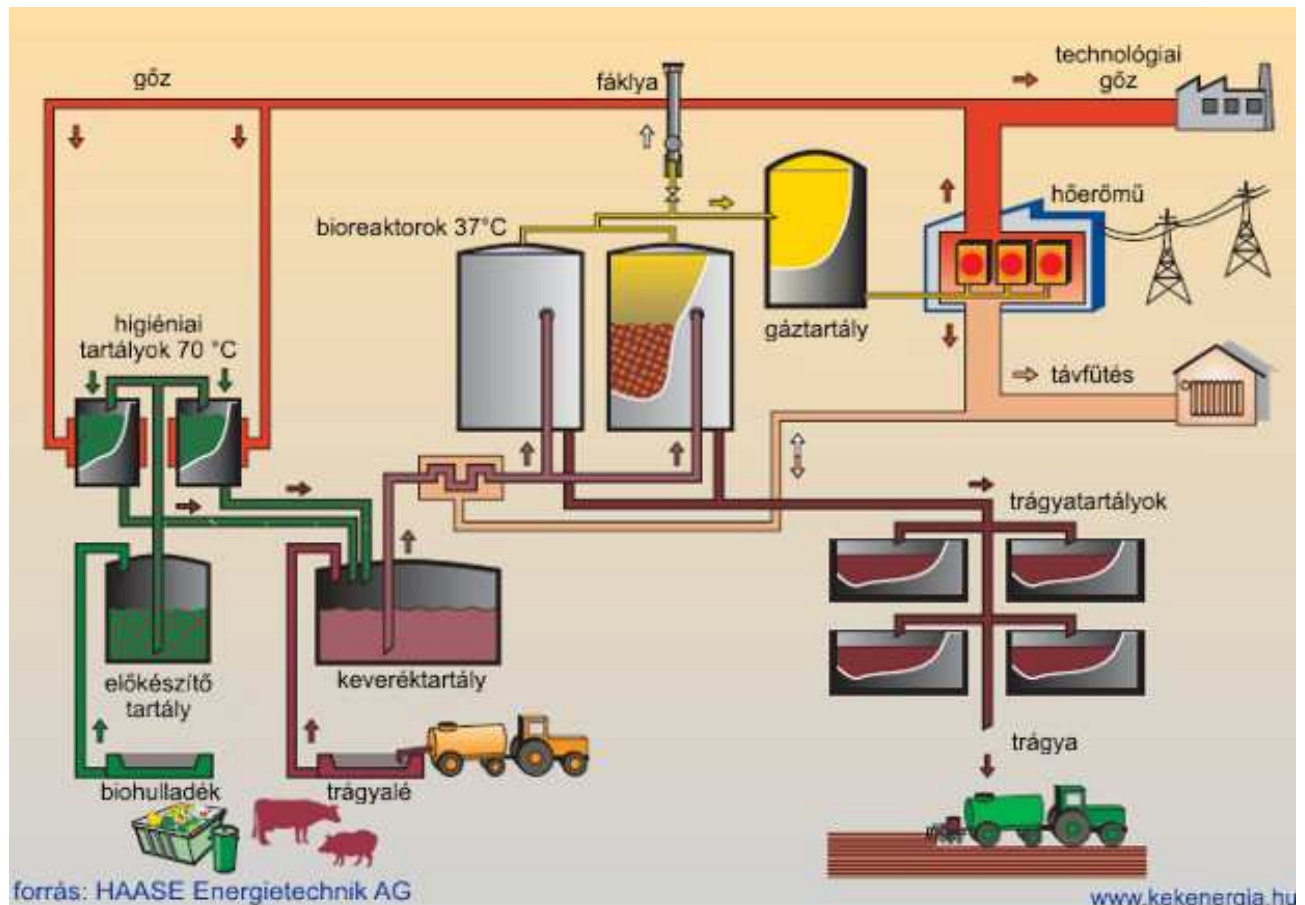


3. ábra: Magyarországi gépjármű forgalomba helyezések száma havi lebontásban [22]

Korunk egyik jelentős problémája, hogy a szaporodó társadalom nagyobb környezeti kockázatot jelent, mivel több ember több hulladékot, szennyvizet termel. Az infrastrukturális fejlődés miatt az egyéni igények is növekednek. A víz és levegőszennyezés mértéke is nő a világ minden táján. A legnagyobb szennyező az ipar, bár itt a törvényi megkötés miatt a káros anyagok nagy részét megszürik, a mezőgazdaságban a különböző permetszerek, növényvédő szerek, műtrágyák talajvízbe mosódása jelenthet kockázatot, és nem feledkezhetünk meg a lakossági szennyezésről sem. A káros anyagok szűrése és deponálása nem megoldás, csupán a probléma csökkentése, feltéve, ha az előírásoknak megfelelően helyezik el. A környezet és az energia szektor számára is a

legjobb megoldást az jelenti, ha az anyagot átalakítjuk és felhasználjuk. Ebben az esetben ez a módszer az anaerób lebontás. Így lehetőséget kapunk „zöld energia” előállítására.

Biogázt nem csak a szennyezők lebontásával, hanem bizonyos, erre alkalmas energia növények lebontásával is előállíthatunk. Tehát a biogáz a biomassza másik felhasználási területe.



4. ábra: A Biogáz előállítás és felhasználás egyik módszere [23]

Bizonyos biomasszák közvetlen módon, átalakítás nélkül is elégethetők (fák, lágyszárú növények, stb.), de a hatékonyság növelése érdekében alkalmazhatunk kisebb-nagyobb átalakításokat. Persze ezek esetében figyelembe kell vennünk, hogy az anyag kémiai-fizikai átalakulása által az égéstermék is eltérhet a természetes állapottól.



5. ábra: Saját készítésű szalma brikettek



6. ábra: Saját készítésű szalma pelletek

Általában a szállítás, adagolás megkönnyítése érdekében tömöríteni szokták az alapanyagot. Mezőgazdasági, faipari hulladékok esetében néhány kivételtől eltekintve, gyakorlatilag nem is lehet gazdaságosan, tömörítés nélkül elégetni az anyagot, a kis szemcseméret miatt. Erre példát a brikettálás és a pelletálás jelent, ezt később önálló fejezetben fogom részletezni.

A biomasszában található szén, hidrogén és egyéb éghető anyagok a közvetlen égés során oxidálódnak. A reakció közben felszabaduló kémiai energia további oxidáció révén hőenergiává alakul át. Ezt a hőenergiát tudjuk hasznosítani. Ha az égést vizsgáljuk, fontos szempont, hogy a felhasznált anyag a reakció során milyen hatásfokkal ég el. A befektetett energia egy része a tüzeléshez használt anyag felmelegítésére, a benne lévő folyadék elpárologtatására fordítódik. A számunkra hasznos energia fűtőértékben kifejezve meg kell, hogy haladja a járulékos veszteséget. Ellenkező esetben, vagy az anyag minősége, vagy az égetés módja, környezete nem megfelelő a gazdaságos működéshez. A korszerű apítéktüzelők esetében a 0,85 – 0,9 hatásfok (85 – 90%) jónak tekinthető. Ráadásul az alacsony károsanyag-kibocsátás miatt nagyon jól alkalmazhatóak, bár kis leterheltséggel nem tanácsos az üzemeltetésük, gazdasági okokból kifolyólag. Önkormányzatok számára viszont tökéletes megoldást jelenthet.

Energiaforrásnak tekinthetőek a mezőgazdasági és erdőgazdasági melléktermékek és hulladékok, az állati eredetű biomassza (pl.: trágya) illetve egyre nagyobb jelentőséggel bírnak az energiatikai célra termesztett növények (pl.: repce, cukorrépa, energiafűz, stb.)

1. táblázat: növények és kémiai – fizikai jellemzőik [4]

| Biomassza    | Kémiai összetevők [%] |     |    |      |      | Fűtőérték<br>[MJ/kg] | Hamu<br>[%] | Illó,<br>éghető<br>[%] |
|--------------|-----------------------|-----|----|------|------|----------------------|-------------|------------------------|
|              | C                     | H   | O  | N    | S    |                      |             |                        |
| Búzaszalma   | 45                    | 6   | 43 | 0,6  | 0,12 | 17,3                 | 5,28        | 74                     |
| Kukoricaszár | 44                    | 5,8 | 40 | 1,3  | 0,12 | 17,5                 | 8,78        | 76                     |
| Fa           | 47                    | 6,3 | 46 | 0,16 | 0,02 | 18,5                 | 0,52        | 85                     |
| Kéreg        | 47                    | 5,4 | 40 | 0,4  | 0,06 | 16,2                 | 7,14        | 75                     |
| Miscantus    | 46                    | 6   | 44 | 0,7  | 0,1  | 17,4                 | 3,2         | 80                     |

Az energia növény alatt olyan fajokat értünk, melyeket az energiatermelésben hasznosítunk, kedvező tulajdonságaik miatt. Kedvező tulajdonság a viszonylagos igénytelenségük, mely lehetővé teszi, hogy olyan termőterületeken is megéljenek, ahol más

kultúrák nem vagy csak nehezen vagy túl nagy anyagi ráfordítás mellett. Illetve a kedvező növekedési ütemük is fontos szempont

A biomassa tüzelőanyagként történő hasznosításának számos előnye van, amely segíti az elfogadtatását és a gazdasági jelentőségének növekedését, de a fosszilis tüzelőanyagokhoz képest hátrányokról is tudunk beszélni. A mai kutatások célja a hátrányok leküzdése.

A fejezetben felhasznált szakirodalom: [1,4,16,15]

## 2.4 NÉHÁNY ENERGIA TERMELÉSRE IS HASZNÁLHATÓ NÖVÉNYE BEMUTATÁSA

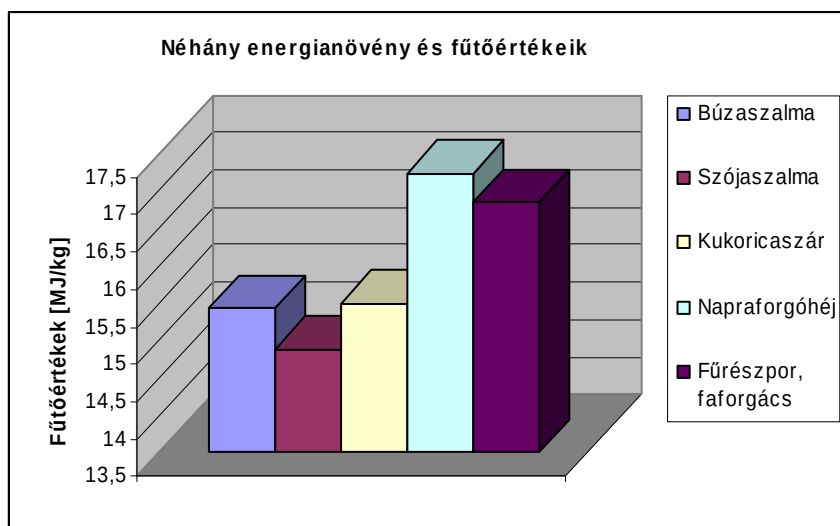
Azokat a növényeket, melyeket elsősorban energia termelés céljára termesztnek, energia növényeknek nevezzük. A mezőgazdasági, faipari melléktermékeket nem soroljuk az energia növények csoportjába, függetlenül attól, hogy később hasznosítják-e őket az energetikában.

Gyakorlatilag bármilyen növény felhasználható lenne erre a célra, így a gazdaságosság alapján szűkítenünk kell a kört. Fontos, hogy többféle termesztési technológia megvalósulhasson, ne igényeljen túl nagy beruházást a meglévő nemzetgazdasági ágból való áttérés, kis gondozási igény mellett, gyorsan fejlődő növény legyen.

A következő táblázat a különböző biobrikettek főbb fizikai és tüzeléstechnikai tulajdonságait tartalmazza, kiemelt összehasonlítási szempont, hogy melyik energianövény milyen adatokkal rendelkezik.

2. táblázat: mezőgazdasági melléktermékek és jellemzőik [2]

| Alapanyag               | Sűrűség<br>[kg/m <sup>3</sup> ] | Nedvességtartalom<br>[%] | Fűtőérték<br>[MJ/kg] | Hamutartalom<br>[%] |
|-------------------------|---------------------------------|--------------------------|----------------------|---------------------|
| Búzaszalma              | 1130 – 1370                     | 6,3                      | 15,42                | 8                   |
| Szójaszalma             | 1310 – 1350                     | 8,7                      | 14,87                | 6,5                 |
| Kukoricaszár            | 1290 – 1310                     | 6,2                      | 15,49                | 6                   |
| Napraforgóhéj           | 1010 - 1300                     | 7,1                      | 17,22                | 3,6                 |
| Fűrészpor,<br>faforgács | 920 - 1110                      | 6,1                      | 16,84                | 1,4 -               |



7. ábra: növények fűtőérték alapján

A fejezetben felhasznált szakirodalom: [2,8]

## 2.5 BIOMASSZA TÜZELÉS ELŐNYEI

- Egy átlagos energianövényből készült tüzelőanyag fűtőértéke a hazai barnaszenekének felel meg (15 500 - 17 200 kJ/kg), de azoknál tisztább.
- A szénégetésnél 15-25%-os hamutartalommal számolhatunk, ehhez képest az energianövényeknél csak 1,5-8%-al. Ez a hamumennyiség később talajjavítás céljára felhasználható.



8. ábra: CO<sub>2</sub> körforgás [24]

- Az ipari tevékenység általi nagy mennyiségű kén emisszió a savas esők legfőbb okozója, a savas esők pedig káros hatással vannak a bioszférára. A biomassza kéntartalma maximálisan 0,1-0,17%, amely a szén kéntartalmának 15-30-ad része.
- A CO<sub>2</sub> kibocsátás nem jelent komoly károsítást a környezet számára, hiszen a felszabaduló gáz egyenlő mennyiségű azzal, amit a tüzelésnél használt haszonnövény az élete során megkötött a fotoszintézis által. Vagyis egy állandó körfolyamatot tarthatunk fenn, mely nem növeli a légköri CO<sub>2</sub> mennyiségét. Persze itt meg kell jegyeznünk, hogy a növény termesztése, feldolgozása és végül az értékesítéshez elengedhetetlen szállítása közben a munkagépek és a gépjárművek termelnek káros anyagokat. Tehát a biotüzelőanyag elégetése nem, de az előállításához szükséges munkafolyamat légszennyező hatású lehet. A megoldást az infrastrukturális fejlesztés jelentheti.
- A kibocsátott szerves gáztartalom is kevesebb a fosszilis energiahordozókhoz képest.
- Gazdasági szempontból is jó befektetést jelenthet, mert megoldást ad élelmiszer-túlermelés következtében felszabaduló földterületek hasznosításnak, illetve állami szinten megoldást jelenthet a szegényebb területek munkahely problémaira.
- A tudatos emberi tevékenység általi növénytermesztés nem befolyásolja olyan mértékben az élővilágot, mint az épített környezet.

A fejezetben felhasznált szakirodalom: [16]

## 2.6 A BIOMASSZA TÜZELÉS HÁTRÁNYAI

- A problémát jelent viszont, jelentős anyagi ráfordítást igényel az átállás a gázkazánok és a biotüzelőanyag égető kazánok között. Ez a befektetés persze idővel megtérül, de olyan épületekben, ahol központi fűtés van, ahol, nem lehet egy-egy lakást külön kapcsolni ott nem is nyílik lehetőség rá. Jelenleg nincs állami támogatás a környezetbarát fűtési lehetőség családi szintű beszerelésére.
- A kényelmi kérdés jelentős hátrányt jelent a földgáz felhasználáshoz képest, mert itt a tüzelőanyagot időközönként pótolni kell. Meg kell vásárolni, házhoz kell szállítani, több munkát igényel. (Bár érdemes számolni azzal, hogy ma 1 m<sup>3</sup> földgázt átlagosan 2 kg fahulladékból előállított pellettel ki lehet váltani, ami lényegesen olcsóbb. A technológiai fejlesztés által már rendelkezésre állnak olyan

pellet tüzelő kazánok, melyek beállítás alapján adagolják a tüzelőanyagokat, így nem szükséges a napi szintű újratöltés [17])

- Az elterjedést az is gátolja, hogy jelenleg még nincs elég tüzelőanyag gyártó üzem, hisz szükséges gépek beszerzése költséges és a felvevő piac hiánya nem jelent azonnali megtérülést.
- A talajokat kimerítheti a biomassza termelése, a tápanyagokat idővel pótolni kell. Ez történhet természetes anyagokkal, trágyázással, de mesterséges vegyszerekkel is. A mesterségesen pótolta anyagok, ha nem megfelelően alkalmazzák, akkor bekerülhetnek a talajvízbe is, ami károsítja a minőségét.
- A energia szektor ellátására történő mezőgazdasági termelés megkezdéséhez, anyagi befektetésre van szükség, hiszen az energianövények eltérő igényekkel rendelkeznek, mint az élelmiszeripari alapanyagok.

Bár a külföldről behozott, olcsó élelmiszer miatt a magyar piac olyan versenyhelyzetbe kényszerült a 2004-es EU csatlakozás óta, mely számos gazdaság számára csőd lehetőséggel veszélyeztet. Számukra megoldást jelenthet, ha más szektorba kezdi meg a termelést.

A fejezetben felhasznált szakirodalom: [16]

## **2.7 MAGYARORSZÁGI VONATKOZÁSOK**

Az I. Világháborút lezáró békeszerződések következtében nemcsak a népesség egy jelentős részét, de gazdag értelepeket és bányavárosokat is elvesztettünk.

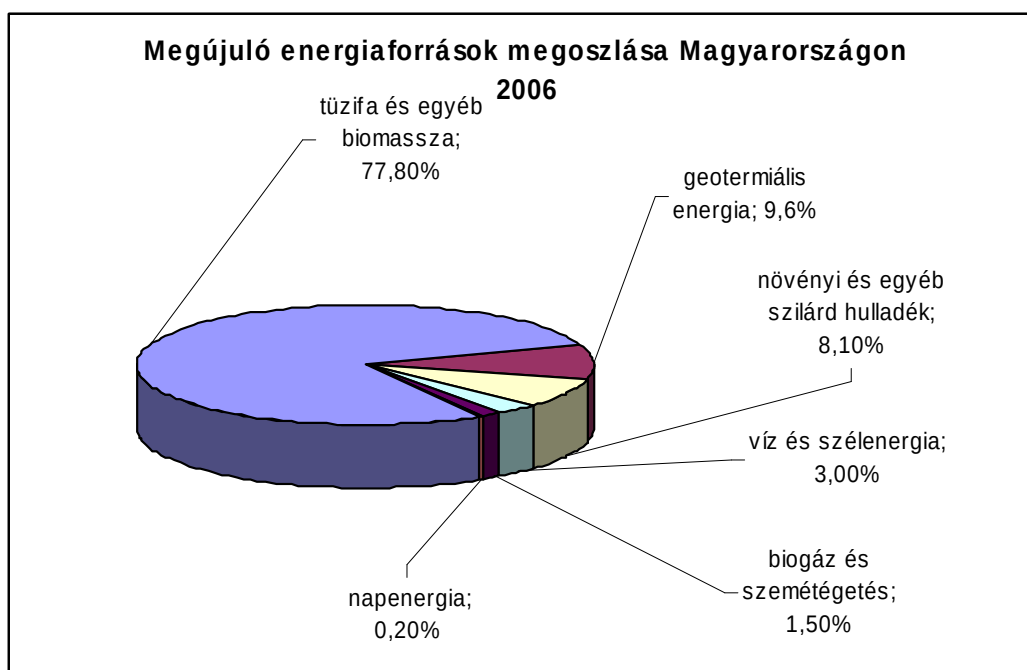
A mai Magyarország számára a mezőgazdasági fejlesztés elengedhetetlen lenne, az elszegényedett területek munkahelyproblémáinak megoldásáért, az export általi bevétel és a nehéz helyzetbe élő családok élelmiszer problémáinak megoldása érdekében.

A bio hulladék energia szektorban történő felhasználása megoldást adhat a környezetszennyezés visszaszorítására, de az üres területek energianövényekkel történő bevetése és folyamatos művelése a gazdasági problémák számára is megoldást jelenthet. Hazánkban reális esélyek kínálóznak ezen források hasznosítására.

Az EU csatlakozást követően 50 000 – 1 000 000 ha-t jelent az élelmiszertermelésből kivont földterület mérete.

Egyes források szerint a megújuló növényi biomassa mennyisége százalékanyagban kifejezve 55-58 millió tonna, Magyarországon, ebből 6-8 tonna szerves anyag felhasználható lenne energetikai célra. Hazánkban a legnagyobb mennyiségű tüzelőanyagként használt biomassa a fa, de jelentős mennyiségű repcével is rendelkezünk, melyet főként bioüzemanyag előállításához használnak.

Jelenleg különféle EU pályázatos segítenek a kis és középmezőgazdálkodások fejlesztésben, de a tartós, nagy mennyiségű energiatermelésre hasznosítható növénytermesztés elősegítésére nélkülözhetetlen az állami beruházás növelése.



9. ábra: Megújulók felhasználása 2006-os adat alapján

A fejezetben felhasznált szakirodalom: [8,16]

### **3. A PELLETEZÉS ÉS A BRIKKETÁLÁS BEMUTATÁSA**

A biomassa felhasználásához elengedhetetlen, hogy bizonyos mértékű átalakításon essen át a tényleges felhasználás előtt. Gazdasági és kényelmi szempontból is elengedhetetlen a darabosítás, mely során az apró szemcseméretű anyagból nagyobb darabokat készítünk. Az eljárás segítségével megkönnyíthetjük a szállítást, ezáltal az eladhatóságát is növeljük, illetve az égés hatásfokát is befolyásolhatjuk. A hatásfokra természetesen nagymértékben hat a biomassa nedvességtartalma, melyet a darabosítási eljárás előtt meg kell határozni. A felhasznált anyag maximális szemcseméretét is be kell állítani aprítás által. Ha az előkészületi munkákat nem végezzük el szakszerűen, illetve nem készítünk előírásoknak megfelelő terméket, akkor rossz minőségű, alacsony fűtőértékű anyagot kapunk. De a túl sok előállítási lépés sem gazdaságos, hiszen az árat felviszi, és azért nem lesz gazdaságos a végtermék. Ezért fontos a szakszerű, pontos előállítás.

Az árat persze az is befolyásolhatja, hogy a tömörítmény előállításához bizonyos esetekben adalékanyagot is használni kell. Az ár mellett a kémiai összetétel is változni fog, ami a károsanyag kibocsátására is hatással lehet. Ezért fontos, hogy ha az adalékanyag hozzáadása elengedhetetlen, akkor is megfelelő körültekintéssel járjunk el.

#### **3.1 PELLETEZÉS**

A biomassa tömörítésének egyik módszere a pelletálás. Korábban az állattenyésztésnél alkalmazták a pelletkészítési eljárást. A takarmányozásnál nagyon jól bevált módszer volt. Azonban kis mérete és kedvezőtulajdonságai miatt nagy mértékben terjedni kezdett a tűzipelletgyártás is. Az 5-10 mm átmérőjű és 10-25 mm hosszú pelletek gyorsan és jó minőségben előállíthatók a megfelelő berendezés szakszerű beállítása mellett. Az egyre modernebb pellet tüzelő kazánok pedig lehetővé teszik a kényelmes adagolást és a nagy hatásfokkal történő eltüzelését. Csigas vagy cellás adagolóval kis teljesítményű berendezések is jól üzemeltethetőek vele. Hátránya azonban a briketthez képest, hogy magasabb nedvességtartalma révén alacsonyabb fűtőértékkel bír.

Az eljárást pelletáló gépben végezzük, melynek alapvetően két típusa van a sík és a hengermatricás pelletáló. Az eljárás megkezdése előtt, amennyiben szükséges, az anyagot

leaprítjuk, majd a leaprított anyagot egyenletesen a gépe adagoljuk, melyben folyamatos mozgást végző járókerekek (görgők) vannak, ezek préselik át a matricán és közben őrlik is a biomasszát. A kész pellet sűrűsége  $0,7 - 0,9 \text{ g/cm}^3$ . Az eljárás során a pelletező gépet egy gőzfejlesztővel is el szokták látni, a megfelelő nedvességtartalom biztosítás érdekében.

Biopellet készíthető tisztán biomassza felhasználásával, de kevert anyagot is készíthetünk.

A fejezetben felhasznált szakirodalom: [1]

## 3.2 BRIKKETÁLÁS

A darabosítás egyik alapvető módja a brikettálás, mely – akár csak a pelletálás - nyomás hatására végbemenő agglomerálás. A biobrikettre jellemző a nagy fűtőérték (18-18,5 MJ/kg), a kis nedvességtartalom (8-14%), a kis hamutartalom (0,8-7,5%) és a nagy energiasűrűség ( $22-24 \text{ MJ/dm}^3$ ). A tömörítést kötőanyag felhasználása nélkül, présgéppben végzik. A présgéppben fellépő nyomás 800 – 1600 bar lehet, melynek változtatásával a termék sűrűsége és térfogata változik. A térfogati sűrűség jelentősen nő az eljárás által, mely kedvezőbb a természetes fához viszonyítva.

A nyomás, a túlnyomásos vízgőz és a munka közben bevitt hő hatására lépnek egymással kölcsönhatásba a részecskék, ez olyan erős kötést képez, mely lehetővé teszi a későbbi felhasználást. Az eljárás biztos, a kezdeti munkagép beszerzési költségen túl nem igényel túl nagy fenntartási költséget, de meglehetősen lassú folyamat és a brikett nagy mérete miatt nem, vagy csak nagyon nehezen oldható meg a tüzelőanyag automatizált betáplálása. Ez utóbbi elengedhetetlen tényező az üzemi felhasználásnál.

A folyamat lehet hideg, ilyenkor az anyagon belüli súrlódásos kapcsolatok tartják össze a részecskéket, de meleg eljárásról is beszélhetünk, ilyenkor kémiai folyamatok is fellépnek. A felhasznált présgép lehet dugattyús és csigás is. A dugattyús préseknek több típusa is ismert, a nyomás irányának alapján. Ezek egyirányú, kétirányú, illetve háromirányú prések. A csigás prések lehetnek nyomócsigás és örlőcsigások is.

A fejezetben felhasznált szakirodalom: [1]

### 3.3 BRIKETTÁLÓ GÉPEK ÉS JELLEMZÉSÜK

Számos berendezés műszaki leírása elérhető az internet segítségével. A különböző gépek közül azt kell kiválasztanunk, mely a legnagyobb hatásfokkal képes elvégezni az általunk meghatározott munkafolyamatot. A bevitt anyag tulajdonságai, a tömegáram, az anyag előkészítésének módja olyan szempontok, melyet a munka megkezdése előtt mérlegelnünk kell. A legtöbb gép azonos anyagi minőséget kíván, de a kapacitás nagyon fontos tényező lehet az üzem tervezése során.

A kutatómunkám során három, brikettáló gépet forgalmazó cég termékeit összehasonlító táblázatot készítettem az interneten elérhető források alapján. [7,10,11]

3. táblázat: BRIKLIS présgépek főbb paraméterei

| Adat                                | BrikStar CS |       | BrikStar |     |     |     |      |      |     |
|-------------------------------------|-------------|-------|----------|-----|-----|-----|------|------|-----|
|                                     | 25          | 50    | 25       | 50  | 70  | 100 | 150  | 200  | 400 |
| Brikettátmérő [mm]                  | 65          | 65    | 65       |     |     |     |      | 50   |     |
| Termelési kapacitás [kg/h]          | 20-40       | 40-65 | 25       | 50  | 70  | 100 | 150  | 200  | 400 |
| Hidraulika motor teljesítménye [kW] | 4,3         | 5,6   | 4,3      | 5,6 | 6,9 | 9,3 | 13,5 | 14,5 | 28  |

A táblázat a cseh BRIKLIS cég által kifejlesztett présgépek adatait tartalmazza. A BrikStar CS típusú gépeket kis és közepes méretű üzemek számára tervezték. 65mm átmérőjű, 30-70 mm magasságú henger briketteket készíthetünk vele. A feladott anyag lehet fapor, forgács, fűrészpor, őrölt biomassza, melyek nedvességtartalma 7-17%.

A feladott anyaghoz nem szükséges adalékanyagot adni és a modern számítógép vezérlés lehetővé teszi, hogy a gép közel automatikusan működjön. Ha a feladott anyag elfogy, a gép leáll. Az adagolás történhet kézzel, de kapcsolhatunk hozzá adagoló rendszert a hatékonyság növelés érdekében.

Az ipari méretű termeléshez a cég a BrikStar gépeket ajánlja, melyek akár 400kg/h anyagot is képesek feldolgozni. Ezen gépek esetében sem szükséges adalékanyag hozzáadása a megfelelő minőségű végtermék elkészítéséhez. A nagyobb gépek értékét nem csak a nagyobb teljesítmény adja, a tervezők többféle anyag feldolgozását is lehetővé teszik, így a biomassza mellett megjelenik a papír és a textil hulladék is. A feladható anyag nedvességtartalma 8-15% között változik.

A beadagolási és préselési erőt automatikusan optimalizálja a vezérlőrendszer a préselendő anyag tulajdonságainak megfelelően - biztosítva ez által az egyforma hosszú és minőségű brikettek előállítását különböző típusú anyagoknál is.

A présciklus egyes szakaszait számítógépes program vezérli - az egyedi igényeknek megfelelően.

Üzemóra számláló, olajszint ellenőrző és az állítható termosztát standard felszereltség

4. táblázat: NESTRO présgépek főbb paraméterei

| Adat                                | NBP TH   |           |           |           |         |         |         |         |
|-------------------------------------|----------|-----------|-----------|-----------|---------|---------|---------|---------|
|                                     | 500      | 600       | 700       | 800       | 700 S   | 800 S   | 1500 Z  | 1500 M  |
| Brikettátmérő [mm]                  | 50       | 60        | 70        | 80        | 70      | 80      | 200x300 | 300x400 |
| Termelési kapacitás [kg/h]          | 70-100   | 90-100    | 100-160   | 150-180   | 120-180 | 160-250 | 100-160 | 150-180 |
| Hidraulika motor teljesítménye [kW] | 7,5      |           | 11        |           |         | 22      | 18,5    | 22      |
| Tömeg [kg]                          | 950/1100 | 1000/1150 | 1100/1250 | 1300/1500 | 1500    | 2500    | 2800    | 3500    |
|                                     |          |           |           |           |         |         |         |         |
| NBP C                               |          | NBP C     |           |           |         |         |         |         |
| 140                                 |          | 150       | 160       | 170       |         |         |         |         |
| 40                                  |          | 50        | 60        | 70        |         |         |         |         |
| 30-40                               |          | 30-50     | 40-60     | 60-80     |         |         |         |         |
| 4                                   |          | 5,5       |           | 7,5       |         |         |         |         |
| 530                                 |          | 800       | 850       | 900       |         |         |         |         |

A második táblázatban foglalt berendezéseket a NESTRO cég tervezte, az egyik hazai forgalmazó adatai szerint sokféle anyag brikettálására alkalmazhatóak, ilyen a fa, a habosított műanyag és a papír.

A gépek pormentesen tömített előtömörítővel vannak ellátva, az olaj túlmelegedésének elkerülése végett állandó olaj hőmérséklet mérőt csatlakoztattak hozzá.

A feladott anyag maximális nedvességtartalma 18% lehet. Az iparban leggyakrabban henger alakú brikettekkel találkozunk, de ez nem előírás. Az NDP TH 1500Z és 1500M gépek segítségével szögletes briketteket gyárthatunk. A TH széria további előnye, hogy lehetővé teszi a réz és alumínium forgács, a papírpor, a dohány, a gyapot, a cellulóz, a farostlemez hulladék, a szalma és styropor termékek feladását és tömörítését.

5. táblázat: présgépek főbb paramétereit

| Adat                                | NANO  |       | HB          |        |             |        |
|-------------------------------------|-------|-------|-------------|--------|-------------|--------|
|                                     | E55   | E60   | E55         | E60    | E60 ELECTRA | E70    |
| Brikettátmérő [mm]                  | 50    | 60    | 50          |        | 60          | 70     |
| Termelési kapacitás [kg/h]          | 15-50 | 15-70 | 15-50       | 25-80  | 40-100      | 70-140 |
| Hidraulika motor teljesítménye [kW] | 4     | 5,5   | 5,5         |        | 7,5         | 9      |
| Tömeg [kg]                          | 450   | 450   | 600         | 730    | 770         | 1300   |
| HB                                  |       |       |             |        |             |        |
| E70/ECO ELECTRA                     |       |       | E70 ELECTRA | E80    | E80 ELECTRA |        |
| 70                                  |       |       |             | 80     | 80          |        |
| 60-120                              |       |       | 60-120      | 80-210 | 80-120      |        |
| 7,5                                 |       |       | 9           | 11     | 11          |        |
| 770                                 |       |       | 1300        | 1450   | 1450        |        |

A gépek érintőképernyős vezérléssel vannak ellátva és a megbízható működés érdekében olajsintmérőt is tartalmaznak. A gépekben precíziós mérleg és előmelegítő rendszer is van.

A gépbe fal adható anyagok esetén sem beszélhetünk rövid listáról (a forgalmazó adatai szerint): mindenfajta fűrészpor (puhafa, keményfa), polisztirol, polipropilén, poliuretán, gumi, műanyag, parafa kéreg és por, fonalvégek, természetes és szintetikus szálak, szövetek keverékei, őrlés/darálás porai vagy bőr és irha hulladékai, papír.

Kikötés a nedvességtartalomra: 8-14%

A fejezetben felhasznált szakirodalom: [7,10,11]

### 3.4 PELLETTÁLLÓ GÉPEK ÉS JELLEMZÉSÜK

A következőkben pelletpréseket fogok bemutatni, az előzőfejezetben hasonlóan, itt is táblázatba rendeztem a fontosabb műszaki paramétereket, majd szövegesen értékeltem a gépeket.

6. táblázat: ECOTEQ pelletprések főbb paraméterei

| Adat                       | MINI           |         | MIDI           |         |         | PLUS           |           |           |
|----------------------------|----------------|---------|----------------|---------|---------|----------------|-----------|-----------|
|                            | A              | B       | A              | B       | C       | A              | B         | C         |
| Termelési kapacitás [kg/h] | 90-150         | 140-220 | 350-450        | 600-800 | 750-950 | 1100-1500      | 1500-2000 | 2000-2500 |
| Motor teljesítmény [kW]    | 11             | 15      | 30             | 45      | 55      | 110            | 132       | 160       |
| Matrica átmérő [mm]        | 280            |         | 400            |         |         | 580            |           |           |
| Görgő átmérő [mm]          | 122            |         | 180            |         |         | 245            |           |           |
| Gép méret [mm]             | 1150x1700x1900 |         | 1950x1700x2400 |         |         | 2400x2500x2400 |           |           |
| Gép tömeg [kg]             | 1500           |         | 3500           |         |         | 7500           |           |           |

A forgalmazó adatai szerint a gépeik legnagyobb előnye a hatékonyság, mert kevés befektetett energiával is nagy mennyiségű terméket tudnak előállítani. A táblázatokból kitűnik, hogy a pelletáló gépek a brikettálókhoz képest tényleg nagyobb termelőképességgel rendelkeznek.

A feladott anyag nedvesség tartalmának 8-12%-nak a szemcseméretének 0,5-1,5 mm-nek kell lennie a megfelelő működéshez.



10. ábra: ECOTEQ által forgalmazott pelletprés  
Kahl pelletprés [10]

7. táblázat: KAHL pelletprések főbb paraméterei

| Adatok                                    | KAHL          |                      |                      |                  |                      |
|-------------------------------------------|---------------|----------------------|----------------------|------------------|----------------------|
|                                           | 14-175        | 24-390               | 25-500               | 33-390           | 33-500               |
| Görgők száma                              | 2             |                      | 3                    | 2                | 3                    |
| Motor teljesítmény [kW/mm <sup>-1</sup> ] | 3             | 30                   | 30                   | 15-30/1500       |                      |
| Matrica átmérő [mm]                       | 175           | 390                  | 500                  | 390              | 500                  |
| Görgő átmérő / szélesség [mm]             | 130/29        | 230/77               |                      |                  |                      |
| Görgő sebessége [m/s]                     | 0,5-0,8       | 1,65                 | 1,72                 | 2,2              | 2,4                  |
| Gép tömeg [kg]                            | 260           | 1800                 | 1950                 | 1150             | 1300                 |
|                                           | <b>34-600</b> | <b>38-600</b>        | <b>38-780</b>        | <b>37-850</b>    | <b>39-1000</b>       |
|                                           | 3v4           | 3v4                  | 3v5 vagy 3v4         | 3v5              | 3v5 vagy 3v4         |
|                                           | 45-55/750     | 55-75/1500           | 90-110/1500          | 32/1500          | 160-200/1500         |
|                                           | 600           | 600                  | 780                  | 850              | 1 000                |
|                                           | 280/102       |                      | 280/102 vagy 350/102 | 350/132          | 350/156 vagy 450/156 |
|                                           | 2,7           | 2,6                  | 2,6                  | 2,5              | 2,6                  |
|                                           | 2330          | 2250                 | 3000                 | 4600             | 5400                 |
|                                           |               | <b>45-1250</b>       | <b>60-1250</b>       | <b>60-1500</b>   |                      |
|                                           |               | 4v5                  | 4v5                  | 4v5              |                      |
|                                           |               | 200-315/1500         | 2 x 160-200/1500     | 2 x 200-250/1500 |                      |
|                                           |               | 1250                 | 1 250                | 1500             |                      |
|                                           |               | 450/192 vagy 450/156 | 450/192              | 450/242          |                      |
|                                           |               | 2,7                  | 2,6                  | 2,7              |                      |
|                                           |               | 8000                 | 9600                 | 12800            |                      |

Az előző táblázatban a KAHL német cég termékeit láthatjuk. A gépek előnye, hogy alacsony porkibocsátással kell számolnunk a munkavégzés során, mivel a gépek kialakítása ezt lehetővé teszi. Típustól függően 300kg/h termelési kapacitástól akár 8 t/h-t is elérhetünk. A elektronikus vezérlő rendszer lehetővé teszi, megfelelő beállítás esetén, az automatikus működtetést. Egyes típusoknál bizonyos műszaki paramétereket módosíthatunk, így növelve a motor teljesítményt, ami kihat a termelési kapacitásra.

A fejezetben felhasznált szakirodalom: [10,13]



## 4. MÉRÉSHEZ HASZNÁLT GÉPEK

A mérések során az volt a célom, hogy különböző fizikai-kémiai paraméterek változtatásával megfigyeljem, és ez által jellemezhessem az anyagom a pelletálhatóságát, illetve a brikettálhatóságát. Megvizsgáltam azt is, hogy az anyag milyen előkészítése szükséges a vizsgálatokhoz.

### 4.1 APRÍTÁSHOZ HASZNÁLT GÉPEK ÖSSZEHASONLÍTÁSA

Az ideális pellet előállításához a választott biomasszának számos korábban említett anyagi paraméternek kell megfelelnie. Mivel a kapott anyag eredeti állapotában nem felelt meg ezeknek jellemzőknek, eljárástechnikai módszerekkel módosítanom kellett rajta. Az első ilyen módszer az aprítás, a megfelelő szemcseméret elérése érdekében.

#### 4.1.1 RETSCH VÁGÓ MALOM

A vágómalom ismertetését a műszaki adatainak ismertetésével kezdem, melyeket az alábbi táblázat tartalmaz.

8. táblázat: A Retsch vágómalom műszaki adatai

|                                            |                                                                                                                       |        |
|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| <b>Típus</b>                               | Retsch Heavy-Duty Cutting Mill SM 2000                                                                                |        |
| <b>Alkalmazás</b>                          | Vágás általi méretcsökkentés                                                                                          |        |
| <b>Alkalmazhatóság</b>                     | Lágy, közép-kemény, rugalmas, szál-asztos, szívós, kemény, kevert anyagok                                             |        |
| <b>Igénybevétel</b>                        | Nyírás, vágás                                                                                                         |        |
| <b>Feladott anyag szemcsemérete</b>        | < 60 X 80 mm                                                                                                          |        |
| <b>Végtermék szemcseméret [mm]</b>         | 0.25 - 20                                                                                                             | S [mm] |
| <b>A kések forgási sebessége (50-60Hz)</b> | 1500 1/min                                                                                                            |        |
| <b>A rotor kerületi sebessége</b>          | 9.4 - 11.4 m/s                                                                                                        |        |
| <b>Rotor átmérő</b>                        | 129.5 mm                                                                                                              |        |
| <b>Rotor típus</b>                         | Párhuzamos metszésű / 6 tárcsás                                                                                       |        |
| <b>Órlő rész anyaga</b>                    | Edzett acél, rozsdamentes acél, wolfram karbid                                                                        |        |
| <b>Szita lyukméret [mm]</b>                | Trapezoid lyukak: 0.25 / 0.50 / 0.75 / 1.00 / 1.50<br>Négyszögletes lyukak: 2.00 / 4.00 / 6.00 / 8.00 / 10.00 / 20.00 |        |
| <b>Gyűjtő egység kapacitás</b>             | Gyűjtő tartály: 5l /opcionális: 30l<br>Gyűjtő egység: 0,25 /0,5l<br>Ciklon-szívó kombináció: 0,25l - 0,5l             |        |
| <b>Meghajtás</b>                           | 3 fokozatos motor                                                                                                     |        |
| <b>Meghajtó</b>                            | 2.2 kW                                                                                                                |        |

|                     |                               |
|---------------------|-------------------------------|
| <b>teljesítmény</b> |                               |
| <b>Saját tömeg</b>  | Kb. 90 kg töltőrésszel nélkül |

A táblázat a gyártó honlapján [9] található táblázat szöveg azonos fordítása.

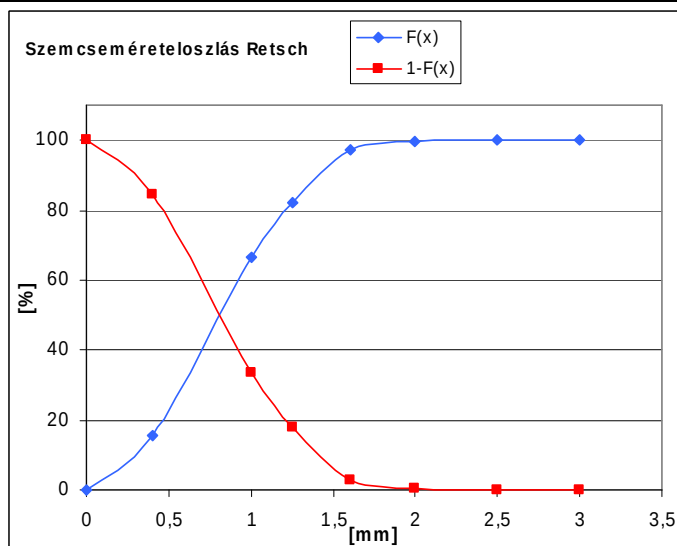
A vágómalom hatékonyságát fokozza, hogy a feladó garat egy függőleges garatba torkollik, melyben egy adagolást segítő, tömörítő eszköz található. Az adagolás biztonsága érdekében a feladó garat zárt, ami elősegíti az egyenletes feladást. A vágótérben egymáshoz rögzített vágókések találhatók, a 3 kés egymással 120°-os szöget zárnak be. A vágótér aljára helyezhető be a kiválasztott szita, mellyel beállíthatjuk a maximális szemcseméretet. A megfelelő szemcseméretű anyag a berendezés alatt található tartályba kerül. Az aprításhoz 2 mm-es szitát használtam.

Az aprítás megkezdése után kb. 1,5 órával szünetet kellett tartanom a gép túlmelegedése miatt. A tartály kis mérete miatt le kell állítani a gépet, majd újra indítani a tartály kiürítése után. Az anyaghalmoz lazasága miatt a folyamat közben bizonyos mennyiség a levegőbe kerül, a kisméretű garat, a feladás közben is megnehezíti az adagolást, ami szintén veszteséget okozhat.

Az aprítás után a vágótérben csak nagyon kis mennyiségben találtam visszamaradt anyagot, a kések helyzete, illetve a gép kialakítása miatt a takarítás könnyen és gyorsan ment.

9. táblázat: Szemcseméret eloszlás

| $x_i$ [mm] | $m_i$ [g]         | $\Delta m$ [%] | $F(x)$ [%] | $1-F(x)$ [%] |
|------------|-------------------|----------------|------------|--------------|
| <0,4       | 19,5              | 15,726         | 15,726     | 84,274       |
| 0,4 – 1    | 62,8              | 50,645         | 66,371     | 33,629       |
| 1 – 1,25   | 19,7              | 15,887         | 82,258     | 17,742       |
| 1,25 – 1,6 | 18,6              | 15,000         | 97,258     | 2,742        |
| 1,6 – 2    | 3,1               | 2,500          | 99,758     | 0,242        |
| 2 – 2,5    | 0,2               | 0,161          | 99,919     | 0,081        |
| 2,5 – 3    | 0,1               | 0,081          | 100        | 0            |
| >3         | 0*                | 0              |            |              |
|            | $\Sigma m = 124g$ | 100            |            |              |



12. ábra: Szemcseméret eloszlás

\*A mérleg tized gramm pontossága miatt nem jelzett szemcsét, de szabad szemmel látható minimális anyag az adott szítán.

A fejezetben felhasznált szakirodalom: [9]

#### 4.1.2 FÜGGŐLEGES TENGYELŰ VÁGÓMALOM

Az intézetben található berendezést a Lehel Gépgyár gyártotta 1989-ben. Az AGJ Aprítógépgyár KFT. hasonló műszaki paraméterekkel rendelkező gépet forgalmaz, melynek pontos leírása a cég honlapján megtekinthető (az alábbi táblázat adatai is onnan származnak) [6]

10. táblázat: A Függőleges tengelyű vágómalom műszaki adatai

|                      |                 |
|----------------------|-----------------|
| <b>Megnevezés:</b>   | Műanyagőrlő Gép |
| <b>Típus</b>         | MD-200          |
| <b>Teljesítmény</b>  | Kb.: 100 kg/h   |
| <b>Energia igény</b> | 5,5 kW          |
| <b>Tömeg</b>         | 210 kg          |
| <b>Szájnyílás</b>    | 170 x 190 mm    |
| <b>Végtermék</b>     | 3 – 5 mm *      |

\* A végtermék szemcseméretét a gép vágóterébe helyezett szita lemezzel változtathatjuk.

Az intézetben 2 mm-es szita is van.

A gép a Retsch vágómalomhoz képest nagy garattal rendelkezik, mely megkönnyíti az anyag feladását. A függőleges elhelyezkedésű garat nem rendelkezik tömörítést segítő eszközzel, így az adagolás a feladott anyagra ható súlyerő függvénye. Mivel az általam feladott biomassa kis sűrűségű nagy szemcseméretű rugalmas anyag, a feladás során összenyomható, így könnyen nagy mennyiségben lehet a gépbe adni. Mivel az anyag rugalmas, ezért a ráható erő megszűnése után visszanyeri eredeti alakját, a kis fajlagos tömege miatt a súlyerő kisebb lesz a gép falára ható súrlódásnál, így eltömődik, az aprítás ez által lehetetlenné válik.

A megoldást az aprítógépe helyezés előtti kézi előaprítás teszi lehetővé, 50 – 100 mm-es darabokra aprítás után a gép nagy hatékonysággal aprította le a kívánt szemcseméretre.

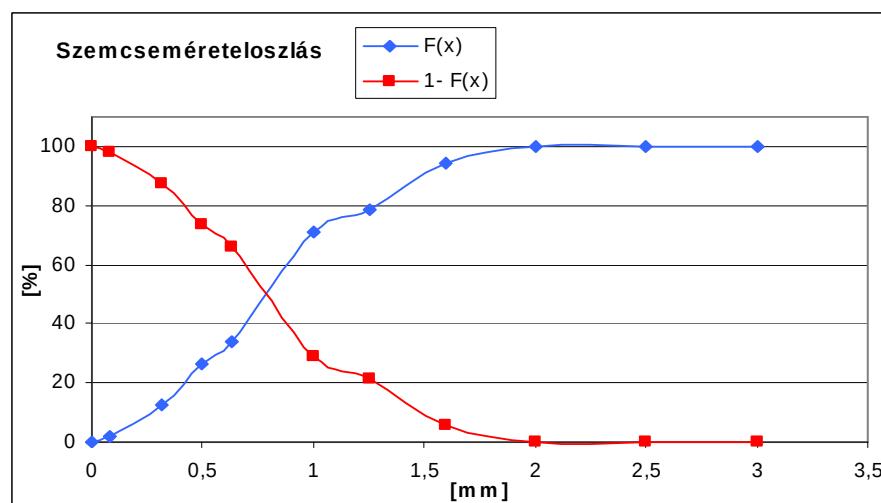
Megfigyelhető, hogy a vágóterben a kések elhelyezése miatt nagyméretű holtter található. A holtter miatt az aprítást követően aprítatlan, vagy kis mértékben aprított anyag marad a gépben, ami a későbbi felhasználásra még nem alkalmas. Ipari méretekben

nagyobb teljesítményű gépeket alkalmaznak, és ez a veszteség ott nem jelent gondot. Labor kísérleteknél érdemes figyelni rá.

11. táblázat: Szemcseméret eloszlás

| $x_i$ [mm]   | $m_i$ [g]           | $\Delta m$ [%] | $F(x)$ [%] | $1-F(x)$ [%] |
|--------------|---------------------|----------------|------------|--------------|
| <0,08        | 3                   | 2,126          | 2,126      | 97,874       |
| 0,08 – 0,315 | 15,1                | 10,702         | 12,828     | 87,172       |
| 0,315 – 0,5  | 19,3                | 13,678         | 26,506     | 73,494       |
| 0,5 - 0,63   | 10,9                | 7,725          | 34,231     | 65,769       |
| 0,63 - 1     | 52,0                | 36,853         | 71,084     | 28,916       |
| 1 – 1,25     | 10,7                | 7,583          | 78,667     | 21,333       |
| 1,25 – 1,6   | 22,3                | 15,804         | 94,471     | 5,529        |
| 1,6 – 2      | 7,8                 | 5,528          | 100        | 0            |
| 2 – 2,5      | 0*                  | 0              | 100        | 0            |
| 2,5 – 3      | 0*                  | 0              | 100        | 0            |
| >3           | 0*                  | 0              | 100        | 0            |
|              | $\Sigma m = 141,1g$ | 100            |            |              |

\*A mérleg tized gramm pontossága miatt nem jelzett tömeg értéket, de szabad szemmel látható minimális anyag az adott szitán. A mérések során ezeket kézzel eltávolítottam.



13. ábra: Szemcseméret eloszlás

Az aprítógépek hatékonyságának összehasonlítását az alábbi táblázattal jellemeztem.

12. táblázat:  $X_{50}$  és  $X_{80}$  értékek

| Retsch   |          | Függőleges tengelyű vágómalom |          |
|----------|----------|-------------------------------|----------|
| $X_{50}$ | $X_{80}$ | $X_{50}$                      | $X_{80}$ |
| 0,81 mm  | 1,2 mm   | 0,78 mm                       | 1,25 mm  |

Megállapítható az  $x_{50}$  és  $x_{80}$  alapján, hogy a kapott aprítékok szemcseméreteloszlása gyakorlatilag megegyezik.

Mennyiség tekintetében meg kell jegyeznem, hogy a RETSCH, minta előkészítésre kialakított gép, néhány 100 g mintát, pl fűtőérték vizsgálatra ajánlott előkészíteni vele, de ipari méretű alkalmazásra nem alkalmas.

A fejezetben felhasznált szakirodalom: [6]

## 4.2 INTÉZETI SÍKMATRICÁS PELLETTÁLÓ

A következőkben már nem az előkészítési munkához, hanem a tényleges mérésekhez használt gépekkel foglalkozom. Először a pelletprést, majd a dugattyús prést mutatom be, az őket jellemző adatok és az általam készített képek segítségével.

13. táblázat: Az intézeti síkmatricás pelletáló műszaki adatai

| Teljes egység            |                    | Gyártója,<br>összeállítója: | Classicmechanik Kft,<br>Székesfehérvár |
|--------------------------|--------------------|-----------------------------|----------------------------------------|
| Teljes Egység<br>részei: | Keverőtartály      |                             |                                        |
|                          | Kondicionáló csiga | Gyártó:                     | Anyang General<br>International        |
|                          | Pelletprés         |                             |                                        |
|                          |                    |                             |                                        |
|                          |                    |                             |                                        |
|                          |                    |                             |                                        |
|                          |                    | Típus:                      | ZLSP200B                               |
|                          |                    | Kapacitás [kg/h]:           | 110-180                                |
|                          |                    | Teljesítmény [kW]:          | 7,5                                    |
|                          |                    | Saját tömeg [kg]:           | 250                                    |
|                          |                    | Gép mérete [cm]:            | 100*43*95                              |



14. ábra: Intézeti síkmatricás pelletáló



15. ábra: Intézeti síkmatricás pelletálóhoz tartozó kondicionáló csiga

A pelletálóhoz tartozik egy gőzfejlesztő gép, melyet a kondicionáló csigához csatlakoztattak. Ahogyan a pellet készítési kísérletek résznél már írtam, az átáramló gőz mennyiségét egy csap segítségével, itt szabályozhatjuk.

16. táblázat: Az intézeti síkmatricás pelletáló műszaki adatai

| <b>Gőzfejlesztő</b>         |                    |
|-----------------------------|--------------------|
| Gyártó:                     | Theobald, Budapest |
| Típus:                      | TJ Extra II.       |
| Névleges teljesítmény [kW]: | 17                 |
| Névleges feszültség [V]:    | 400V 50Hz          |
| Saját tömeg [kg]:           | 90                 |
| Maximális nyomás [bar]:     | 6                  |

A fejezetben felhasznált szakirodalom: [12]

## 4.3 INTÉZETI DUGATTYÚS PRÉS

A Nyersanyagelőkészítési és Környezeti Eljárástechnikai Intézetben található dugattyús prés hidraulikus tápegységgel van felszerelve. Két darab hidraulikus dugattyú található benne, a felső a préselést végzi, Két darab hidraulikus dugattyú található benne, a préselésre használt felső dugattyú 200 kN maximális erővel, az alsó az elkészült minta kiemelésére szolgál.

A felső dugattyújában egy 20 tonnás Kaliber gyártmányú erőmérő cella van elhelyezve, az út mérését egy mágnes csíkos inkrementális elmozdulás mérő végzi, melynek leolvasásához számítógép szükséges. A gép belső hőmérséklete is szabályozható 20 – 140°C között. Ennek szabályzására hőmérőt is csatlakoztattak a berendezéshez. A nyomásszintmérő is tartozik a géphez, de a leolvasása nem automatikus. A megfelelő nyomást manuálisan állíthatjuk be és a gép kezelése is teljesen kézi vezérlésű. A dugattyú sebessége 5-35 mm/s. A készíthető brikettek átmérője 25mm. A présről több kép található a mellékletben. [3]



16. ábra: Intézeti dugattyús prés és a mérőkártyás számítógép munka közben

## 5. MÉRÉSEK ÉS EREDMÉNYEK

### 5.1 FELHASZNÁLT BIOMASSZA ISMERTETÉSE

A méréseim során az alapanyagomnak szalmát választottam. Általában mezőgazdasági hulladékként juthatunk hozzá. Melléktermék, mert hivatalos meghatározás szerint:

*„Szalma, gabonának, hüvelyeseknek a magok kicsépelése után megmaradt szára” [5]*

A gabona termesztés fő célja az élelmiszeripari felhasználás. A gabonafélék lágyszárú, lisztes magot termő, leggyakrabban egyéves pázsitfűfélékhez tartozó növények. A fejlődő országokban a szárát a mai napig használják vályogtéglák készítésére, illetve állati takarmánnyként, azonban felhasználható az energia iparban is.

Ezt az utóbbi felhasználási módot vizsgáltam a méréseim során

A fejezetben felhasznált szakirodalom: [5]

### 5.2 PELLETT KÉSZÍTÉSI KÍSÉRLETEK

Az első mérésekhez a korábban, a Nyersanyagelőkészítési és Környezeti Eljárástechnikai Intézet SM2000 típusú **Retsch vágó malmával**, 2mm-es szitabetéttel leprított szalmát használtam fel (szemcseméret eloszlás: Retsch vágó malom).

Az utolsó méréshez a **Függőleges tengelyű vágómalommal** szintén 2mm-es szitabetéttel leprított szalmát használtam fel (szemcseméret eloszlás: Függőleges tengelyű vágómalom).

Mivel a munka során keletkező pellet minőségét a feladott anyag összes víztartalma jelentős mértékben befolyásolja, ezért az anyag előkészítésében az első művelet ennek a víztartalomnak a meghatározása volt, majd annak beállítása.

Mivel az intézeti síkmatricás pelletálóhoz kapcsolt gőzfejlesztő nem rendelkezik olyan kiegészítő műszerrel, mely az anyaghoz áramoltatott gőz mennyiségét pontos értékkel meghatározná, így a gőz adagolása manuálisan egy csap segítségével történik. A gőz mennyiségét a csap megnyitási fokával lehet jellemezni a mérésnél három fokozatot jellemeztem, sajnos ennek a paraméternek a pontossága így nem kielégítő. A gőzfejlesztő gyártójával megpróbáltam felvenni a kapcsolatot egy esetleges gőz mennyiség értékelő kiegészítő eszköz beszerzését illetően, de nem tudtak érdemleges válasszal szolgálni.

A mérések megkezdése előtt szükséges a pelletáló üzemi hőmérsékletre melegítése, ezt speciális keverékkel végeztem.

17. táblázat: Pellet előállítási kísérletek és azok eredményei

| Aprítógép                     | Nedvességtartalom [%] | Gőz mennyiség | Kenőanyag tartalom [%] | Eredmény                                                                                                                                 |
|-------------------------------|-----------------------|---------------|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Retsch vágó malom             | 11,6                  | ≈45°          | nincs                  | Kezdetben kevés, feltehetően olajjal szennyezett pellet keletkezett, állaga hossza megfelelő, de a mennyisége kevés                      |
|                               |                       | ≈60°          |                        | Az olaj már nincs jelen, rövid várakozási idő után az előző mérésnél több, de az elvárásokhoz képest még mindig kevés pellet keletkezett |
|                               |                       | nincs         |                        | A gép nem termelt pelletet.                                                                                                              |
|                               |                       | ≈45°          | 5                      | Kisméretű, puha és az elváráshoz képest kevés pellet keletkezett                                                                         |
|                               |                       | ≈60°          | 5                      |                                                                                                                                          |
|                               | ≈15                   | ≈60°          | 7,5                    |                                                                                                                                          |
| Függőleges tengelyű vágómalom | 7,4                   | ≈45°          | 2,5                    | Nem keletkezett pellet                                                                                                                   |
|                               |                       | ≈60°          | 5                      |                                                                                                                                          |
|                               | ≈12                   | nincs         | 7,5                    |                                                                                                                                          |

### 5.3 BRIKETT KÉSZÍTÉSI KÍSÉRLETEK

A mérésekhez a **Függőleges tengelyű vágómalommal** 2mm-es szitabetéttel leaprított szalmát használtam fel (szemcseméret eloszlás: Függőleges tengelyű vágómalom).

Az intézeti dugattyús prés segítségével készítettem el a briketteket, három különböző hőmérsékleten, öt különböző nyomásszinten, és mindegyik nyomás esetén 3 - 3 mintát készítettem.

A nyomásszintek az **50 MPa, 100 MPa, 150 MPa, 200 MPa, 250 MPa**, a hőmérséklet pedig **20°C, 60°C, 90°C**.

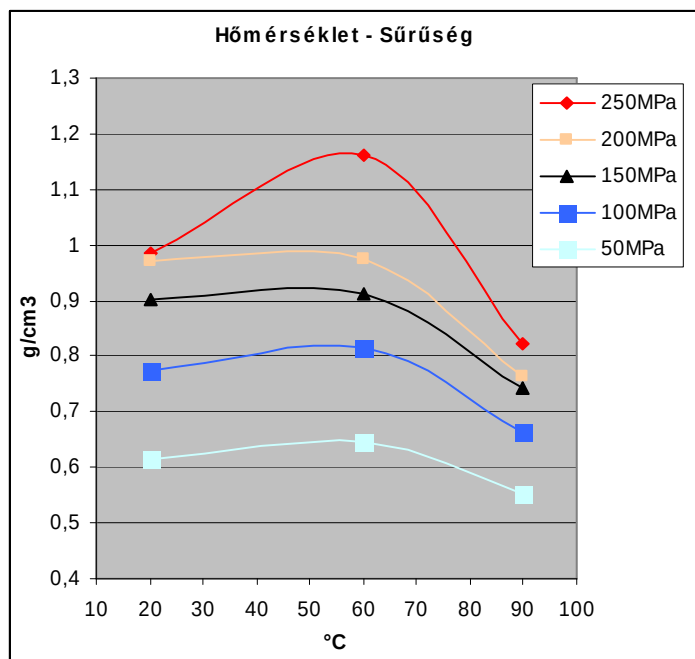
A hőmérséklet a présgép belsejében a tömörítő térben mért hőmérséklet, hogy az anyag hőmérséklete is megfelelő legyen, szárítószekrénybe helyeztem a kimért mintákat a mérés előtt, majd a présbe helyezés és a munka megkezdése előtt 1 – 1 percet vártam.

Az általam készített brikett hengerek alapkörének átmérője minden esetben **25mm**, magasságuk a préselési nyomás függvényben **5,7...7mm** közt változott..

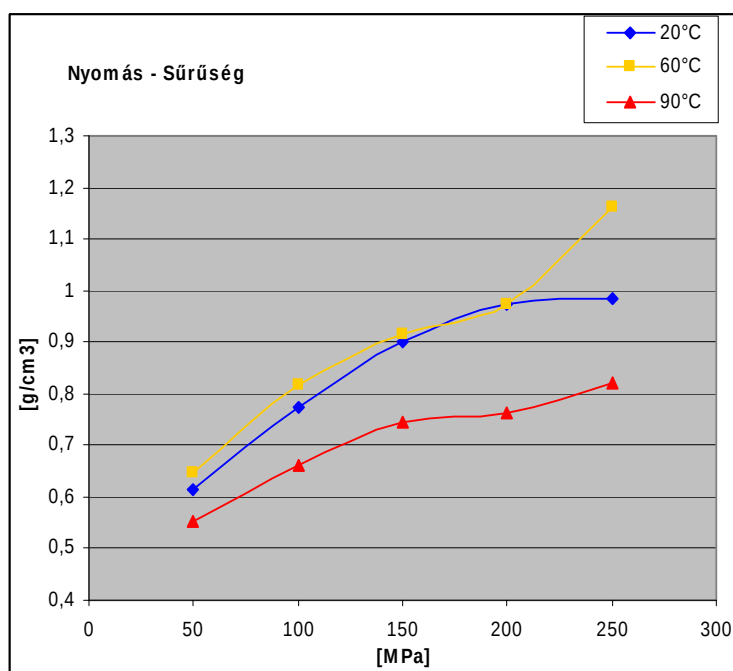
A mérési eredményeimet az alábbi táblázatok és diagramok tartalmazzák. tartalmazzák.

18. táblázat: Az általam készített brikettek sűrűség értékei a nyomás és a hőmérséklet alapján

| Hőmérséklet [°C] | 20                           | 60                           | 90                           |
|------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Nyomás [MPa]     | Sűrűség [g/cm <sup>3</sup> ] | Sűrűség [g/cm <sup>3</sup> ] | Sűrűség [g/cm <sup>3</sup> ] |
| 50               | 0,6147                       | 0,6465                       | 0,5512                       |
| 100              | 0,7725                       | 0,8158                       | 0,6620                       |
| 150              | 0,9015                       | 0,9138                       | 0,7432                       |
| 200              | 0,9716                       | 0,975                        | 0,7643                       |
| 250              | 0,9847                       | 1,1624                       | 0,8225                       |



17. ábra: Hőmérséklet - Sűrűség függvény



18. ábra: Nyomás - Sűrűség függvény

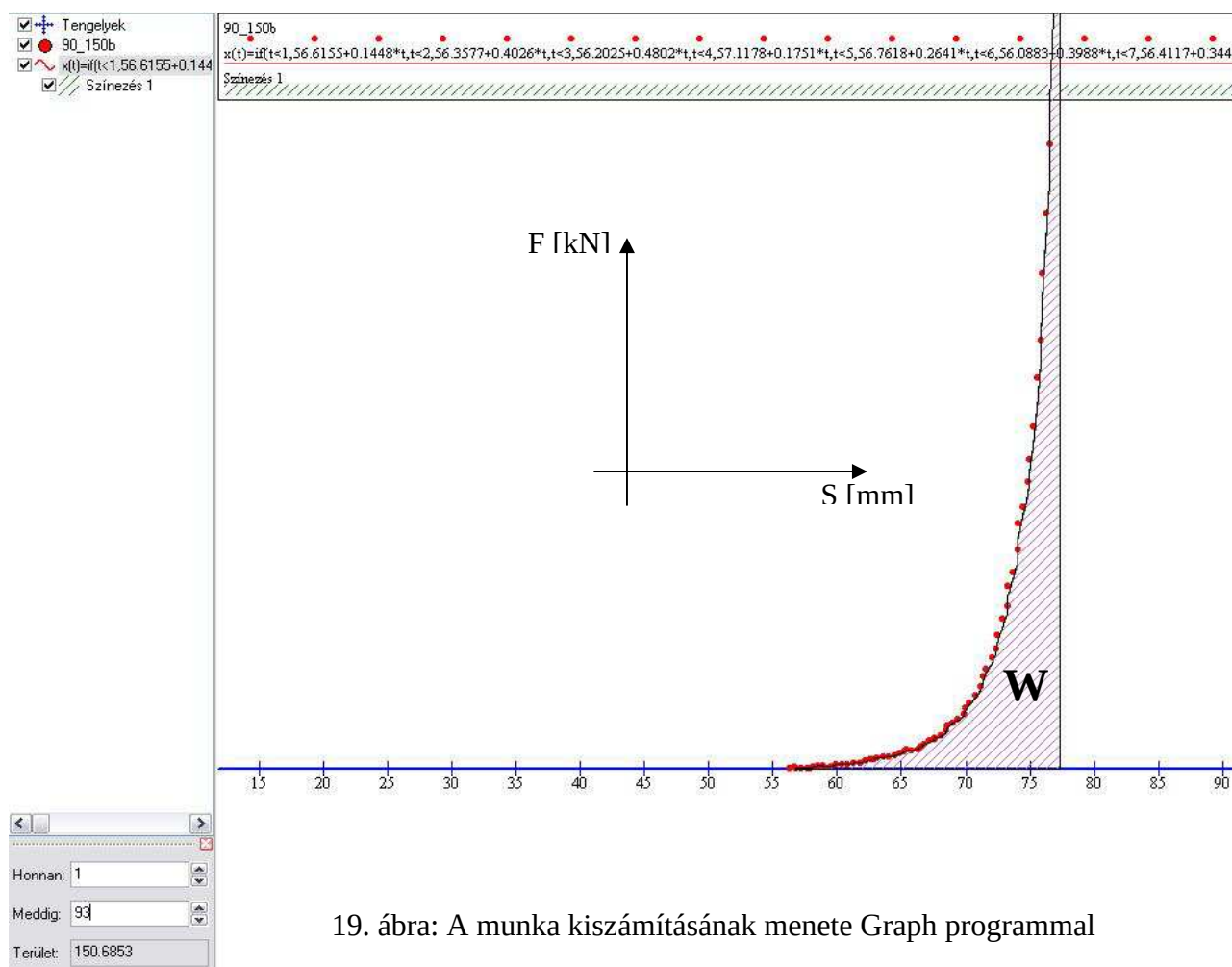
A berendezéshez csatlakoztatott mérőkártyával ellátott számítógép segítségével megmérhettem a brikett készítés során a pillanatnyi feladott anyagra ható erőt és a dugattyú elmozdulását, a két adatból álló adatsorból meghatározható a befektetett munka. Ezeket a munka értékeket az alábbi táblázat tartalmazza.

19. táblázat: Munka értékek a hőmérséklet és nyomás alapján

| Mérés  | Munka [J] | Mérés  | Munka [J] | Mérés  | Munka [J] |
|--------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|
| 20_50  | 61,3      | 60_50  | *         | 90_50  | 68,8      |
| 20_100 | 112       | 60_100 | 96,7      | 90_100 | 114,5     |
| 20_150 | 148,3     | 60_150 | 144,5     | 90_150 | 152,7     |
| 20_200 | 184,2     | 60_200 | 184,5     | 90_200 | 186,9     |
| 20_250 | 209,9     | 60_250 | 218,8     | 90_250 | 222,4     |

\* Az adott pontban a mérőberendezés hibásan működött, így azt az adatot nem vettem figyelembe

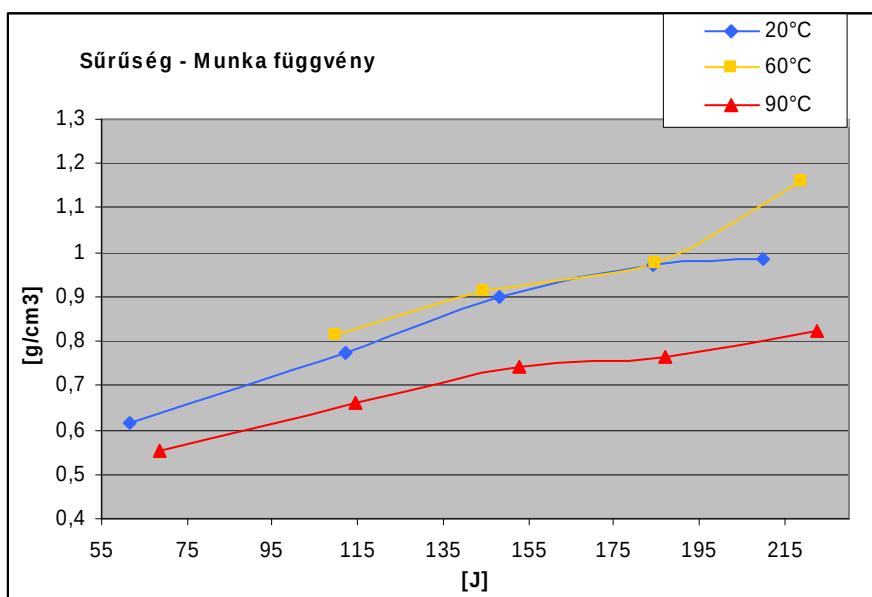
A táblázatban a „Mérés” oszlopokban látható kódok az adott hőmérsékletet jelzik [°C], amiken a méréseket végeztem, illetve a nyomásértéket [MPa] (pl.: 20\_150: A mérést 20 °C-on végeztem és 150 MPa nyomáson).



19. ábra: A munka kiszámításának menete Graph programmal

A számítógép által rögzített erő és elmozdulás értékeket egy adott koordináta rendszeren pontsor formában felvettem, majd egy görbét illesztettem rá. A Graph 4.3 program segítségével kiszámíthatjuk a görbe alatti területet, vagyis megkapjuk a brikket elkészítése során végzett munka értékét Joule-ban.

A következő diagramon az elvégzett munka értékeket a sűrűség függvényében láthatjuk. Megfigyelhető, hogy a görbék a hőmérsékletváltozás hatására eltértek egymástól, de itt meg kell jegyeznem, hogy a minta az előmelegítése során veszített a nedvességtartalmából, a nagyobb hőmérséklet elérése érdekében több időt töltött a szárítószekrényben. Az elkészült tabletta sűrűsége ezért is eltérő lehet. Ez magyarázhatja a 18. ábrán és a 20. ábrán látható hirtelen kiugrást.



20. ábra: Sűrűség – Munka függvény

## 6. ÖSSZEGZÉS

A dolgozatom megírása során arra kerestem a választ, hogy a növényi biomasszát, hogyan tudnám a legjobb hatásfokkal, vagyis leggazdaságosabban energiatermelési célra feldolgozni. Egy általam kiválasztott energianövényként termesztető, vagy mezőgazdasági hulladékként feldolgozható növényt, a szalmát használtam fel a kísérleteim során. Két módszert próbáltam ki a pelletézést és a brikettálást.

A kísérleteim által bebizonyosodott, hogy az anyag feldolgozhatóságát számos fizikai – kémiai paraméter befolyásolhatja. Ideális körülmények között mindkét módszer hatékonynak mondható, de természetesen az előállításukra használt gépek kapacitása határozza meg leginkább a termelékenységet. Azonban a drága, üzemi termelésre használható gépek sem képesek csodára, ha rosszminőségű, vagy nem megfelelően előkészített anyagot használunk.

Az általam elvégzett kísérletek alapján a brikettálás tűnik megbízhatóbb eljárásnak, a biztos siker és rövid előkészületi idő alapján. A sűrűség értékek alapján a 60°C-on történő tömörítést választanám 100 MPa nyomásértékkel. De nem minden esetben.

- A kísérleteim alapján a nyomásonként egymáshoz viszonyított sűrűség 60°C-on a legnagyobb, vagyis itt a legtömörebb az anyag → kisebb mennyiségű anyag morzsolódik le a felületéről, ezért kevesebb a szállítás során keletkező veszteség.
- A 60°C-on, 100MPa nyomáson tömörített anyag sűrűsége 0,8158 g/cm<sup>3</sup>, ami magasabb, mint a 90°C-on 100MPa nyomáson elkészített briketté, de a 60°C-on készült briketthez kisebb préselési munka kellett. Feltételezhetően a megállapítottak a nedvességtartalommal is összefüggésben állnak.

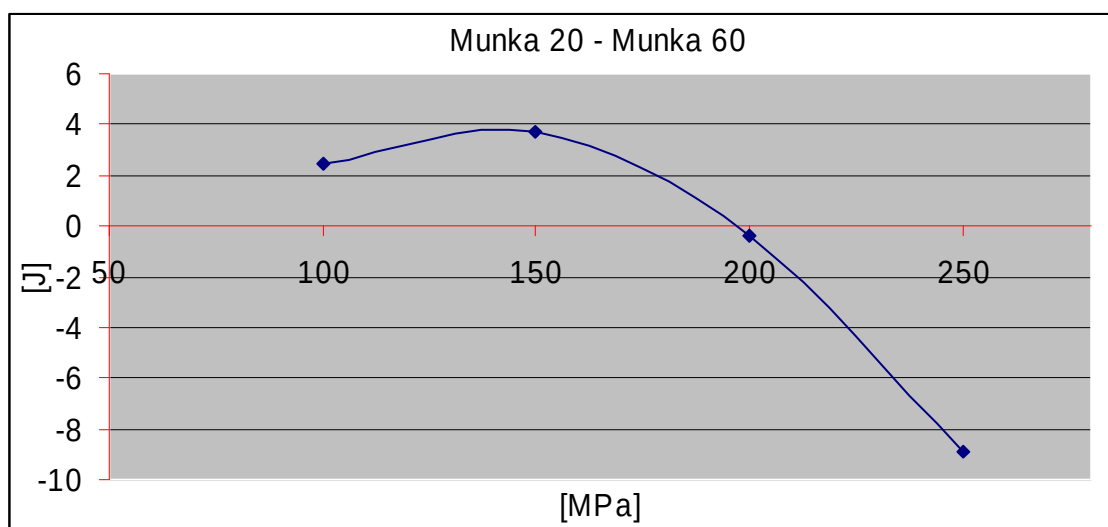
20. táblázat: kiválasztott két minta sűrűség és munka értékei

|               |                          |         |
|---------------|--------------------------|---------|
| 60°C – 100MPa | 0,8158 g/cm <sup>3</sup> | 109,5 J |
| 90°C – 100MPa | 0,662 g/cm <sup>3</sup>  | 114,5 J |

- Az általam 60°C-on készült brikettek elkészítéséhez, a számításaim alapján kevesebb munkát végzett a gép, mint a hasonlóan jó minőségű 20°C-os brikettek esetében. Ugyanakkor az adatok alapján megállapítható, hogy az eltérés a nyomás növekedésével csökken. 200 MPa körül egyenlő.
- A vizsgálat adatok, csak a brikett előállítás optimalizálására vonatkoznak, további vizsgálatokat igényel a tüzeléstechnikai rész. A 250 MPa nyomáson történő brikettálás, lehet, hogy tüzeléstani szempontból nem is lenne optimális.

21. táblázat: 20 és 60°C-on végzett kísérletek munka értékeinek különbsége

|              | 20 °C     | 60 °C |                                         |
|--------------|-----------|-------|-----------------------------------------|
| Nyomás [MPa] | Munka [J] |       | Különbség<br>$W_{20C} - W_{60C}$<br>[J] |
| 100          | 112       | 109,5 | 2,5                                     |
| 150          | 148,3     | 144,5 | 3,8                                     |
| 200          | 184,2     | 184,5 | -0,3                                    |
| 250          | 209,9     | 218,8 | -8,9                                    |



21. ábra: 20°C és 60°C hőmérsékleten mért munka értékek különbsége

- Ha a briketteket 250MPa nyomáson szeretnénk elkészíteni, ami nagy tömörségű, ezért könnyebben eladható, akkor 20°C-on végezném a termelést.
- Szintén a 20°C-os termelés mellett szól, hogy a magasabb hőmérsékletű termelés időigényesebb és az előmelegítés energiaigényes folyamat. A préselési munka, kedvező energiaigényét az előmelegítés energiaigénye rontja.
- .A 20 °C-on történő brikettálásról meg kell állapítanom azt a tényt, hogy laboratóriumi körülmények között kis mennyiségű brikettot állítottam elő. Az anyag melegszik brikettálás során, így valószínű üzemi méretben nem is gyártható anyag ezen a hőmérsékleten, hiszen a gépek maguktól felmelegednek a súrlódástól.

A pellet készítési kísérletek esetén, az első méréseim után arra a következtetésre jutottam, hogy a pelletek minőségét nem a nedvességtartalom, hanem a hozzáadott kenőanyag, mint adalékanyag befolyásolja. A későbbi kísérletek során ezért nem növeltem az alapanyag nedvességét. De meg kellett állapítanom, hogy mindkettő paraméter egyaránt fontos, ezért nem vezettek eredményre a későbbi kenőanyagos kísérletek

Fontosnak tartom a 90°C-os brikett készítési kísérletek folytatását, úgy, hogy az anyag nedvességtartalmát megnövelem, hogy a melegítés általi vízveszteséget pótoljam, így bizonyítható lesz, hogy a brikettek esetében lényeges-e, és ha igen, akkor milyen mértékben az anyag víztartalma.

## 7. IRODALOMJEGYZÉK

1. Bai Attila - Lakner Zoltán – Marosvölgyi Béla – Nábrádi András (2002): A biomassza felhasználása
2. Kacz Károly – Neményi Miklós (1998): Megújuló energiaforrások
3. Nagy Sándor: Agglomeration of fine powders used in metallurgy, Miskolci Egyetem, Nyersanyagelőkészítési és Környezeti Eljárástechnikai intézet Előkészítéstechnikai Intézeti Tanszék, Miskolc
4. Nagy Sándor: Biomassza előkészítése, brikettálása és pelletézése, előadásanyag
5. Officina Egyetemes Lexikon, 1994
6. **APRÍTÓGÉPGYÁR kft.:** <http://www.agj.hu/>; letöltés: 2012. 10.27
7. **BRIKLIS Brikettáló gépek:** <http://www.brikettpellet.hu/hidraulikus-presek.html>; letöltés: 2012. 10.27
8. **Biomassza, mint Energiaforrás:** <http://www.agraroldal.hu/boietanol-biometanol-biodimetileter.html>; letöltés: 2012. 10.27
9. **Cutting Mill SM 200:** <http://www.retsch.com/products/milling/cutting-mills/sm-200/>; letöltés: 2012. 10.27
10. **Hidraulikus brikettálók:** <http://brikettalo.hu/hidraulikus-brikettalok.html>; letöltés: 2012. 10.27
11. **Hulladékkezelés: brikettálás:** <http://www.fagepszer.hu/?fa=forgacs-brikettalo-berendezesek>; letöltés: 2012. 10.27
12. **Intézeti pelletáló:** <http://www.biodiesel-machine.com/flat-die-pellet-mill.html>; letöltés: 2012. 10.27
13. **Kahl pelletálók:** <http://www.akahl.de>; letöltés: 2012. 10.27
14. **Környezetvédelmi idézetek:** <http://www.citatum.hu/kategoria/Kornyezetvedelem>; letöltés: 2012. 10.27
15. **Magyar Biogáz Egyesület:** <http://www.biogas.hu>; letöltés: 2012. 10.27
16. **Moniki Ákos: Biomassza Energia :** <http://www.nyf.hu/others/html/kornyezettud/megujulo/Biomassza/Biomassza.html>; letöltés: 2012. 10.27
17. **Pellet Hungary kft.:** <http://www.pellet.hu/>; letöltés: 2012. 10.27

18. **Szén kép:** [http://www.ua.all.biz/img/ua/service\\_catalog/211043.jpeg](http://www.ua.all.biz/img/ua/service_catalog/211043.jpeg); letöltés: 2012. 10.27
19. **Energia** **kép:** [http://www.itbusiness.hu/data/cms151992/1067\\_importe\\_luz\\_y\\_gas.jpg](http://www.itbusiness.hu/data/cms151992/1067_importe_luz_y_gas.jpg); letöltés: 2012. 10.27
20. **kőolaj kép:** <http://anikeaux.web.elte.hu/oraimunka/koolaj.jpg>; letöltés: 2012. 10.27
21. **Biomassza piramis kép:** <http://cleangreenenergyzone.com/wp-content/uploads/2011/01/pyramid-of-biomass.jpg>; letöltés: 2012. 10.27
22. **Forgalomba helyezési adatok Magyarországon kép:** [http://www.autoszektor.hu/Statisztika/Forgalomba\\_helyezesi\\_adatok\\_Magyarorszagon41.html](http://www.autoszektor.hu/Statisztika/Forgalomba_helyezesi_adatok_Magyarorszagon41.html); letöltés: 2012. 10.27
23. **Biogáz erőmű kép:** [http://www.fenntarthatofejloves.net/wp-content/uploads/2008/04/biogaz\\_eromu2.jpg](http://www.fenntarthatofejloves.net/wp-content/uploads/2008/04/biogaz_eromu2.jpg); letöltés: 2012. 10.27
24. **Biomassza körforgás kép:** [http://www.oee.hu/upload/html/1530963-6453-371x478-biomassza\\_korforgas.jpg](http://www.oee.hu/upload/html/1530963-6453-371x478-biomassza_korforgas.jpg); letöltés: 2012. 10.27

## 8. MELLÉKLET



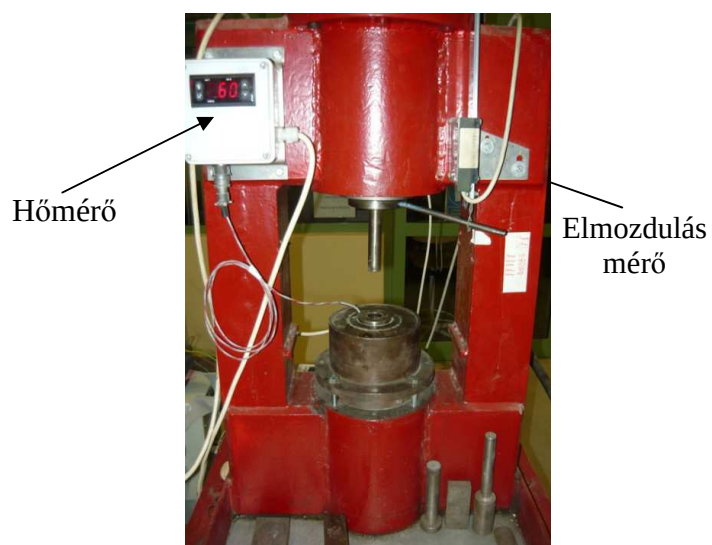
22. ábra Intézeti dugattyús prér és a mérőkártyás számítógép



23. ábra: Prér munka közben



24. ábra: Elkészült szalma brikett



25. ábra: Hőmérséklet és elmozdulás mérő