

AZ ENERGETIKAI CÉLÚ FAÜLTETVÉNYEK TERMESZTÉSÉTŐL A TÜZELÉS ÚTJÁN TÖRTÉNŐ FELHASZNÁLÁSÁNAK TELJES RENDSZERÉIG

Készítette:
KISBENEDEK KATALIN
FIZIKATANÁR SZAK



Konzulens: dr. Német Béla
PTE TTK Fizikai Intézet
Környezetfizikai és Lézerspektroszkópiai Tanszék

PÉCS, 2009

2009. június

A jelen dolgozatot- annak teljes, valamint a hallgató védésén nyújtott teljesítményének ismeretében- megalapozottnak és elfogadhatónak tartjuk. A hallgató államvizsgára bocsátható. A védési bizottság tagjai:

Bizottság elnöke

ABSZTRAKT

Kulcsszavak: energetikai faültetvények termesztése, betakarítása, pellet előállítása, pelletüzem, pelletkazán, megtérülésszámítás.

Szakedolgozatom célja a fapellet előállításának bemutatása. Az energetikai célú faültetvények termesztésétől kezdve a felhasználásáig, annak teljes rendszerének tanulmányozása. Dolgozatomban kitérek a termesztésre, betakarításra, tárolásra, a pellet formában történő feldolgozásra, egy pelletáló üzem bemutatására. Továbbá a pellettüzelő automatizált kazánban történő elégetését bemutatom.

Tartalomjegyzék

1	Bevezetés	1
2	Magyarország jelenlegi energiahelyzete, jövőképe	1
3	Az energiaforrások	3
3.1	Energiaforrások csoportosítása:	3
3.2	A biomassa, mint energiaforrás csoportosítása	4
3.2.1	A biomassa, mint energiaforrás csoportosítása eredet szerint:.....	4
3.2.2	A biomassa, mint energiaforrás csoportosítása a termelési és felhasználási láncban elfoglalt hely szerint:	4
4	Az energetikai faültetvények termesztése, telepítéstechnológiája	5
4.1	Termőhely	5
4.2	Fafajmegválasztás	5
4.2.1	Fűz:.....	5
4.2.2	Nemesnyár.....	5
4.2.3	Akác	6
4.3	Az energetikai célú faültetvények telepítési költségei	6
4.4	A vágási ciklus	7
5	Fa feldolgozásának folyamata	8
5.1	Betakarítás	8
5.2	Bálázás	9
5.3	Aprítás	9
5.4	Tárolás	10
5.5	Szállítás	11
6	A pelletkészítés folyamata	11
6.1	Mi is a pellet?	11
6.2	Pellet gyártásának folyamata.....	12
6.2.1	Előkészítő gépek:	13
6.2.2	Pelletprés	15
6.2.3	Utókezelő gépek.....	16
6.3	A pelletálás mechanikai és energetikai összefüggései	18
6.4	Pelletkészítés alapanyagainak elemi összetétele és jellemzői.....	19
7	Pellettüzelés.....	20
7.1	Pellettüzelés égési folyamata	20
7.2	Pellettel működő tüzelőberendezések	21
8	Egy ház gáz- illetve pelletfűtésének összehasonlító elemzése, megtakarítási számítása	23
9	Szaktudományi fejezet	26
10	Összefoglalás.....	41
	Irodalomjegyzék.....	41

Táblázatok jegyzéke

2.1. táblázat Magyarország energiatermelése	1
4.1. táblázat Az energetikai célú faültetvények telepítésének költségei és munkafázisai.	6
4.2. táblázat Fás szárú energianövények várható hozamai és jellemzői hazánkban	7
4.3. táblázat Fatermesztési modell	8
6.1. táblázat A fapellet készítésének fajlagos energiaigénye tevékenységek szerint	19
6.2. táblázat Tűzipellet-alapanyagok összetétele és tüzelési jellemzői.....	19
8.1. táblázat Földgáz ára.....	24
8.2. táblázat Megtérüléssel számítás gáz esetében	25
8.3. táblázat Megtérüléssel számítás pellet esetében.....	25

Ábrák jegyzéke

2.1. ábra Az Európai Közösség célkitűzése 2010-re a megújuló energia felhasználásában	3
3.1. ábra A megújuló energiafelhasználás Magyarországon, 2006.....	4
5.1. ábra A kész apríték.....	9
5.2. ábra A dobos aprító szerkezeti felépítése.....	10
6.1. ábra Pelletáló gépsor sematikus rajza	13
6.2. ábra Kalapácsos daráló felépítése	14
6.3. ábra Gyűrűsmatrica, síkmatrica	15
6.4. ábra A matrica metszeti és nézeti képe	16
6.5. ábra A pelletálás tényleges energiaszükséglete.....	18
6.6. ábra PLC működési elve	18
7.1. ábra Janfire Flex-A típusú pelletégő szerkezete.....	22
7.2. ábra Janfire kazán.....	23
8.1. ábra Lakossági energiafelhasználás %-os eloszlása.....	24

1 Bevezetés

A növekvő energiaigényünk a megújuló energiaforrások energetikai hasznosíthatóságára irányítják a figyelmünket. A nap, a szél, a geotermikus energiaforrások, valamint a biomassza óriási források. Hazánk kitűnő természeti adottságai miatt rendkívül jó lehetőséget ad a biomasszából előállítható energiának. Szakdolgozatomban a fapellet előállítását mutatom be. A rendelkezésre álló szakirodalom kevés. Számos hazai, külföldi mezőgazdasági és fizikai kutatás foglalkozik a megújuló energiaforrásokkal. Szakdolgozatom célja, hogy összegezzem a fapelletálás megvalósításának fizikai, gazdasági kérdéseit.

Dolgozatomban először hazánk energiahelyzetét, jövőképét tekintem át. Majd definiálom az energiaforrásokat és azon belül csoportosítom a biomasszát. Az energetikai faültetvények telepítését ismertetem az Erdészeti Tudományos Intézet kutatásainak eredményét felhasználva. A fa feldolgozásának folyamatát, szükséges gépigényét, azok működését, fizikai jellemzőit mutatom be. Majd a pelletkészítés gyártásához szükséges gépek fizikáját, és a pelletálás mechanikai és energetikai összefüggéseit részletezem. A pellettüzelés égési folyamatát valamint a tüzelőberendezések felépítését ismertetem. Összehasonlító elemzést végzek el egy családi ház gázfűtését és pellettel történő fűtése esetében. Végül a szakmódszertani részben egy óravázlatot készítettem az energiaforrásokról.

2 Magyarország jelenlegi energiahelyzete, jövőképe

A hazánkban előállított energia az éves energia igényünk mindösszesen harmadát fedezi csupán.

Magyarország energiatermelése a Központi Energia Hivatal adatai alapján 2007-ben energiahordozók szerint a 2.1. táblázatban láthatók:

2.1. táblázat Magyarország energiatermelése

Energiaforrás	Energia (PJ)	Részarány (%)
Szén	74,1	17,4
Kőolaj	35,1	8,6
Földgáz	83,1	19,8
Gazolin	6,8	1,7
Propán-bután gáz	7,4	1,9
Tűzifa	25,2	6,1
Nukleáris energia	160	38,2
Vízierőművek	0,8	0,2
Egyéb	25,5	6,1
Összesen	418	100

A 418 PJ előállított energia mellett, a szükséges energia behozatal értéke 849 PJ. Magyarország energiaszerkezete kiegyensúlyozatlan. Jelenleg alacsony a megújuló energiaforrások használatának aránya. Az Energia Klub Megújuló Energia Magyarországon című 2008-as helyzetjelentése szerint energiaigényünk fedezéséhez 95 százalékban a fosszilis és nukleáris energiahordozókra támaszkodunk. Ennek jelentős része kiváltható lenne környezetbarát energiaforrásokkal.

A megújuló és a megújítható energiákra, ezen belül a biomasszából nyerhető energiahordozókra óriási szükség van. Ennek okai a következők:

A megújuló energiaforrások hasznosítása előtérbe kerül a fosszilis energiahordozók árának folyamatos növekedése és a készletek csökkenése, korlátozott léte miatt.

Az import energiafüggőség csökkentése érdekében, hisz erősen importfüggő ország vagyunk, az energiahordozók több mint háromnegyede importált.

Az energiefelhasználás növekedése a világ legtöbb országában, nemcsak hazánkban, a megújuló energiákra és előállításukra irányítja a figyelmet.

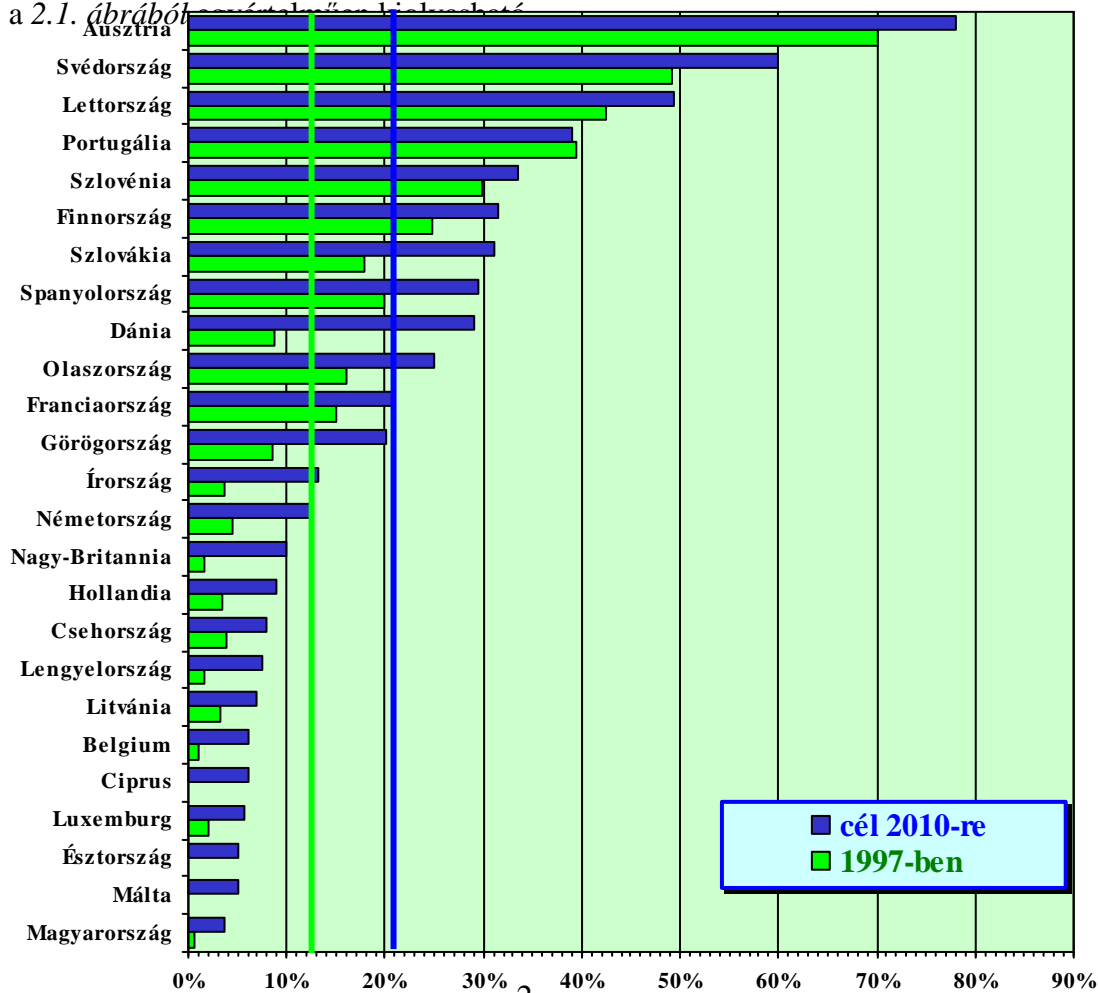
Továbbá cél a Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia által előirányzott CO₂ emisszió csökkentése, a klímaváltozás elleni küzdelem fontos feladata. Nem elhanyagolható szempont az egészségesebb környezet biztosítása sem.

Magyarország bőségesen rendelkezik biomassza-alapanyaggal. Magyarország biomassza potenciálja kb. 350-360 millió tonna, ebből évente 105-110 millió tonna regenerálódik. Az évente megújuló növényzet energiapotenciálja: 1185 PJ. Ez több mint az ország energiaszükséglete, mely 2007-ben 1040 PJ/év.

Magyarországon évente 15-20 millió tonna biomassza keletkezik, melyből kb. 9 milliót az energiaerdő, a többit a lágyszárú növények tesznek ki. (Az összes erdő mennyisége mintegy 250 millió tonna.)

A meglévő energiarendszer és felhasználás hatékonyságának javítására van szükség és egy összehangolt, komplex rendszerre állami, gazdasági, társadalmi és az oktatás szintjén is. Ennek érdekében mind uniós szinten, mind állami szinten stratégiai programok születtek.

Az Európai Közösség célkitűzése 2010-ig a villamos energiatermeléshez 22 % megújuló energia felhasználása. A megújuló energiahordozó-felhasználás 2004-ben az EU-ban 6,2 %-os. Magyarország a kyotói jegyzőkönyvben és a csatlakozási szerződésben vállalta, hogy 2010-re —az EU 2001/77/EK irányelvének megfelelően — a megújulókból származó villamos energia részesedése a 3,6 %-os lesz .Már 2005-ben elértük a 2010-re tervezett szerény célértéket, ami a többi uniós országgal összehasonlítva látható, hogy nagyon csekély érték, ami a 2.1. ábrából



2.1. ábra Az Európai Közösség célkitűzése 2010-re a megújuló energia felhasználásában

Az Európai Unió miniszterelnökeinek legutóbbi találkozásánál 2020-ig az Unió egészére nézve az energiahatékonyság 20 %-os javítására, a megújuló energiák részarányának 20 %-ra történő növelésére és a motorhajtóanyagok megújuló részarányának 10 %-ra történő emelését javasolták. Magyarország vállalta 2020-ig a megújuló energiák 13 %-os részarányának elérését és a motorhajtóanyagokon belül a megújulókat 10 %-os részesedését.

A magyar kormány a megújuló részarányának növelésére a 2007-2020 közötti időszakot szabályozó energiapolitikai stratégiát hozott létre. A legfőbb cél, hogy Magyarországon 2020-ban ezen források felhasználása érje el a 186,3 PJ/év mértéket. Ez 2006-ben 55 PJ/év volt.

A stratégiai célkitűzésen belül:

- a zöldáram-termelés a 2006. évi 1630 GWh-hoz képest 2020-ban érje el a 9470 GWh-t (79,6 PJ),
- a hőtermelésen belül a megújuló energiaforrások felhasználása a 2006. évi 36 PJ-hez képest érje el a 87,1 PJ-t,
- az üzemanyag-fogyasztáson belül a bioüzemanyagok energiaértéke – figyelembe véve az egyéb, megújuló energiahordozó bázisú üzemanyagokat – a 2006. évi mintegy 1 PJ-hez képest 2020-ra növekedjen 19,6 PJ-ra.

Magyarország természeti adottságai alapján elmondható, hogy az energiaellátás területén 2020-ig teljesen függetlenné válhat.

3 Az energiaforrások

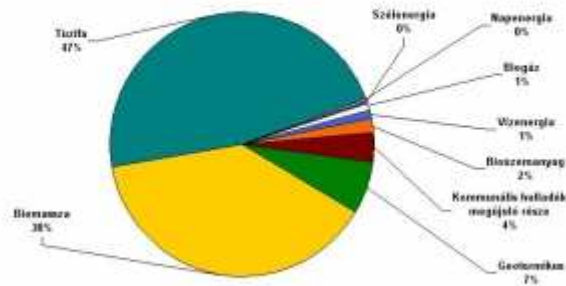
3.1 Energiaforrások csoportosítása:

1. Nem megújuló energia források
 - 1.1. Fosszilizsek (szén, kőolaj, földgáz)
 - 1.2. Hasadó anyagok (urán)
2. „Kimeríthetetlen” energia források (milliárd évek):
 - 2.1. Nap (UV, VIS, IR elektromágneses) sugárzása
 - 2.2. Földünk hője
3. Nap által generált úgynevezett megújuló energia források (földi éves ciklus):
 - 3.1. Biomassza
 - 3.2. Szél
 - 3.2. Folyók
4. Ember által „generált” szerves hulladékok
 - 4.1. Kommunális hulladékok
 - 4.2. Ipari hulladékok

A megújuló energiaforrások olyan energiaforrások, melyek egy jellemző időciklus alatt újratermelődnek, illetve a kimerülés veszélye nélkül felhasználhatók. Biomassza kémiai energia forma. A széndioxidból és vízből a napfény hatására létrejövő fotoszintézis során kémiai kötésekben történő energia tárolás. A biomassa energiafluxusa: 150-250 GJ/ha/év.

Magyarország jelenlegi megújuló energia felhasználásának döntő részét a biomassa energetikai célú hasznosítása teszi ki (3.1.ábra)..

A megújuló energiafelhasználás megoszlása Magyarországon, 2006



Forrás: Energetikai KHL

3.1. ábra A megújuló energiafelhasználás Magyarországon, 2006

Az energetikai célra hasznosítható biomasszát szerves anyagok, hulladékok vagy az energiaágazat céljaira termesztett növényi anyagok alkotják. Megkülönböztetünk növényi, állati és vegyes eredetű biomasszát. A biomassza lehet elsődleges, másodlagos és harmadlagos a termelési és felhasználási láncban elfoglalt helyük alapján.

3.2 A biomassza, mint energiaforrás csoportosítása

3.2.1 A biomassza, mint energiaforrás csoportosítása eredet szerint:

1. Növényi eredetű biomassza

- Hagyományos mezőgazdasági termények melléktermékei és hulladécai (szalma, kukoricacsutka, repce, napraforgó).
- Erdőgazdasági és fafeldolgozási hulladékok (vágástéri hulladék, gyaluforgács, fűrészpor).
- Energetikai célra termesztett növények:
 - Lágyszárú (fűfélék) és faszárú energetikai ültetvények (akác, nyárfa, fűzfa)
 - Biodízel alapanyagok (repce, napraforgó)
 - Bioetanol alapanyagok (gabonafélék, kukorica, cukorrépa, burgonya)

2. Állati eredetű biomassza

- Elsődleges: zsírok, fehérjék, szénhidrátok.
- Másodlagos: állattartás melléktermékei.

3. Vegyes eredetű biomassza

- Állati és növényi biomasszák keverten találhatóak (hígtrágya, almos trágya, kommunális hulladék)

3.2.2 A biomassza, mint energiaforrás csoportosítása a termelési és felhasználási láncban elfoglalt hely szerint:

1. Az elsődleges biomassza

- A természetes vegetáció, szántóföldi növények, erdő, rét, legelő, kertészeti növények, vízben élő növények.

2. A másodlagos biomassza

- Az állatvilág, gazdasági haszonállatok összessége, továbbá az állattenyésztés főtermékei, melléktermékei, hulladécai.

3. A harmadlagos biomassza

- A biológiai eredetű anyagokat felhasználó iparok termékei, melléktermékei, hulladécai, emberi települések szerves eredetű szerves hulladécai.

3.2.2.1 A biomassza jelentősége az, hogy energiaforrásként hasznosítható hőenergia és villamos energia termelésére, amit közvetlen elégetéssel lehet megvalósítani. Továbbá

erjesztéses technológiát alkalmazva - ahol a levegőt kizárják - hő- és áram termelést nyújtó biogáz gyártására van lehetőség.

4 Az energetikai faültetvények termesztése, telepítéstechnológiája

Mit is jelent az energetikai faültetvény? Megkülönböztetünk energiaerdőket és fás energetikai ültetvényeket. Az energiaerdő a hagyományos erdőgazdálkodás alá tartozik. Az energetikai ültetvény a fás-szárú mezőgazdasági ültetvénygazdálkodás közé sorolható. Közös, hogy mindkét esetben az energetikai szempontoknak kedvező fafajokat ültetnek (gyorsabban növő és nagyobb tömeghozamú a hagyományos erdőkkel összehasonlítva). A szabályozásuk eltérő. Az energiaerdő a hatályos Erdőtörvény alá tartozik, addig az energetikai célú faültetvényre speciális szabályok vonatkoznak. Többféle vágásfordulóval dolgozhatnak: mini (1-4 év), midi (5-10 év), rövid (10-15 év), közepes (15-20 év) és hosszú (20-25 év) vágásfordulókat különböztetünk meg.

Itthon a leggyakrabban termesztett fafajták az akác, gyertyán, juhar, hárs, fűz, éger, nyír.

Telepítéstechnológia

Az energetikai célú ültetvények létesítésének technológiai részleteit tekintem át.

4.1 Termőhely

Az ültetvények telepítése a mezőgazdasági szántóföldi termelésre gazdaságosan nem hasznosítható területeken. Talajminőségnek közepesnek vagy jónak kell lennie. Gyakorlati életben 5 és 15 ezer közötti a hektáronkénti csemeteszám. A csemeteszámnak gyengébb termőhelyen és hosszabb vágásforduló esetén alacsonyabbnak kell lenni, jó termőhelyen és gyors rotáció esetén a felső határhoz közelíthet. A talaj-előkészítés első lépése a gyomirtás, a telepítést megelőző évben egy évvel korábban.

4.2 Fafajmegválasztás

4.2.1 Fűz:

Lágylombos fafaj. Elsősorban hazai füzeink jöhetnek számításba azokon a termőhelyeken, ahol a többlet vízhatás biztosított. A rendszeres belvízborított területeken a betakarítás problémát jelenthet. Energetikai célú kísérletekben a fűz telepítésénél 35 t /ha/év (350 GJ /ha/év) hozamot értek el.

4.2.2 Nemesnyár

Lágylombos fa. A faültetvények létesítésére több szempontból is kiválóak. A telepítésre engedélyezett nemesnyárok fiatalkori növekedése, jó sarjadzó-képessége teszi alkalmassá energetikai célokra mindkét (rövid, azaz 3-5 év és hosszú, azaz 5-20 év) vágásfordulóval kezelt változatban. Telepítésük után néhány évvel már jól értékesíthetők és nagytömegű választékot szolgáltatnak. 3-4 évente lehet hozamot letermelni, melynek értéke megfelelő vízgazdálkodású területen 20-25 t /ha/év (200-250 GJ /ha/év). Magyarországon folytatott kísérletek során 13-35 t /ha/év hozamot értek el (130-350 GJ /ha/év). Visszavágásukat követően töről erőteljesen újrasarjadnak, ezért nem szükséges a letermelt ültetvények rendszeres újratelepítése. A nemesnyár ültetvényekről származó aprítékból készített pellet és brikett jobb tüzeléstechnikai paraméterekkel bír az egyéb lágy és fás-szárú növényekből készítettékhez képest.

A fűtőérték nyers (nedves) nyárfa esetében 7-8000 KJ/kg, akác esetén 11000 KJ/kg.

Száraz nyárfa fűtőértéke 21-22000 KJ/kg, akácé 21-22000 KJ/kg.

4.2.3 Akác

Az akác keménylombos fafaj kiemelkedő jellemzője, hogy fiatalkori növekedése és sarjadzó-képessége intenzív, száraz termőhelyeken hasznosítható. Biomasszaként nagyon fontos tulajdonsága, hogy szárítás nélkül, „nyersen” is ég. Tüzeléses hasznosítása a többi fafajhoz képest a legelterjedtebb. Termőterülettől függően 2–5 évente vágható. Hozama a hazai tapasztalatok – 60 hektáros kísérlet – alapján 5–10 tonna /hektár/év, ami 50–110 GJ /ha/év energia-mennyiségnek felel meg.

4.3 Az energetikai célú faültetvények telepítési költségei

Az ültetvények létesítéséhez szaporítóanyagra van szükség. A szaporítóanyag lehet simadugvány, gyökeres dugvány és csemete. A dugványokat tavasszal sorokba és meghatározott tőtávval ültetik egysoros és ikersoros változatban. Az egysoros hálózat: 2,6 x 0,7 m. Az ikersoros változat: sortáv: 0,7-2,6-2,8-0,7 m, tőtáv: 0,7 m. A nagy tőszám elérése céljából tehát célszerű ikersorokkal telepíteni. A dugványok elültetése után vegyszeres gyomirtást kell alkalmazni. Évközben többször is mechanikus vagy vegyszeres gyomirtást kell végezni.

Az Erdészeti Tudományos Intézetben az 1980-as évektől vannak a témával kapcsolatos kutatások. A következő adatok állnak rendelkezésünkre. 2007.11.30-án befejezett „A termőhelyi tényezők és a költség-hozam adatok közötti összefüggések” című tanulmány alapján a 4.1. táblázat áttekinti az energetikai célú faültetvények telepítésének költségeit és munkafázisait.

4.1. táblázat Az energetikai célú faültetvények telepítésének költségei és munkafázisai
Energetikai célú faültetvények telepítési munkarendszere

Erdő állomány típus Energetikai célú faültetvények	Akác	Akác ikersoros	Nemes nyár	Nemes nyár ikersoros
	Költség (eFt)			
Tervezés (talajvizsgálat, tervdokumentáció összeállítása)	20	20	20	20
Díjak, illetékek	15	15	12	12
Mélyszántás 40-50 cm mélyen	130	120	120	120
Terület előkészítés (tárcsázás)	57	50	50	50
Szaporítóanyag	70	130	80	147
Szaporítóanyag szállítása, vermelése (csem. ár 15%-a)	11	11	12	8
Sorkitűzés és ültetés (20 Ft/db)	86	109	256	396
Első kivétel összesen:	389	455	550	753
Kézi sorápolás (kapálás)	10	10	20	20
Gépi sorközápolás	20	16	58	55
Erdővédelmi költségek (vadriasztás, növényvédelem)	0	0	0	0
Pótlás, 20 % (ültetés - 22 Ft/db)	24	24	52	52
Összes költség befejezésig	443	505	680	880
Befejezett ápolás, Tisztítás:	47	35	20	20
Mindösszesen:	490	540	700	900

4.4 A vágási ciklus

Az ültetvények 2—3 évenként kerülnek levágásra, az élettartam 10—15 év. Az energetikai ültetvényeken 1 t faapríték 5500—8500 Ft/t költséggel állítható elő. Az energetikai faültetvények betakarítási ciklusa rövid.

- **1 év vágási ciklus** esetén a betakarítás minden évben újra megtörténik.

Ennek előnye az egységnyi felületről betakarított mennyisége viszonylag kicsi, így a közelben könnyebben tárolható.

A megoldás hátránya, hogy a betakarítás évenként történik a betakarítógéppel, így az energiafelhasználás ebben az esetben a legnagyobb. A betakarítást követően nincs biztonsági tartalék és nagyobb a betakarításkori nedvességtartalom, ami nyárok esetében 50—55% is lehet.

- **2 éves vágási ciklus** esetén a betakarítás minden második évben ismétlődik.

A megoldás előnye, hogy az egységnyi területről betakarított mennyiség már nagyobb, de a vágástér közelében még könnyen tárolható. A betakarítás 2 évenként történik, tehát a betakarítógép energiafelhasználása (aprítás-, a mozgás és az önmozgatás teljesítményigénye) kedvezőbb. Van biztonsági tartalék a betakarítást követően. A 2 éves hajtások anyagának összetétele hasonlít a szokásos fához, kisebb a betakarításkori nedvességtartalom. A megoldás hátrányai a hajtások méreteesebbek, vastagabbak, ezért nagyobb motorteljesítményű traktor és betakarítógép szükséges.

- **3 éves vágásforduló** esetén a betakarítás minden harmadik évben

ismétlődik. Az előnyei megegyeznek a 2 éves vágásfordulójú technológia esetében leírtakkal. Nagyobb az anyagkoncentráció. Akkor célszerű alkalmazni, amikor a levágást követően viszonylag sok hajtás lesz, vagy a tő terjeszkedő. Hátránya csak nagy intenzitású fafajok esetében van, mert a jelenlegi járvaaprító adapterekkel nem végezhető el a betakarítás. Ennek oka, hogy a hajtások jelentős része 10 cm-et meghaladja.

- **5 éves vágásforduló** esetén a betakarítási költség csak 5 évente jelentkezik

Későbbi a megtérülés a betakarítás miatt.

Az energetikai ültetvények hozamait illetően a szakirodalomban igen különböző adatokkal találkozhatunk. Ennek magyarázata az, hogy a különböző országok klimatikus viszonyai jelentősen eltérőek. A hazai adatok között is jelentős az eltérés, ami a termőhelyi viszonyok közötti különbségekkel magyarázható.

Egysoros hálózatnál: nyár: 8-11-15 t/ha/év akác 6-9-13 t/ha/év.

Ikersoros hálózatnál: nyár: 10-13-20 t/ha/év akác: 7,5-11-16 t/ha/év.

A hazánkban alkalmasnak ítélt fafajok várható átlaghozamát és egyéb jellemzőit az alábbi 4.2. táblázat mutatja be.

4.2. táblázat Fás szárú energianövények várható hozamai és jellemzői hazánkban

Fás szárú energiaültetvények						
Növény	Energiatart. [MJ/kg]	Átlaghozam [t/ha/év]	Energiahozam [GJ/ha/év]	Nedvesség tartalom	Vágásforduló	Élettartam
Akác - RVF	11,5	7,9	91,3	0,4	4	20
Nyár - RVF	9	20,0	180,0	0,4	4	20
Fűz - RVF	10	30,0	300,0	0,4	4	25

A „Fatermesztési modellek” című 2007.11.30-án befejezett tanulmány A különböző termesztési célú műszaki-gazdasági modellek az ismertetett elemekre épülve mutatják be a szükséges

költségeket és az elérhető hozamokat. Egy példa az ötéves vágásforduló esetén (4.3. táblázat).

4.3. táblázat Fatermesztési modell

Akác fafaj m x m ikersoros hálózat,
 x éves vágásforduló,

A kalkuláció alapadatai:

a létesítés költsége: eFt/ha

az egyes letermeléseket követő erdőművelési költségek:

x eFt/ha = eFt/ha

a fakitermelés költsége: Ft/t (Ft/t

a szállítás költsége: Ft/t

a fakitermelés természetes hozama (apadék: %)

<input type="text" value="5"/>	.évben	<input type="text" value="80"/> t/ha =	<input type="text" value="76.0"/> t/ha=	<input type="text" value="76.0"/> t/ha
<input type="text" value="10"/>	.évben	<input type="text" value="80"/> t/ha =	<input type="text" value="76.0"/> t/ha=	<input type="text" value="76.0"/> t/ha
<input type="text" value="15"/>	.évben	<input type="text" value="80"/> t/ha =	<input type="text" value="76.0"/> t/ha=	<input type="text" value="76.0"/> t/ha
<input type="text" value="20"/>	.évben	<input type="text" value="80"/> t/ha =	<input type="text" value="76.0"/> t/ha=	<input type="text" value="76.0"/> t/ha
<input type="text" value=""/>	.évben	<input type="text" value=""/> t/ha =	<input type="text" value="0.0"/> t/ha=	<input type="text" value="0.0"/>
<input type="text" value=""/>	.évben	<input type="text" value=""/> t/ha =	<input type="text" value="0.0"/> t/ha=	<input type="text" value="0.0"/>
<input type="text" value=""/>	.évben	<input type="text" value=""/> t/ha =	<input type="text" value="0.0"/> t/ha=	<input type="text" value="0.0"/>
<input type="text" value=""/>	.évben	<input type="text" value=""/> t/ha =	<input type="text" value="0.0"/> t/ha=	<input type="text" value="0.0"/>
<input type="text" value="25"/>	.évben	<input type="text" value="80"/> t/ha =	<input type="text" value="76.0"/> t/ha=	<input type="text" value="76.0"/> t/ha
összesen:		<input type="text" value="400"/> brm ³ /ha =	<input type="text" value="380.0"/> nm ³ /ha =	<input type="text" value="380.0"/> t/ha

a fakitermelés árbevétele: Ft/t

A fatermesztés jövedelme:

		diszkont faktor	diszkont érték	
<input type="text" value="0"/>	.év	<input type="text" value="-490"/> eFt/ha	<input type="text" value="1.000"/>	<input type="text" value="-490"/>
<input type="text" value="5"/>	.év	<input type="text" value="538"/> eFt/ha	<input type="text" value="2.073"/>	<input type="text" value="259.48951"/>
<input type="text" value="10"/>	.év	<input type="text" value="538"/> eFt/ha	<input type="text" value="4.299"/>	<input type="text" value="125.15763"/>
<input type="text" value="15"/>	.év	<input type="text" value="538"/> eFt/ha	<input type="text" value="8.912"/>	<input type="text" value="60.366342"/>
<input type="text" value="20"/>	.év	<input type="text" value="538"/> eFt/ha	<input type="text" value="18.478"/>	<input type="text" value="29.116046"/>
<input type="text" value=""/>	.év	<input type="text" value=""/> eFt/ha	<input type="text" value="1.000"/>	<input type="text" value="0"/>
<input type="text" value=""/>	.év	<input type="text" value=""/> eFt/ha	<input type="text" value="1.000"/>	<input type="text" value="0"/>
<input type="text" value=""/>	.év	<input type="text" value=""/> eFt/ha	<input type="text" value="1.000"/>	<input type="text" value="0"/>
<input type="text" value=""/>	.év	<input type="text" value=""/> eFt/ha	<input type="text" value="1.000"/>	<input type="text" value="0"/>
<input type="text" value="25"/>	.év	<input type="text" value="608"/> eFt/ha	<input type="text" value="38.310"/>	<input type="text" value="15.870522"/>
összesen:		<input type="text" value="2270"/> eFt/ha	összesen:	<input type="text" value="5.08E-05"/>

belső kamatláb (p) = %

Az éves átlagos jövedelem:

$$\frac{2270 \text{ eFt/ha}}{25 \text{ év}} = \boxed{90.8 \text{ eFt/ha/év}}$$

5 Fa feldolgozásának folyamata

5.1 Betakarítás

Betakarításnak többféle technológiáját ismerjük. Motormanuális döntés emberi erő segítségével vagy traktorra szerelhető járvaaprító adapter segítségével.

Járvaaprítás traktorra szerelhető adapter esetében a következő tulajdonságokkal rendelkezik.

Menetsebesség: 1,5-3 km/h,

Teljesítés: 0,3 – 0,8 ha/h,

Anyagáram: 10-25 t/h,

Fajlagos energiaigény: 45-85 MJ/t,

Szállítás: apríték szállító pótkocsival.

A fák döntése történhet rendrevágóval, ami a járva vágást és a döntést jelenti egy menetben.

Menetsebesség: 2-3 km/h,

Teljesítés: 0,5 – 1 ha/h,

Anyagáram: 15-28 t/h,

Fajlagos energiaigény: 30-70 MJ/t,

Szállítás: hagyományos erdészeti járművekkel

Rendrevágás után a fa aprítása mobil aprító berendezéssel történhet. A betakarítás során a döntést követően azonnal kötegelni is lehet a fákat.

A betakarítás után több lépcsőben is átalakítási folyamatokon mehet keresztül a fa. Az átalakítási folyamat részei a tömörítés (bálázás, pelletálás, brikettálás), az aprítás (szecskázás, hasítás, forgácsolás, bálabontás) és a szárítás. Ezek a folyamatok javítják szállíthatóságát, eltarthatóságát, égési tulajdonságait az alapanyagoknak.

5.2 Bálázás

A bálázás a szárazított fiatal fás szárú növények esetében alkalmazható technológia.

Készíthetők kicsi és nagy hasábbálák, körbálák, amelyek sűrűsége 150 és 300 kg/m³ közötti. A

kis hasáb bála 25-30 kg, a nagy hasábbála 600-1000 kg, a körbála súly 600-700 kg.

Kisbálázó gép 25 kW teljesítmény igényű, aminek a teljesítménye: 13 t/h.

5.3 Aprítás

A fás szárú növényeknél a teljes fát aprítani kell. Az aprítással kapott apríték (5.1. ábra) is darabos termék, a részecskék alakja, mérete nem azonos. Átlagos aprítékhoosszról beszélhetünk ekkor.

A betakarítógépek nagy része egy menetben aprít is. A pelletgyártás megelőző művelete az aprítás.



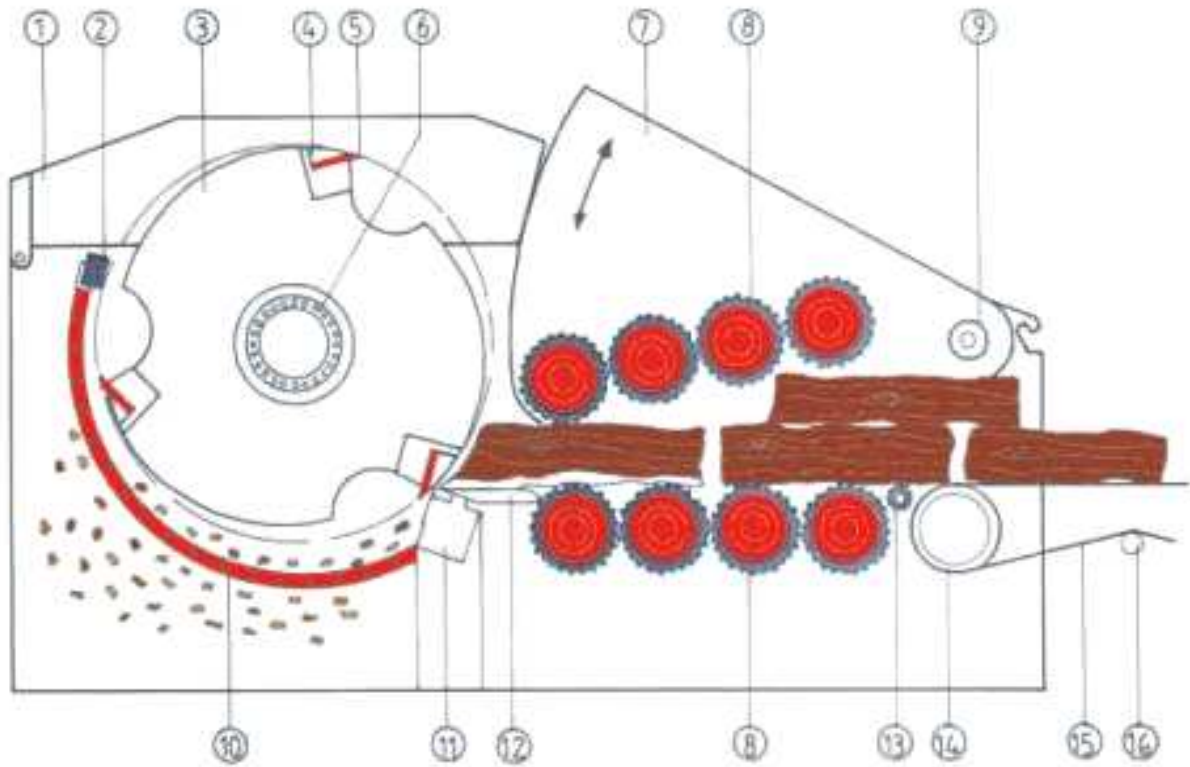
A kész apríték

5.1. ábra A kész apríték

A forgácsolással aprító gépek szeletelő, dob vagy csiga rendszerben apríthatnak.

A szeletelő forgácsológó a legpuhább fafajok esetében alkalmasak, energiaszükségletük 8-105 kW és teljesítményük 2-60 m³/h.

A dobforgácsológó 5-80 mm hosszú forgácsot készítenek 15-100 kW teljesítményigény mellett 15-100 m³/h teljesítménnyel. Az ábra a dobos aprító szerkezeti felépítését mutatja be.



5.2. ábra A dobos aprító szerkezeti felépítése

1. burkolat
2. rostatartó
3. késdob
4. fedlap
5. aprítóké
6. késdob csapágyazás
7. rugalmas felfüggesztésű felső adagoló-leszorító
8. Behúzóhenger
9. adagoló-leszorító forgáspont
10. rosta
11. ellenkés
12. támasz
13. tüskés behúzóhenger
14. behúzószalag meghajtóhenger
15. gumiheveder
16. támasztógörgő

A legkeményebb alapanyaghoz csiga-aprítókat alkalmaznak. A legnagyobb méretű (20 és 80 mm közötti átlagos aprítékosszú) forgácsot készítik el. A legtöbb energiát használják, azaz 30-130 kW, teljesítményük 50-40 m³/h.

5.4 Tárolás

Energiafa használatakor a frissen döntött fát lehet a szabadban tárolni. Ezáltal a nedvességtartalom csökkenthető. Ha aprítás történik, akkor az aprítékot csak fedett helyen

lehet tárolni. Ekkor is csökkenthető a nedvességtartalom és a szárításra fordított energiamennyiség, ha a tárolót átszellőztetik.

5.5 Szállítás

A szállítás történhet feldolgozott, vagy feldolgozatlan formában. A hatékony szállítás érdekében a térfogat/tömeg arányt minimálisra kell csökkenteni. A szállítás energiaigénye 1,4 és 5 MJ/tkm között ingadozik. Független a motor hatékonyságától és teherautó méretétől. Minél nagyobb a motor és az egyszerre elvihető súly, annál hatékonyabb a szállítás. A faapríték ömlesztve szállítható, aminek a sűrűsége 200-400 kg/m³.

6 A pelletkészítés folyamata

6.1 Mi is a pellet?

A tüzipellet-készítés az 1920-as években Észak-Amerikában kezdődött a fűrészpor felhasználásával. A fapelletet 20 évvel ezelőtt fejlesztették ki Ausztriában és Skandináviában.

A cél az volt, hogy fával és más növényi hulladékokkal is kényelmesen, gazdaságosan lehessen fűteni. A pellet angol eredetű szó, jelentése: golyócska, galacsin, labdacs, sörét, pirula.

A fapelletet nagy nyomás alatt száraz fűrészporból és faaprítékból préseléses eljárással állítanak elő. A fűrészporban lévő gyanták, olajok segítik a kötést. A keményfa és a puhafa fűrészpora is felhasználható. A legjobb keverési arány a 70 % puhafa- és 30 % keményfa-fűrészpor.

A pellet minősítése:

Felszín: A jó minőségű pellet külseje szép sima, fényes, hosszrepedésektől mentes. Ezek a felszíni tulajdonságok az eljárás megfelelő feltételeire utalnak. A pellet szilárdságát meghatározza, hogy a gyártás során elég magas hőmérsékletet értek-e el. A megfelelően magas hőmérséklet szükséges ahhoz, hogy a fában lévő lignin kötőanyag folyékonnyá váljon és a pellet rostszerkezete kialakuljon. A szilárdság felelős a pellet sűrűségért és a benne lévő törmelék ill. por arányáért. Minimális mennyiségű törmelékre szükség van, mert az a fűtés üzembiztonságát megnöveli. Ellenben ennek nagy mennyisége már gátló tényező, akadályozza csigával történő szállítást.

Minél nagyobb a pellet sűrűsége, annál tisztábban ég. A sűrűségnek nagyobbnak kell lennie 1,12 kg/dm³-nél.

A pellet szilárdságát jellemezhetjük a ledarálódással. A ledarálódás a törmelék mennyiségét méri bizonyos terhelés alatt. Ez az értéke az úgynevezett Lingotester készülékkel mérhető és nem haladhatja meg a 2,3 %-os értéket.

Átmérő: Az általános méret a 6 és 8 mm átmérőjű, de előfordul 4, 5 mm és 10 mm átmérőjű is. Kisméretű tüzhelyekhez 6 mm pellet használata indokolt a jó hatásfok és üzembiztosság miatt. Az átmérő az égéshez szükséges levegő mennyiségét és az égési időt befolyásolja. A gyártók a vastagság alapján tervezik a kandallókat.

Hossz: A hossz abban az esetben fontos, ha a pellettárolóból kiszivattyúzzák a pelletet. A szívócsövek 50 mm átmérőjűek. A németországi DIN 51731 szabvány a pellet hosszát legfeljebb 50 mm-ben rögzítette. Az osztrák ÖNORM M 7135 szabvány pedig maximális hosszt 45 mm-ben adta meg. Minimális méret nincs.

Illat: A friss, jó minőségű pelletnek enyhén édeskés illata van. Ennek oka a fentebb ismertetett lignin kötőanyag megolvadásakor létrejövő szagképződés. A szag intenzitásából gyorsan veszít, így nem jellemzi teljes biztonsággal a kiváló minőséget..

Szín: A színből lehet az alapanyagra és a feldolgozásra asszociálni, bár ez nagyon nehéz a különböző fafajták miatt . Ha kedvezőtlen körülmények között tárolják, akkor enyhén szürkés színt vesz fel. Megfelelő tárolás mellett is színeződhet, mert a gombásodás során a lignin és a cellulóz lebomlik. Továbbá a szárítás helytelen elvégzése után is megszürkülhet a forgács.

Préselési segédanyagok maximum 2 %-ban fordulhatnak elő. Természetes prés segédanyagot a kukoricaliszt. A kukoricaliszt hozzáadásával lehet a magas szilárdságot elérni. A fapellet gyártásához vegyi-szintetikus kötőanyag adagolása nem megengedett.

Sűrűsége legalább $1,1\text{kg/dm}^3$.

Nedvességtartalma 8% lehet.

Salakanyag tartalma kevesebb, mint fél % lehet.

Fűtőértéke kb. 18 MJ/kg és 5 kWh/kg közötti.

Szabványok:

Korábban ez a terület nem volt szabványosítva Magyarországon. Mostanra több EU-s szabványt elfogadtak és alkalmaznak Magyarországon. Az elfogadott EU-s szabványok listája, a Magyar Szabványügyi Testülettel összhangban vannak.

DIN 51731: Préstermék természetes fából – követelmények és feltételek

A préstermék alatt itt a pelletet és a brikettet értik. Ezeket hosszról és átmérőről függően 5 kategóriába sorolták. A 6 mm átmérőjű pelletet sorolták a kisebb tüzhelyekhez, amelyek a háztartási kandallókat, kazánokat jelenti. Ez a pellet a DIN 51731 - HP5 jelölést kapta. A szabványban többek közt például a pellet nedvességét és fűtőértékét definiálták, valamint rögzítették a nehézfém-koncentráció határértékeit. A németországi DIN szabvány nem tartalmaz elegendő megkötést.

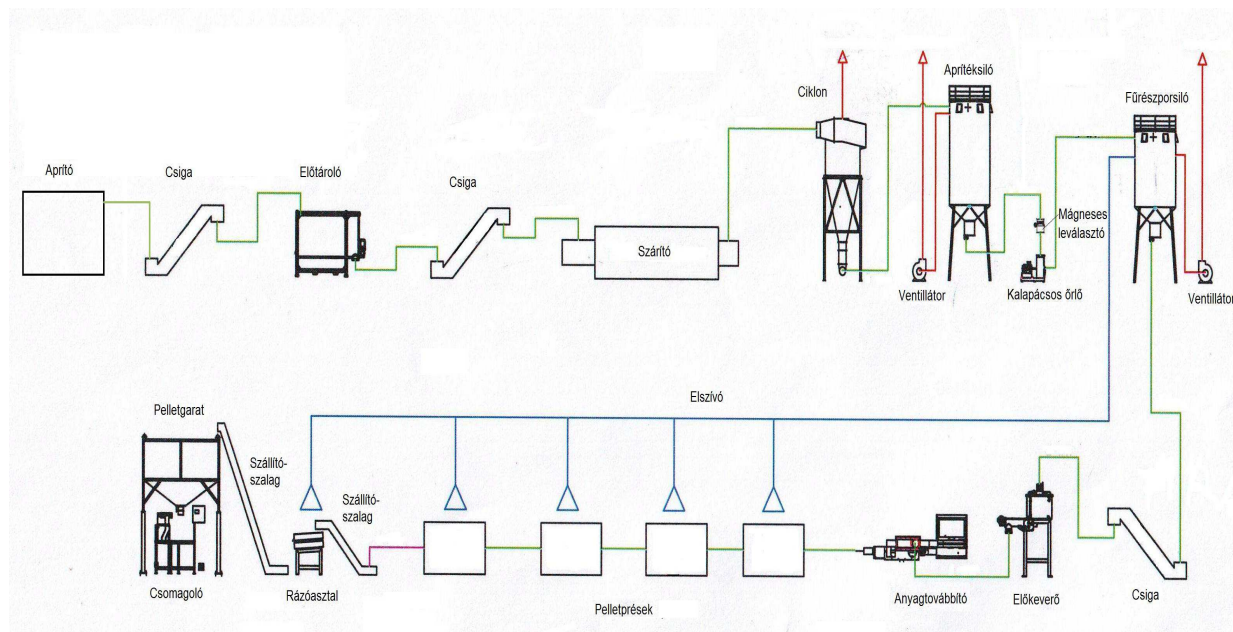
ÖNORM M 7135 Préstermék természetes fából, vagy kéregből – követelmények és feltételek

Ebben már megfelelő követelményeket támasztanak a pellet minőségével kapcsolatban. Rögzítették többek közt a ledarálódás fogalmát (törmeléktartalom), a préselési segédanyagok és a kötőanyagok mennyiségét. Valamit a pelletgyártók helyi ellenőrzését is belefoglalták. A szabvány (M 7136; M 7137) a szállítással és a tárolással kapcsolatban is előír.

6.2 Pellet gyártásának folyamata

A pellet alapanyagának tárolása és szállítása csapadék- és nedvességmentes helyen történik. A szennyeződések kiválasztása, szitálása után a darálás következik. A kalapácsos darálón felaprított anyag mérete maximum 50 mm. Technológiai víz, gőz hozzáadásával kondicionálódik a massa. Adagolócsigás keverés során kerül a pellet présbe. A prés átpasszírozza a 6 mm-es lyukakkal ellátott matricán. Ennek a fa kötőanyaga, a lignin megolvad és összeragasztja. Ekkor még magas hőmérsékletű pellet hűtésre szorul, utána pihentető tartályba kerül. Aztán az elkészült energiaforrás silókba, majd 15-20 kg-os vagy 500-1.000 kg-os big-bag zsákokban kerül forgalomba.

A pelletgyártás technológiája összetett folyamat. A sematikus rajz (6.1.ábra) egy komplett pelletáló gépsort mutat be. A továbbiakban részletesen vizsgálom meg a pelletálási folyamat részeit.



6.1. ábra Pelletáló gépsor sematikus rajza

6.2.1 Előkészítő gépek:

Az alapanyagot gondosan elő kell készíten a préseléshez.

Az előkészítés fázisai:

6.2.1.1 Beadagolás

Három beadagolási mód:

- egyedi, kézi adagolású,
- ömlesztett: a fűrészpor vagy faforgács ömlesztett állapotban adagolható be,
- bálázott.

6.2.1.2 Előaprítás

Az első gépsorelem az aprító, ami lehet tárcsás, dobos vagy csigás aprító. Az alapanyag könnyű továbbíthatósága és szárítása érdekében a fát általában 50 mm élhosszúság alatti darabokra aprítják körülbelül 5 és 15 közötti időtartam alatt készül el.. Majd a nedves alapanyagot egy csigás szállító az előtárolóba továbbítja, ahonnan szabályozott módon a szárítóba kerül.

6.2.1.3 Szárítás

Fa alapanyagnál a vágás utáni nedvességtartalom 40 és 55 % közötti is lehet, ezt optimalizálni kell. A szárítás a technológiának beruházási és üzemeltetési szempontból is nagyon költséges része. Fapelletnél 10-11%-os nedvességtartalmat kell biztosítani, ami természetes száradás útján nem érhető el.

Kétféle szárító használatos:

- Dobszárító

A forgódobban nagy hőmérsékleten földgáz vagy olajégő füstgáza végzi a szárítást.

A mozgatást és a kitarazást a levegőáram végzi. Az anyag megegyező irányban mozog a szárítóközeggel, így teljesen kiszáradnak, sőt túlszáradnak. A szárítási idő függ a részecskék nedvességtartalmától és méretétől.

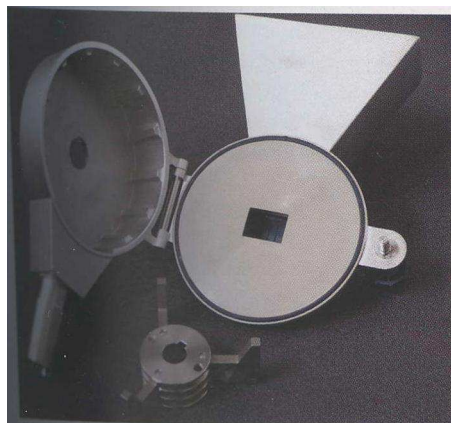
- Szalagos szárító

A berendezés kisebb hőmérsékleten (80-95 °C) is üzemelhet, mint a dobszáritó. Meleg vizes kazánnal és víz-levegő hőcserélővel is lehetséges a szárítás. Itt az anyag egy futószalagon vagy tálcán elterítve ellentétes vagy keresztirányban mozog a meleg levegővel és szintváltásokor átfordul. A szárító az egyik legfontosabb rész, mert a minőségi pellethez szükséges a 10-14 %-os nedvességtartalom beállítása. A nedvességtartalmát szabályozni lehet a szárító hőmérsékletével, a szárítószalag sebességével (lassítják vagy gyorsítják).

A direkt rendszerű szárító működésének lényege, hogy a kazán forró füstgáza érintkezik a nedves anyaggal és elpárologtatja a nedvességet. A szárítón keresztül együtt áramló alapanyag és füstgáz a ciklonba jut. Az áramlás lecsökkenése miatt a füstgáz távozik a rendszerből, a száraz alapanyag a ciklon aljába kerül, ahonnan az aprítéksilóba jut. Innen keresztülhalad egy mágneses leválasztón, ami kiszűri a fémanyagokat, idegenanyagokat (kőzetet, földdarabokat). Ez a leválasztó berendezések nélkül a kalapácsos őrlő kalapácsai, vagy a présmatrica hamar tönkremenne.

6.2.1.4 Utóaprítás

A kiszáritott aprítékot finomítani lehet utóaprítással. Kalapácsos darálókat alkalmaznak Nedves anyag esetében eltömődhetnek a daráló lyukai, ezért alkalmazzák csak szárítás után a már száraz alapanyagnál. A daráló lyukmérete egyenletes szemcseméretet eredményez. A kalapácsos őrlő (6.2. ábra) a rostájával beállított 4-5 mm nagyságra őrli az anyagot.



6.2. ábra Kalapácsos daráló felépítése

6.2.1.5 Betárazás

A száraz, pelletálásra alkalmas szemcseméretű halmaz a fűrészporsilóban feldolgozásra kész van.

6.2.1.6 Előkeverés

Az előkeverőben szükség esetén adalékokat kevernek az alapanyaghoz, illetve vízzel vagy gőzzel kondicionálják a jobb préselhetőség miatt. Itt van lehetőség a préseléshez szükséges nedvességtartalom finombeállítására. Fontos momentum ez a lépés, mert a nem megfelelő beállítása esetén problémák adódhatnak. Ha magas a nedvességtartalom akkor a préselés

után a pellet palástja töredezett lesz. Alacsony érték esetén pedig nem tud összeállni vagy könnyen morzsolódik a pellet.

Kondicionáló közegként nem a vizet, hanem a gőzt használják gyakrabban. Ennek oka, hogy gőzzel a nedvességtartalmat szabályozhatjuk, a hőmérséklet növelhetjük és a sejtfalak bontását elkezdhetjük, adalékanyagokat (keményítő, színezők) juttathatunk be.

A megfelelő hőmérséklet, homogenitás biztosításhoz kisméretű kondicionáló berendezés szükséges.

Az előkeverőből kerül a présekhez az alapanyag a zárt körpályán üzemelő anyagtovábbítón át.

6.2.2 Pelletprés

A préselési eljárás a pelletálás, ami a alapanyag átsajtolása egy kúpos furaton.

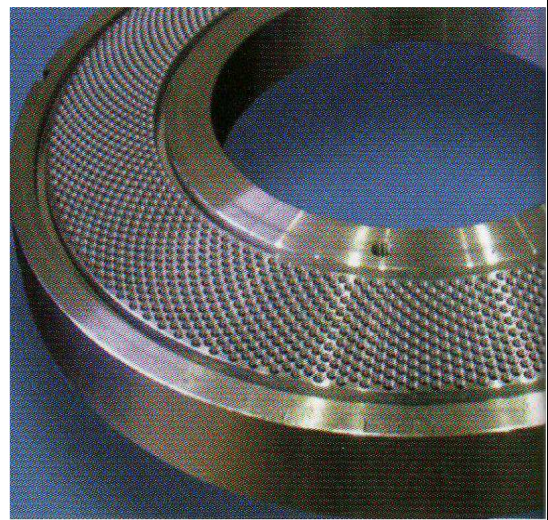
Két alapvető elrendezést különböztetünk meg.

Az egyik elrendezésben a furatok egy tárcsa formájú síkmatricában helyezkednek el. Ezeket használó pelletprésekben függőleges tengelyű, korong kialakítású síkmatricák vannak.

A másik megoldásnál a furatok egy gyűrű (a matrica) palástjában helyezkednek el (6.4. ábra). A matricák általában gyűrűs kialakításúak vízszintes tengellyel. A furatok a palást belseje felől kifelé szűkülnek.

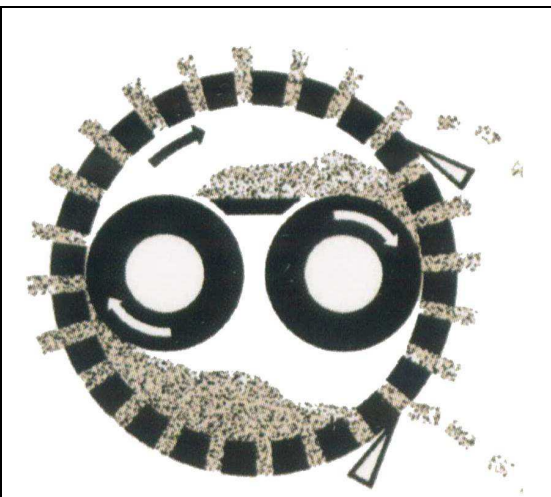


6.3.a; gyűrűsmatrica

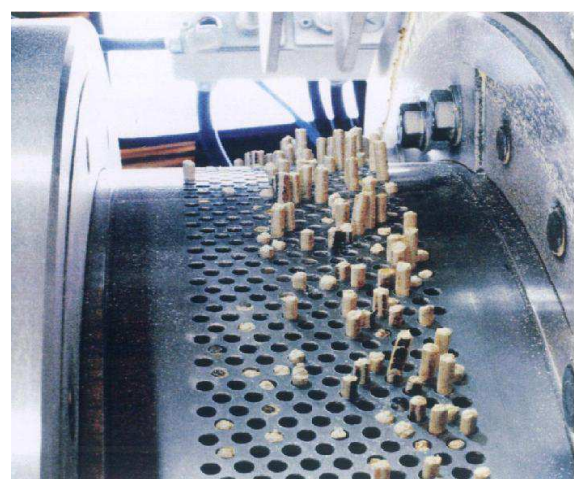


6.3.b; síkmatrica

6.3. ábra Gyűrűsmatrica, síkmatrica



6.4.a; matrica metszeti képe



6.4.b; matrica nézeti képe

6.4. ábra A matrica metszeti és nézeti képe

Az alapanyagot belepréselődik a kúpba, majd továbbpréselődik a furatban kifelé egy speciális szerszámon, a matricán (6.4.a és 6.4.b ábra) át. Az átpréselés során 800-900 bar nyomás keletkezik, mert nagy a matrica átmérője és viszonylag kicsi a szélessége. A présfej által megkívánt állandó hőmérsékletét hűtő-, illetve fűtőfolyadék biztosítja. A nyomás és a megfelelő matricahőmérséklet hatására a fa természetes kötőanyaga a lignin megolvad, és a pellet a lyukak alakjának és méretének megfelelő formát vesz fel, eléri a kívánt tömörséget. A matricát elhagyó forró pelletet egy kés méretre levágja.

A pellet átmérőjét a matrica változtatásával lehet módosítani.

A matricákat mindig az alapanyaghoz kell megválasztani. A furatok kialakítása más lágú és keményfa esetében is. Alapanyag változása esetén a matricát is cserélni kell.

Préselésből adódó kopás miatt a matrica élettartama 2.000-2.500 üzemórára tehető. A matrica nem felújítható, cseréje fontos. Csere hiányában megfelelő tömörségű pellet nem állítható elő. A gépeket minél ritkábban hasznos leállítani, folyamatosan üzemeltetésre kell törekedni. Leállítás esetén a pellet „beesül” a matricába, amit matricacserével vagy a beesült pelletet kifűrésével lehet orvosolni.

6.2.3 Utókezelő gépek

6.2.3.1 Pellethűtő

A présgép elhagyása után a pelletet felhevült állapotban, légköri nyomáson esik ki. Hűteni kell, hogy szilárd legyen. Különböző konstrukciók léteznek a hűtő elhelyezésére.

1. módszer A pelletpréstől a hűtőig egy szállítóberendezés vezet, ami forró pellet miatt erős korrodáló hatás alatt van. Csigás szállítót nem használnak, hogy ne törjön, morzsolódjon a pellet, helyette futószalagot alkalmaznak.
2. módszer a pelletprés olyan magasságban van, hogy a hűtő alá kerüljön. Ekkor belepotyog a pellet a hűtőbe.
3. módszer az ellenáramú hűtő, ez a leggyakoribb módszer. A lefelé mozgó pellettel ellentétes irányban áramlik a levegő. A levegő tehát alulról felfelé áramlik, ami a pellettel érintkezve felmelegszik. Elvonja a felesleges hőt és csökkenti a nedvességtartalmat is, megakadályozva ezzel a pellet későbbi penészedését.

A hűtő és a folyamatosan érkező forró pellet hőmérsékleti különbsége kicsi. Ennek oka, hogy a felfelé áramló levegő miatt éppen a hűtő teteje a legmelegebb ahol beérkeznek a présből a pelletek. A lassú hűtési folyamat segíti a jó minőségű pellet gyártását.

Megjegyezném még, hogy a hűtőben lévő anyagból kivont vízzel hűtik a matricát is. A fapellet előállításánál a pellet prés belsejében olyan energiák és hő szabadul fel, hogy működés közben hűteni kell berendezés belsejében lévő csapágyakat.

6.2.3.2 Szitálás, elszívórendszer

A lehűlt pellet áthalad a rázóasztalon, ahol a por és könnyen leváló morzsalékat kiszitálják a pellethalmazból. Azért fontos ez a fázis, mert olyan gáz-por elegy is kialakulhat, ami robbanáshoz is vezethetne. A porleválasztás után a por és a kisebb méretű részecskék az elszívórendszeren keresztül az alapanyag tárolóba, majd újra felhasználásra kerülnek.

6.2.3.3 Csomagolás, tárolás, szállítás

A már kész pellet a csomagolóba kerül. Csomagolóberendezések automaták és félautomaták. A pelletet ömlesztve vagy zsákolva továbbítják. 15 kg-os műanyag zsákokba vagy 1000 kg-os konténerzsákokba úgynevezett Big bag zsákokba csomagolják. A pelletet általában 15 kg-os zsákokba csomagolva raklapon szállítják. Kandallók esetén ez előny, mert a kandalló 30 kg-os tárolóját 2 zsákkal meg lehet tölteni. Ömlesztett árú esetén - amit kazánoknál használnak fel – gondoskodni kell a nedvesség elleni védelemről.

6.3 A pelletálás mechanikai és energetikai összefüggései

A mechanikai folyamat 2 része a tömörítés és a tömörített anyag kitolása.

A tömörítés során az alapanyag sűrűségét megnöveljük azáltal, hogy zárt térben összenyomjuk.

Préselésnél a nyomás és a sűrűség közötti kapcsolat parabolikus összefüggés van:

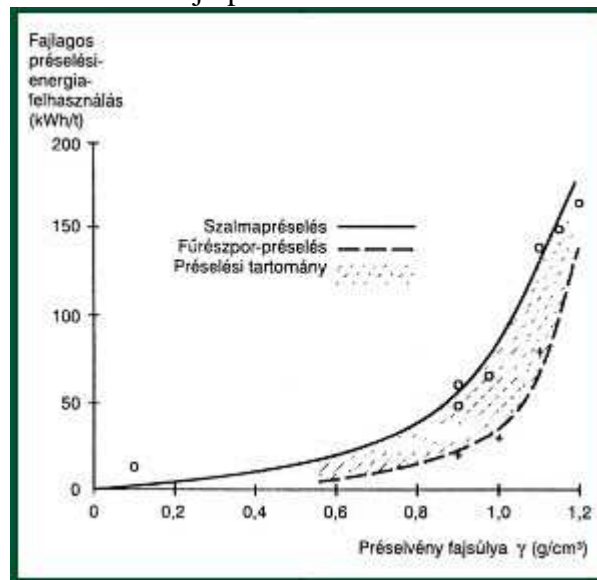
$$p = c(\gamma - \gamma_0)^2,$$

ahol c : az anyagtól függő állandó, p : a nyomás (kN/m^2) és a sűrűség: γ (kg/m^3), γ_0 : az anyagalmaz kezdeti sűrűsége (kg/m^3).

A c anyagi minőségtől függő állandó értéke meghatározható méréssel. Bükkfűrészporánál $c=69,7 \text{ m}^4/\text{kg}^2$, szalmánál pedig $c=34,6 \text{ m}^4/\text{kg}^2$.

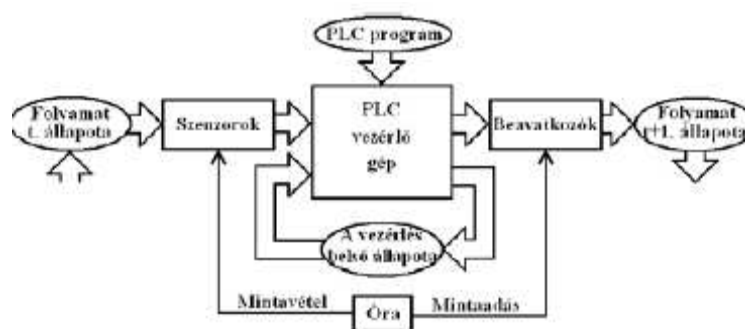
A végnyomás (ami az adott tömörítéshez kell) csökken a kezdeti sűrűség növekedésével. A kisebb apríték méret csökkenti a tömörítési munkát. $p = c(\gamma - \gamma_0)^2$ összefüggésből látható, hogy a nyomás a tömörödés mértékének négyzetétől függ. Az energiaigényt a sűrűség növekedéséből számíthatjuk ki.

A nyomás, a geometriai jellemzők és a préselési úthossz (a préstérfogat csökkenése) alapján meghatározható a tömörítési munka. A pelletálóberendezésekkel felvehető fajlagos energiafelhasználás 6-8 mm átmérőjű pellet esetén a 6.5. ábrán látható.



6.5. ábra A pelletálás tényleges energiaszükséglete

Az üzem vezérlése, működtetése teljesen automatikus PLC és számítógép vezérelt. A PLC (Programmable Logical Controller) berendezések olyan ipari mikroszámítógépek, melyeket automatizálási feladatok megoldására fejlesztettek ki. Működési elvüket az 6.6. ábra mutatja.



6.6. ábra PLC működési elve

A PLC egy véges belső állapotú automata, amely bemeneti szenzorain segítségével értesül a megfigyelt folyamat aktuális állapotáról. A PLC saját állapota, valamint a működést leíró vezérlőprogram alapján meghatározza a rendszer tervezett következő állapotába jutásához szükséges irányító jeleket. A jeleket a kimenetein keresztül a beavatkozó szervekhez juttatja. A technológia jelentős energiával működtethető, aminek a megoszlása a 6.1. táblázatból látható.

6.1. táblázat A fapellet készítésének fajlagos energiaigénye tevékenységek szerint

A fapellet készítésének fajlagos energiaigénye tevékenységek szerint (kWh/t)					
Szállítás	Őrlés	Pelletálás	Hűtés	Csomagolás	Összes energia
5	15	60	2,5	2,5	85

A beleznai Pannon Pellet Kft. vállalászási vezetője elmondása alapján 1 t pellet előállításához (40 %-os nedvességtartalmú alapanyag esetén) 500 kWh energiára (hő 296 kWh, villamos 200 kWh) van szükség. 1 t pellet energiataralma 5000 kWh.

Az üzem heti hatnapos, három műszakos munkarendben évi 10 ezer tonna pelletet képes előállítani. Ez a mennyiség évente 3000 - átlagosan 120 m² alapterületű - családi ház fűtésére elegendő.

6.4 Pelletkészítés alapanyagainak elemi összetétele és jellemzői

6.2. táblázat Tüzipellet-alapanyagok összetétele és tüzelési jellemzői

Név	N	C	S	H	O	Cl	H ₂ O	Hamu	Fűtőérték (száraz- anyagra) MJ/kg
	%								
Nyárfapellet	0,182	45,606	0,107	4,760	41,191	0,001	6,400	1,753	18,057
Bükkfapellet	0,182	45,838	0,063	5,621	39,912	0,001	7,800	0,584	19,016
Fenyőpellet	0,100	48,348	0,104	5,325	39,720	0,006	6,230	0,167	19,097
Fűzfapellet	0,781	44,638	0,118	4,665	37,988	0,030	7,460	4,320	18,101
Kínai nád	0,202	45,270	0,088	4,920	40,994	0,099	7,030	1,397	18,246
Cirokpellet	0,742	42,149	0,190	4,772	37,725	0,500	6,420	7,503	16,757
Kukoricaszem	0,096	48,371	0,090	5,347	39,707	0,006	6,230	0,152	17,671
Kender (egész növény)	0,555	43,572	0,151	4,792	40,768	0,072	6,680	3,410	17,229
Repcepellet	0,126	47,519	0,086	5,431	39,750	0,021	6,753	0,301	20,250
Szalmapellet	0,663	40,114	0,187	3,907	37,179	0,900	9,250	7,800	16,665
Energiafű	1,502	46,447	0,205	6,012	31,424	0,120	8,790	5,500	17,226

(forrás: FVM MGI-Tóvári-Szabó)

Az első feltűnő adat a 6.2. táblázatban az, hogy a fapelleteknek alacsony a carbontartalmuk (45-50%) és jelentős az oxigéntartalmuk (40-45%). Az égetés során az égési levegőigény és a keletkező füstgáz mennyisége így csekélyebb, mint a szenek égetésénél.

Pelletálás során a legfontosabb jellemző a nedvességtartalom. Ez függ az alapanyag összetételétől és a feldolgozást megelőző kezelési műveletektől (begyűjtés, aprítás, szállítás, tárolás) is. A nedvességtartalomnak kicsinek kell lennie, és a megfelelő szinten kell tartani, ennek megvalósítása komoly kihívás. Ugyanis a fa fűtőértéke nemcsak a fa sűrűségétől függ,

hanem a víztartalmától is. Minél nagyobb a víztartalma, annál kisebb a fűtőértéke. Ha ingadozik a nedvességtartalma az alapanyagának, akkor a daráló betömődhet vagy a pellet nem áll össze. A növekvő nedvességtartalom a keletkező füstgáz mennyiségét is növeli és ez a füstgázok elvezetésénél okoz gondot a kondenzációs jelenségek miatt.

A 6.3. táblázat a fa nedvességtartalma (víz mennyiség százalékban a fa száraz súlyához képest) és a fűtőérték közötti összefüggéseket mutatja.

6.3. táblázat A fa nedvességtartalma és a fűtőértéke közötti összefüggések

Víztartalom %	10	15	20	30	40	50
Fűtőérték (MJ/kg)	16,56	15,48	14,4	12,24	10,44	8,28
Fűtőérték (kWh/kg)	4,6	4,3	4,0	3,4	2,9	2,3

Jól látható, hogy a nedves fa 50%-os víztartalommal csak fele annyi fűtőértékkel rendelkezik, mint egy jól kiszáritott 10%-os nedvességtartalmú fa.

A hasábfá nedvességtartalma 20 % alatti két éves tárolás után. Fűtőértéke 15-20 MJ/kg. A faapríték nedvességtartalma nedvesen 40 % körüli, több hét szárítás után éri el a 20 %-ot.

A fűtőérték az anyag nedvességtartalmával lineáris kapcsolatban áll:

$$H_a = H_f - 25,5 n \text{ (kJ/kg)}$$

ahol: H_f - a melléktermék égéshője (kJ/kg)

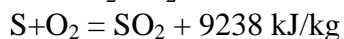
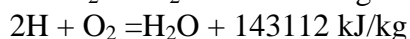
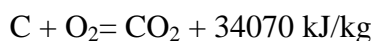
n - a melléktermék nedvességtartalma (tömegszázalék).

A hidrogén- és kéntartalom csekély mértékben van jelen. A kis kéntartalom környezetvédelmi szempontból kedvező, a kis hidrogéntartalom (6% körüli) a fűtőérték szempontjából nem előny, a fűtőértéket alig növeli. Nitrogénnek, kénnek, klórnak szerepe van a kibocsátott káros anyagok a nitrogén-oxidok (NO_x), a kén-oxidok (SO_x) és a keletkezett savak létrejöttében, amelyből a sósav (HCl) gőz állapotban megtalálható a füstgázban. A klór a dioxin keletkezését is befolyásolja, így különösen káros. A klórtartalom a szárazanyag-tartalomhoz viszonyítva fa esetében azonban minimális. A fapelletek hamutartalma kisebb, mint a fűfélék pelletjeinek hamutartalma.

7 Pellettüzelés

7.1 Pellettüzelés égési folyamata

Az égés folyamata a következő reakciók szerint megy végbe:



Az égési folyamatot három fázisra lehet osztani:

1. Száradási folyamat

A felmelegítés során az energiaforrás részecskéi felhevülnek. A száradás és kigázosodás hőmérsékletén (100-135 °C) a szerves anyagok bomlani kezdenek. Kezdetét veszi a kigázosodás. A nedvesség 100°C hőmérsékleten távozik. A pellet nedvességtartalma 10%

körüli, így a fűtőértéke magas. Ekkor az éghető gázok, szerves anyagok gőzei és vízgőz keletkezik.

2. Elgázosodás fázisa

Az égés második szakaszában az éghető gázok égése közben további bomlás, „elgázosodás” megy végbe. Intenzív hőbomlás kezdődik, molekuláik hasadni és párologni kezdenek. Az anyag illóanyag-tartalma éghető gázok és vízgőz formájában nagyon lassan távozik 100-200°C-on. A fa a szalma mellett a gázokban leggazdagabb tüzelőanyag.

230 és 250 °C között az eltávozott gázok égése megy végbe. 260°C-tól intenzív égés történik, ami exoterm folyamat a levegővel elegyet alkotva. A pirolízis során hőtöbblet keletkezik. A elgázosodás nagyon intenzív, az égés ilyenkor tökéletlen. Ez a folyamat 500-540 °C-on történik és a teljes elgázosodásáig folytatódik. Viszonylag sok szén-monoxid keletkezik.

Mintegy 1000°C láng hőmérséklet kell ahhoz, hogy a fagáz szénre és hidrogénre tökéletesen felbomoljon és oxidálódjék. A fagázok tökéletes elégésekor széndioxid (CO₂) és víz (H₂O) keletkezik. A pellet tömegéhez képest nagy a felülete. Ebből következik, hogy jól gázosodik

3. Kiegészi folyamat

A harmadik szakaszban a biomassza kiszáradásából keletkező vízgőz, az éghető gázok, és a hozzáadott szekunder levegő együttes égése viszonylag magas hőmérsékleten (1100-1250°C) történik. A gázok eltávozása után az alapanyag elizzik, az égés befejeződik, salakanyag marad hátra. A szinte tökéletes égés miatt alig keletkezik hamu (> 0,5 %).

7.2 Pellettel működő tüzelőberendezések

A tüzelőberendezéseket két csoportja a kandallók és kazánok.

Kandallók teljesítménye 6 és 20 kW közötti. Működésük automata rendszerű. Közvetlenül adnak le hőt a levegőbe. Beépített pellettartállyal rendelkeznek. Alkalmasak nagyobb helyiségek, közepes méretű családi házak igényeinek ellátására. Szobatermosztátról vezérelhetők. A felhasználóknak csupán pellettel kell feltölteni és karbantartani.

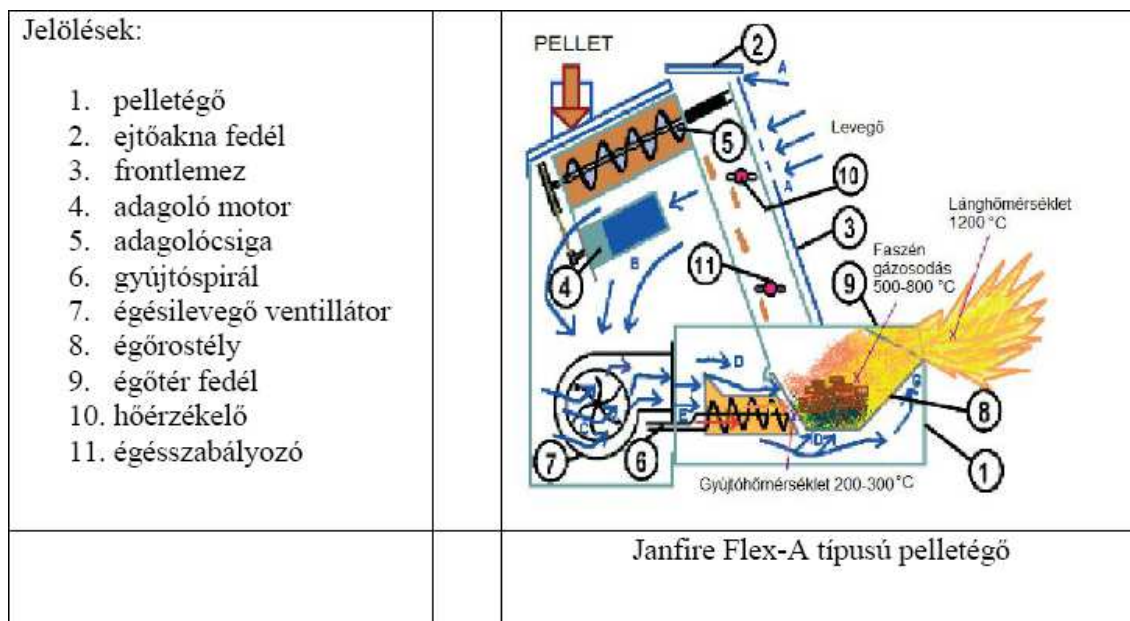
A kandallókat is két csoportra oszthatjuk: a központi fűtésre csatlakoztathatók és a konvekciós (hőáramlás) elven működő berendezésekre.

A központi fűtéshez kapcsolódó vízteres kandallók a használati melegvíz valamint a fűtéshez szükséges meleg víz előállítására is alkalmasak.

Kazánok teljesítménye 10 és 100 kW közötti, de vannak 100 kW-ot is meghaladó teljesítményű berendezések. Működésük szintén automata rendszerű. Közvetlenül nem tudnak leadni hőt a levegőbe. Használati és a fűtéshez szükséges meleg víz előállításra alkalmasak. Nagyobb beépített pellet-tartállyal, hamutartóval rendelkeznek, mint a kandallók.

A felhasználóknak csupán pellettel kell feltölteni 4-6 hetente és természetesen karbantartani kell. Külső pellet-tartállyal megoldható az is, hogy egyszer kelljen a feltöltéssel foglalkoznunk.

Egy Janfire Flex-A típusú pelletégő szerkezetét mutatja az alábbi ábra.



7.1. ábra Janfire Flex-A típusú pelletgő szerkezete

Hogyan kerül a tartályból a pelletgőbe a pellet?

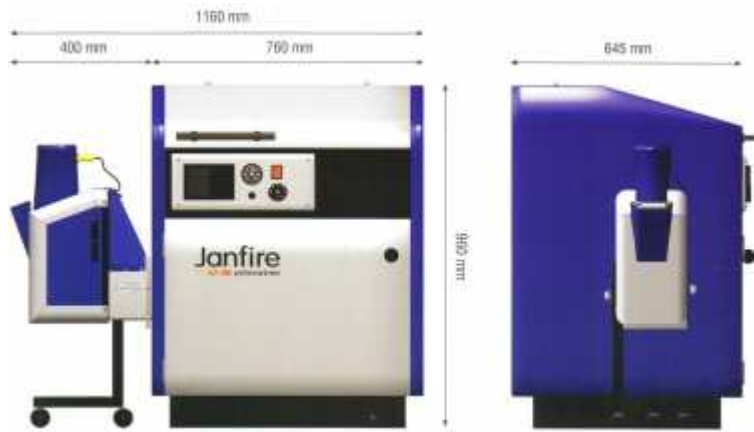
Működése során a pellet először az ejtőaknába kerül. Ezt a műveletet az adagolómotor által hajtott adagolócsiga végzi. Innen az égőtér égőrostélyába kerül. Az égőrostély hőállósága magas, nemesacélból készült. Kialakítása gondoskodik a pellet tökéletes elégetéséről. A hosszú életű gyújtóspirál előmelegít forró levegőt. Begyűjtáskor ezt a forró levegőt az égésilevegő ventilátor fújja a pelletre. Hatására 3-4 perc alatt begyullad a pellet, majd a gyújtóspirál kikapcsol. Az égő programja vezérli a pelletadagolást és az égési levegő mennyiségét. A vezérlés a legjobb hatásfok eléréséhez szükséges meghatározott paraméterek alapján történik. A pellet mondhatni folyamatosan, de kis adagokban érkezik a tüztérbe, így a nem hűtjük le a tüztérhőmérsékletet, és remek gázosodási feltételek alakulnak ki. Az égő csak addig üzemel, amíg hőigény van. Hőigény hiányában kikapcsol, és szükség szerint újra indul.

Janfire VarioflameTM kazán egy komplex pellet és hasábfű alapú fűtési rendszert eredményez. A német piacon 1998 óta van forgalomban. Kényelmesen tisztítható és karbantartható. Az égő teljesen automatikus és öntisztító, akár 6 hónapig is képes ellenőrzés és felügyelet nélkül működni. Az égő az előre programozott intervallumok szerint végzi a tisztítási műveletet. 90%-nál magasabb hatásfokú. Ez azért nagyszerű, mert minél nagyobb a tüzelőberendezés hatásfoka, annál kevesebb a tüzelőanyag felhasználásának mértéke az előállított hőegységhez viszonyítva.

Égők műszaki adatai:

- Égő: 203 V/50 Hz/80 W
- Adagolómotor: 15W, integrált túlterhelésvédelem
- Gyújtóegység: 230 V/1100 W
- Fúvóka: 60 W, forgókapcsolóval vezérelt
- Pellettüzelés teljesítménye: 4,5-25 kW-ig szabályozható.

Kazán (7.2. ábra)műszaki adatai:

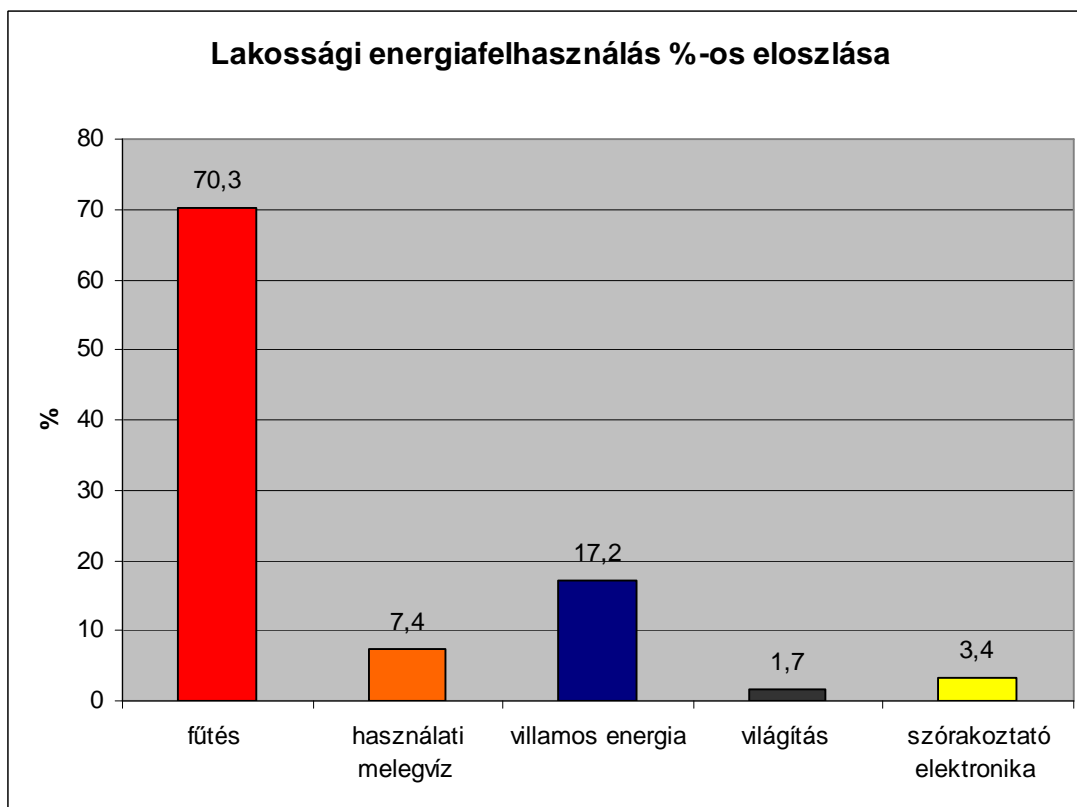


7.2. ábra Janfire kazán

- Víztartalom: 48 liter
- A kazán súlya: 205 kg
- Az égő súlya: 23 kg
- Biztonság: teljesíti az SP szabvány (Svédország) szerinti P-jelzés követelményeit, rendelkezik a legfrissebb európai szabvány, az EN 303-5 szerinti engedéllyel.
- Hatásfok: 90%-ot meghaladó.

8 Egy ház gáz- illetve pelletfűtésének összehasonlító elemzése, megtakarítási számítása

Egy 120 m²-es, két felnőtt és két gyermek által lakott családi ház lesz a minta alapja. Az alábbi diagrammon (8.1. ábra) az energiateljesítmény eloszlását figyelhetjük meg. Látható, hogy az energiára fordított kiadások csaknem $\frac{3}{4}$ része a fűtés miatt van.



8.1. ábra Lakossági energiafelhasználás %-os eloszlása

Érdeemes a fűtés terén elérhető megtakarítások lehetőségeit megvizsgálni.

A fűtési szezonban a lakás átlagos hőmérséklete 20°C , a külső méretezési hőmérséklet -15°C , az épület határoló szerkezetei (falak, nyílászárók, födémek.) a jelenleg érvényben lévő hőtechnikai követelményeknek megfelelnek, a ház déli tájolású. Az éves kumulált hőigény 25500 kWh .

Az épület fűtési hőigénye a határoló szerkezeten keresztül távozó hőmennyiség pótlásához szükséges energiával egyenlő. Ezen energiaszükségletet alapvetően az alábbi három paraméter szorzata határozza meg:

- A határoló szerkezet felülete; $A\text{ (m}^2\text{)}$
- A határoló szerkezet hőátbocsátási tényezője $k\text{ (W/m}^2\text{K)}$
- A határoló szerkezet két oldalán mért hőmérsékletek különbsége $\Delta T = T_{\text{bel}} - T_{\text{kül}}\text{ (K)}$

Képlet formájában: $Q_0 = \sum A_i \times k_i \times (T_{\text{bel}} - T_{\text{kül}})\text{ (W)}$

A vezetékes földgáz ára a Fővárosi Gázművek honlapja alapján 2008. október 1-jétől a $20\text{ m}^3/\text{h}$ -nál kisebb mérőórával rendelkező háztartási fogyasztók részére (8.1. táblázat).

8.1. táblázat Földgáz ára

Ft/MJ		Ft/ m^3	
Nettó	Bruttó	Nettó	Bruttó
3,113	3,736	105,842	127,01

1 m^3 gáz fűtőértéke megközelítőleg 34 MJ , ami $9,44\text{ kWh/ m}^3$. Ez azt jelenti, hogy 1 köbméter gázból $9,44\text{ kWh}$ hőenergiát tudnánk előállítani, ha 100% -os hatásfokkal működő hőtermelő rendszerünk lenne. A valóságban a hatásfok alacsonyabb, mint 100% . A gázból előállítható hőmennyiséget a gáz fűtőértéke és a gázkészülék, illetve a teljes rendszer hatásfoka határozza meg.

A megtérülés számításához (8.2. táblázat) azt kell tudnunk, hogy 1 kWh hőmennyiség előállítása mennyibe kerül gázzal.

8.2. táblázat Megtérüléssel számítás gáz esetében

A gáz bruttó ára (Ft/ m ³)	127,01
A gáz fűtőértéke (kWh/ m ³)	9,44
A hőtermelő rendszer hatásfoka (%)	70
1 m ³ gázból 70 % hatásfokkal előállítható hőenergia (kWh)	9,44 x 0,7 = 6,61
A gázból előállított hőenergia ára (Ft/kWh)	127,01: 6,61 =19,21
A gázból előállított hőenergia ára kerekítve (Ft/kWh)	19
Az éves 25500 kWh hőigény ára (Ft)	484500

1kg fapellet fűtőértéke 18 MJ/kg, ami 5,3 kWh/kg. 1m³ földgáz fűtőértéke 34 mJoule, azaz kb. 2kg fapellet fűtőértéke egyezik meg 1 m³ földgáz fűtőértékével.

A Globalstone Magyarország Kft. Lakossági árlistája alapján 1 mázsa 6 mm átmérőjű keményfa fapellet tüzelőanyag 90 % bükk és 10 % tölgy fűrészporból 5300 Ft-ba kerül a lakossági felhasználóknak.

8.3. táblázat Megtérüléssel számítás pellet esetében

A pellet bruttó ára (Ft/ kg)	53
A pellet fűtőértéke (kWh/kg)	5,3
A hőtermelő rendszer hatásfoka (%)	93
1 kg pelletből 93 % hatásfokkal előállítható hőenergia (kWh)	5,3 x 0,93 = 4,929
A gázból előállított hőenergia ára (Ft/kWh)	53: 4,929 =10,75
A gázból előállított hőenergia ára kerekítve (Ft/kWh)	11
Az éves 25500 kWh hőigény ára (Ft)	280500

Az éves megtakarítás 484500-280500= 204000 Ft. A Janifre Pelletkazán beruházási költség körülbelül 1850000 Ft. Az egyszerűsített megtérülési időt megkapjuk, ha a beruházási költséget elosztjuk az éves megtakarítással, azaz 1850000:204000=9,07 év. A megtérülés 9 év, ami a gázár emelkedésével valószínűleg tovább csökken.

2008 augusztus 15-től igényelni lehet vissza nem térítendő támogatást a „Sikeres Magyarorszáért” Lakossági Energiatakarékosági Hitelprogram keretén belül. Pályázhatnak, akik a lakóingatlanokban a hagyományos energiahordozók helyett megújuló energiaforrásra épülő beruházást hajtanak végre. Az elnyerhető összeg a beruházási költség legfeljebb 30%-a, de lakásonként legfeljebb 1200000,- Ft .

Tegyük fel, hogy elnyertük a vissza nem térítendő támogatást, így a kazán beruházási költsége 1295000 Ft.

Ebben az esetben a megtérülési idő 1295000:204000=6,34 év. A megtérülés körülbelül 7 év.

9 Szakmódszertani fejezet

AZ ENERGETIKAI CÉLÚ FAÜLTETVÉNYEK TERMESZTÉSÉTŐL A TÜZELÉS ÚTJÁN TÖRTÉNŐ FELHASZNÁLÁSÁNAK TELJES RENDSZERÉIG

Szakmódszertani fejezet

A diplomamunka készítője:

Kisbenedek Katalin, fizikatanár szakos hallgató

Témavezető:

NÉMET BÉLA

A szakmódszertani fejezet konzulense:

NÉMET BÉLA

PÉCSI TUDOMÁNYEGYETEM

Fizikai Intézet

Környezetfizikai és Lézerspektroszkópai Tanszék

2009. június

Szakmódszertani dolgozatomban egy óravázlatot készítek az energiaforrásokról, erőművekről.

A téma megértéséhez a fizikai ismeretek töredékére van csak szükség, ezért az órák anyaga nem csak fizika órán kerülhet el. Ennek oka, hogy a tanulók már rendelkeznek ismeretekkel az eddigi tanulmányaik alapján, valamint az internet, a televízió, újságok által. A középiskolai oktatásban fizika, természetismeret, földrajz vagy osztályfőnöki órán is tárgyalható. Ezt lehetővé teszik a megújult NAT és a Kerettantervek is. A NAT és a Kerettantervek előírják az iskolák számára a környezeti nevelés sokféle formáját.

A tananyag fontos minden embert életét érintő fogalmakat tartalmaz. Az energia, energiaszükséglet, energiaforrás, energia előállítása, erőművek olyan fogalmak, amelyekhez kapcsolódóan döntéseket kell hoznunk, véleményt kell alkotnunk.

A kooperatív tanulási, tanítási módszerek használatával a gyerekek szinte észrevétlenül válnak aktív közreműködővé. E módszerek segítségével a következő célok valósíthatók meg.

- Képességfejlesztés, melynek során a megismerési és a tapasztalati anyagot feldolgozó kompetenciák erősödnek.
- Attitűdformálás környezet iránti pozitív érzelmek kialakítása.
- A személyes felelősség erősítése a természet fenntarthatósága, megőrzése iránt.

A munka során a tanulók fizikai ismeretei gyarapodnak, képességeik is fejlődnek.

A komplex gondolkodást segíti, hogy társadalmi, etikai, környezetvédelmi problémákkal találkoznak.

A fizikatanítás „Kölcsönhatások és energiaváltozások” című témaköre részben olyan tananyagot tartalmaz, amely jelentősebb elvonatkoztatást kíván, másrészt alkalmas a tanulók szemléletét formálására, a természet iránti felelősségérzetének erősítésére.

Erről a területről az energiaforrások tanítását választottam dolgozatom témájának.

Az energiaforrások témaköre alkalmas arra, hogy a tanulók önállóan, egymást segítve tegyenek szert új ismeretekre. Az ismeretek nagy részének már birtokában vannak, csak rendszerezniük kell azokat. A témakör fogalmai a mindennapjaikban gyakran hallják. A témakör érdekesebbé tehető filmbejátszásokkal, újságcikkekkel. Lehetőség van gyűjtőmunkára. Rengeteg információ található az interneten is ezzel kapcsolatban.

A tanár így nem az információ forrása, csupán az információ megszerzésének segítője.
A téma fontos szerepet játszik életünkben. Lehetőséget ad arra, hogy a fizikát ne egy elvont tudománynak tekintsék a tanulók, hanem egy olyan eszköznek, ami segít eligazodni a világban.

ÓRAVÁZLAT

Készítette:

Kisbenedek Katalin
IV. évf. UDSZ fizika
2009

Tanítás ideje:	2009. április 6.
Tanítás helye:	Szász Ferenc Kereskedelmi Szakközépiskola és Szakiskola, Budapest
Osztály:	9. d (létszám: 32 fő)
Tantárgy:	Fizika
Témakör:	Energia
Tananyag:	Megújuló és nem megújuló energiaforrások
Didaktikai feladat:	Új ismeretszerzés és az előzetes ismeretek rendszerezése
Tanít:	Kisbenedek Katalin
	IV. évf. UDSZ fizika

Előzetes ismeretek:

- Ismeri az energia fogalmát, jelét, mértékegységét.
- Az eddigi követelményszintnek megfelelően ismeri az energiafajtákat.
- Tisztában van a teljesítmény, hatásfok fogalmával.

Nevelési célok:

- Logikus és kritikus gondolkodásra nevelés.
- Fejlődjön a tanuló felelősségtudata.
- Fejlődjön a tanulóban a közösségi szellem.
- Kreatív személyiségtulajdonságok fejlesztése.

Oktatási célok:

- Az energiaforrások megismerése.
- Tudja csoportosítani a megújuló és nem megújuló energiaforrásokat
- Ismerje az energiaforrások jellemzőit.
- Ismerje az energiaátalakítás lehetőségeit, folyamatait.
- Ismerje a villamos energia előállításának módjait
- Ismerje az energiaforrások környezetre gyakorolt hatását.

Képzési célok:

- minimum: a tanuló az oktatási célokban megfogalmazott tevékenységeket segítséggel végzi.
- optimum: a tanuló az oktatási célokban megfogalmazott tevékenységeket önállóan végzi.

Alkalmazott munkaformák:

Egyéni munka, önálló ismeretszerzés, csoportmunka, ismétlés, megbeszélés, ellenőrzés, értékelés.

Eszközök:

Számítógép, projektor, kártyák, füzet, A/3-as lapok, színes filctollak

Idő	Tanár munkája	Tanuló munkája	Szakedidaktikai elemzés
0'	Tanóra eleji előkészületek Osztályterem átrendezése csoportmunkához. Számítógép és projektor ellenőrzése, bekapcsolása.(szünetben)		
1'	Irányított csoportalkotás Ma az óra egy részében 8 x 4 fős csoportokban fogunk dolgozni. Minden tanuló kap egy szókétyát. Próbáljátok megtalálni a csoporttársaitokat. Ha kész, foglaljatok helyet közösen az egyik asztalnál. Miért vagytok egy csoportban? Melyik energiaforráshoz köthetők az egy csoportban található képek? A tanulók felmutatják a képet, megbeszéljük.	Feladat végrehajtása 1. szén 2. földgáz 3. kőolaj 4. atom 5. szél 6. víz 7. Nap 8. biomassza	Szókétya (1.melléklet) Ismétlés Előzetes ismeretek felidézése célirányosan az óra témájához kapcsolódva.
6'	Keresztrejtvény Fejtsétek meg csoportokban az alábbi keresztrejtvényt! Ha készen vagytok, a megoldásokat a táblára kivetítjük, így tudjátok ellenőrizni	Megoldások: Fény, generátor, teljesítmény, energia, atomerűmű, Watt, váltakozó áram, gőz, erőmű.	Csoportmunka Csoportszellem kialakítása, az óra témájának előkészítése, az előzetes fogalmak felelevenítése (2. melléklet) Projektor használata, a kész rejtvényt (3. melléklet) a tanár kivetíti ellenőrzés céljából.
10'	Mai témánk A mai órán az energiaforrásokkal fogunk foglalkozni. Cím felírása a táblára: Energiaforrások.	Cím felírása a füzetbe: Energiaforrások.	

	<p>Hogyan csoportosítjuk az energiaforrásokat? Milyen fosszilis energiaforrást ismertek? Hogyan keletkezik a nukleáris energia, az atomenergia? A megújuló energiaforrások körébe tartoznak az olyan anyagok, amelyek rövid idő alatt keletkeznek (pl. biomassza) és az olyan természeti jelenségek, melyek állandóan rendelkezésünkre állnak. Soroljuk fel a megújuló energiaforrásokat!</p>	<p>Nem megújuló és megújuló energiaforrások. Szén, kőolaj, földgáz.</p> <p>Urán atomok hasadásával.</p> <p>Napenergia, szélenergia, vízenergia, biomassza energiája.</p>	<p>Célkitűzés Megbeszélés</p> <p>Felelevenítjük a tanulók ismereteit</p>
12'	<p>Szakértők csoportja A csoport minden tagja kap betűjelet, kérlek, jegyezzétek meg (A, B, C, D)! Minden csoport kap egy kártyát a képével megegyező energiaforrásról. Keressetek információt róluk a következő szempontok alapján és jegyzeteljétek a füzetbe. Szempontok: Hogyan keletkezik? Milyen típusú (megújuló, nem megújuló)? Hogyan termelnek elektromos energiát belőle? Előnyei és hátrányai. Készítsetek közösen egy plakátot az energiaforrásokról Az asztalokon találtok A/3-as lapot és színes filctollakat. A feladatra 15 perc áll rendelkezésetekre</p>	<p>Feladat végrehajtása</p>	<p>Ismeretszerzés és csoportos munka 4. számú melléklet (Akinél szükséges, tanári segítség.)</p>
27'	<p>Csoportos megbeszélés, tudás átadása Kérem az „A” jelű embereket, üljenek össze egy helyre, ugyanúgy a B, C, D betűjelűeket is. Így most minden csoportba olyan tanulók vannak, akik más-más téma szakértői. Meséljétek el, mit tudtok az adott témáról, próbáljátok megtanítani a</p>	<p>A feladat végrehajtása.</p> <p>Ahol szükséges tanári segítség, útmutatás, irányítás.</p> <p>A tanulók ismertetik a plakátjukon lévő dolgokat,</p>	<p>Csoportmunka Kreatív személyiségtulajdonságok fejlesztése Esztétikus, pontos munkára nevelés Tapasztalja meg a közösen végzett munka örömét Fejlődjön a tanulóban a</p>

	többiekkel. A plakátokat adjátok körbe. Minden csoportnál két plakát 2 percig lehet, aztán csere. Szólok, ha letelt a 2 perc.	elmagyarázzák társaiknak, visszakérdezik.	közösségi szellem Fejlődjön a tanuló felelősségtudata
35'	Ellenőrzés és összefoglalás számítógép segítségével Ellenőrizzük, hogy sikerült-e megfelelően elsajátítani az energiaforrásokkal kapcsolatos tudnivalókat. A feladatlapot mindenkinek kiosztom és a táblán láthatjátok kivetítve is. Először elolvassuk, értelmezzük a kérdést, majd bárkit szólíthatok.	Feladat végrehajtása, feladatlap kitöltése	Ellenőrzés Az óra anyagának összefoglalása (5. számú melléklet)
42'	Értékelés, házi feladat Meggérem a tanulókat, értékeljék a saját ill. csoportjuk munkáját, majd a tanár is értékeli az órát. Az előbbi összefoglalást a tanulók elrakják otthoni tanulás céljából, házi feladat megtanulni. A plakátokat kiragasztjuk a tanterembe.	Egy-két tanuló véletlenszerűen kiválasztva értékeli a saját ill. csoportja munkáját. Felírják a házi feladatot a füzetbe.	Értékelés Fejlődjön az önértékelés képessége
45'	A tanóra vége		

Mellékletek

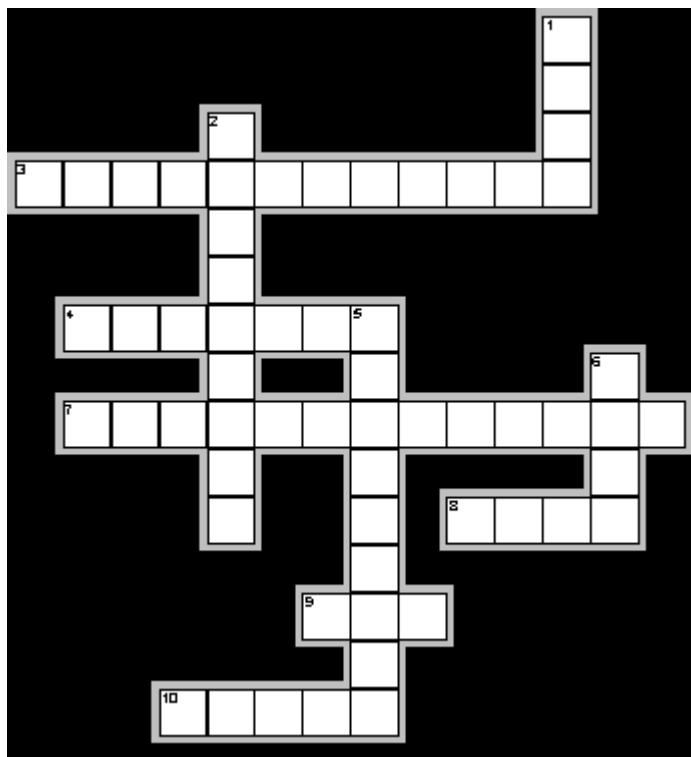
1. számú melléklet: Szókétyák a csoportalkotáshoz

SZÉN	BÁNYÁSZAT	VEGYJELE: C	GRAFIT
GÁZ	METÁNGÁZ	ETÁNGÁZ	PROPÁNGÁZ
BENZIN	PETRÓLEUM	KEROZIN	DÍZELOLAJ
PAKS	URÁN	BOMBA	MAGHASADÁS

1. számú melléklet: Szókétyák a csoportalkotáshoz

SZÉLMALOM	VITORLA	SZÉLKAHAS	SZÉLKERÉK
H₂O	GÁT	ESŐ	ZSILIP
NAP	NAPELEM	FÉNY	NAPKOLLEKTOR
NÖVÉNYEK	FA	FORGÁCS	ÉLELMISZER- HULLADÉK

2. számú melléklet: Keresztrejtvény



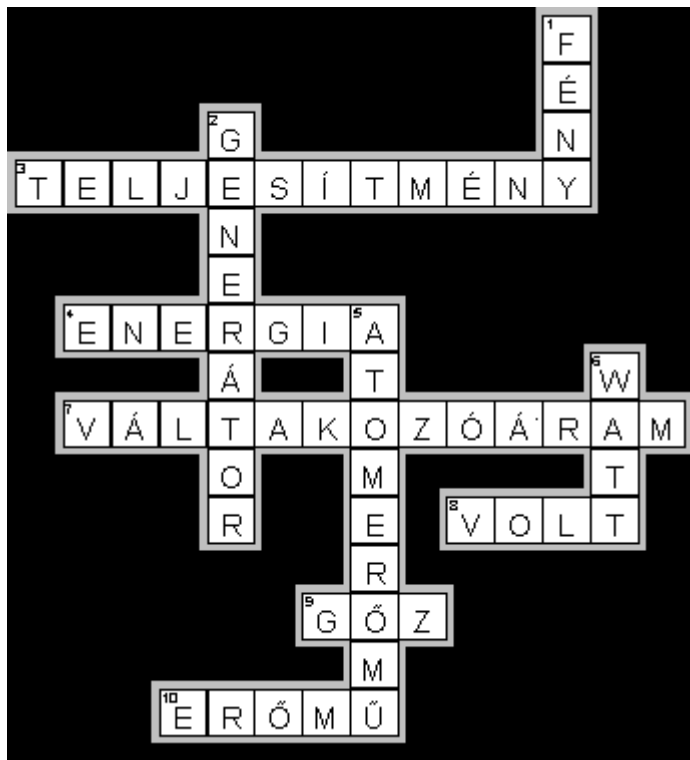
Vízszintes

3. Időegység alatt végzett munka.
4. A testek munkavégző képességének mértéke. Jele és mértékegysége azonos a munkáéval.
7. Olyan áram, aminek az erőssége és iránya periódikusan változik.
8. A feszültség mértékegysége.
9. Ha a folyadék meleg hatására légneművé alakul, akkor keletkezik.
10. Egy telephelyen lévő energia-átalakító létesítmény, ami villamos energiát termel.

Függőleges

1. Olyan sugarak, amiket látunk.
2. Olyan áramfejlesztő gép, ami a mechanikai energiát villamos energiává alakítja.
5. Olyan hőerőmű, ami uránt hasznosít tüzelőanyagként.
6. A munka mértékegysége, más néven Volt-Ampere.

3. számú melléklet: Keresztrejtvény megfejtése



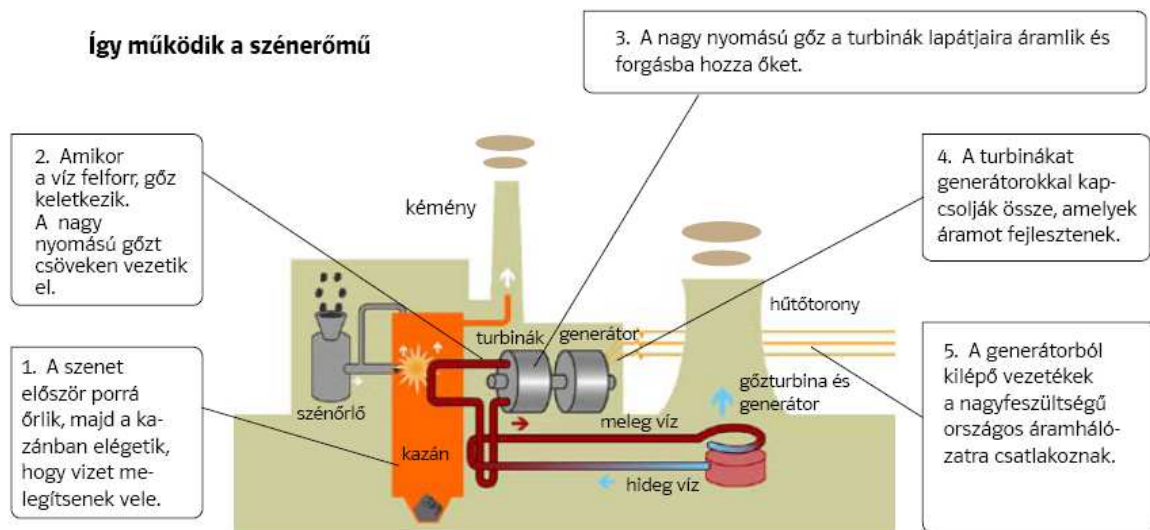
4. számú melléklet:

Szén

A szén tüzelőanyag, bányákban termelik ki. Fosszilis energiahordozó. A szén nem megújuló energiaforrás. A készletek korlátozottak, a világ szénkészletei a 22. század végéig elegendőek.

Körülbelül 300 millió évvel ezelőtt alakultak ki. Földet esőerdők borították ekkor. A mocsaras helyeken az elhalt növények belesüllyedtek az iszapba vagy a nedves talajba. A baktériumok nem tudták lebontani a növényeket kellő oxigén hiányában így széné alakultak évmilliók alatt.

A szén elégetésével fűteni lehet. Elektromos energiát is lehet előállítani szénerőműben.



Forrás: www.energiakaland.hu

A szénalapú energiatermelés előnye, hogy jelenleg ez az egyik legolcsóbb megoldás az elektromos energia előállítására. Szénerőmű mindenhol építhető, ahol jó a közlekedés és elegendő mennyiségű hűtővíz van.

A szénalapú energiatermelés hátránya, hogy a szén égése során szén-dioxid keletkezik. A szén-dioxid miatt a Föld légköre felmelegszik, mert megakadályozza, hogy a Nap melege visszajusson az űrbe. A szén szállítása nem könnyű feladat, csak teherautóval, vonattal vagy hajóval szállítható. Magyarország szénkészlete csekély és gyenge minőségű.

4. számú melléklet:

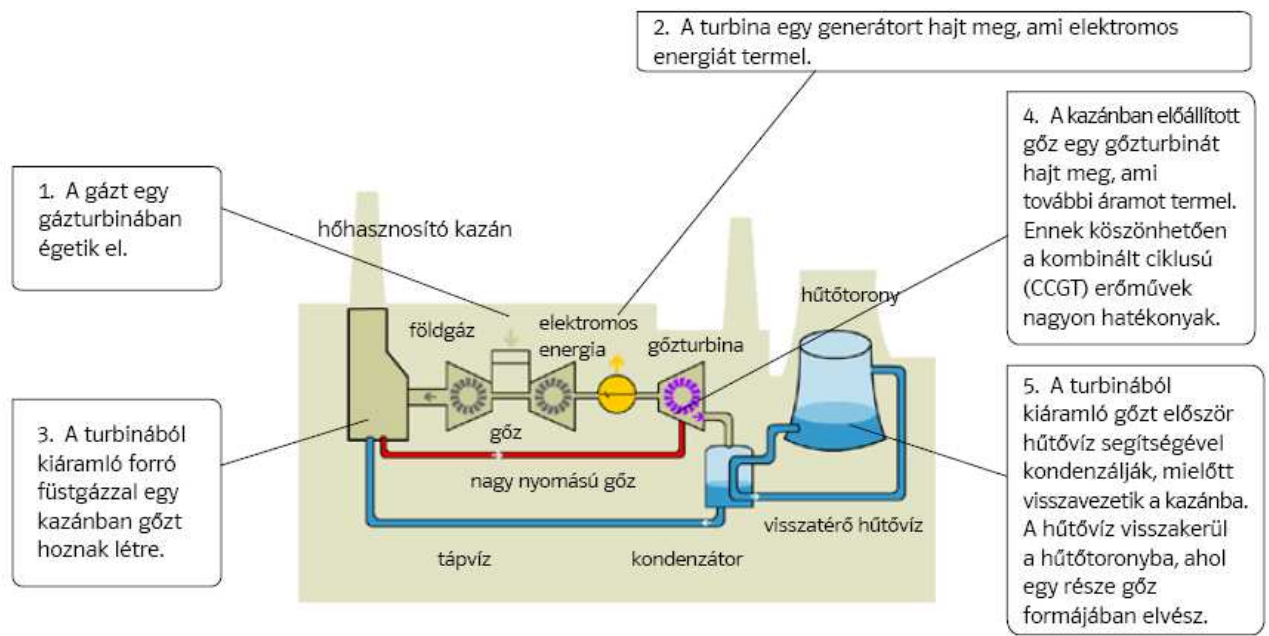
Földgáz

A földgáz a föld vagy a tengerfenék alatt fellelhető tüzelőanyag, fúrás útján hozható a felszínre. Földgázkészleteink végesek. A földgáz nem megújuló energiaforrás.

Évmilliókkal ezelőtt a tengeri állatok és növények az óceánok fenekén, a folyómedrekben felhalmozódtak. Ez az anyag keveredett iszappal és homokkal, majd üledékek rakódtak rá. A szerves anyagok hő és a nyomás hatására kerogénné alakultak. A kerogén nevű anyag könnyebb szén- és hidrogén atomokból álló molekulákra bomlott. Ha ez az anyag gáz halmazállapotú volt, akkor földgáz lett belőle. Ha ez az anyag folyékony halmazállapotú volt, akkor kőolaj alakult ki.

A földgázt fűtésre és főzésre használják. Elektromos energiát is lehet előállítani belőle erőműben.

Így működik a kombinált ciklusú gázturbinás (CCGT) erőmű



A földgáz alapú energiatermelés előnye, hogy a földgáz könnyű, vezetéken keresztül egyszerűen szállítható. Egy gáztüzelésű erőmű is rengeteg villamos energiát ad. Az erőmű szinte bárhová telepíthető.

A földgáz alapú energiatermelés hátránya az is, hogy a földgáz égetése során szén-dioxid képződik. A szén-dioxid miatt a Föld légköre felmelegszik, mert megakadályozza, hogy a Nap melege visszajusson az űrbe. A Magyarországon felhasznált földgáz túlnyomó részét külföldről szerezjük be.

4. számú melléklet

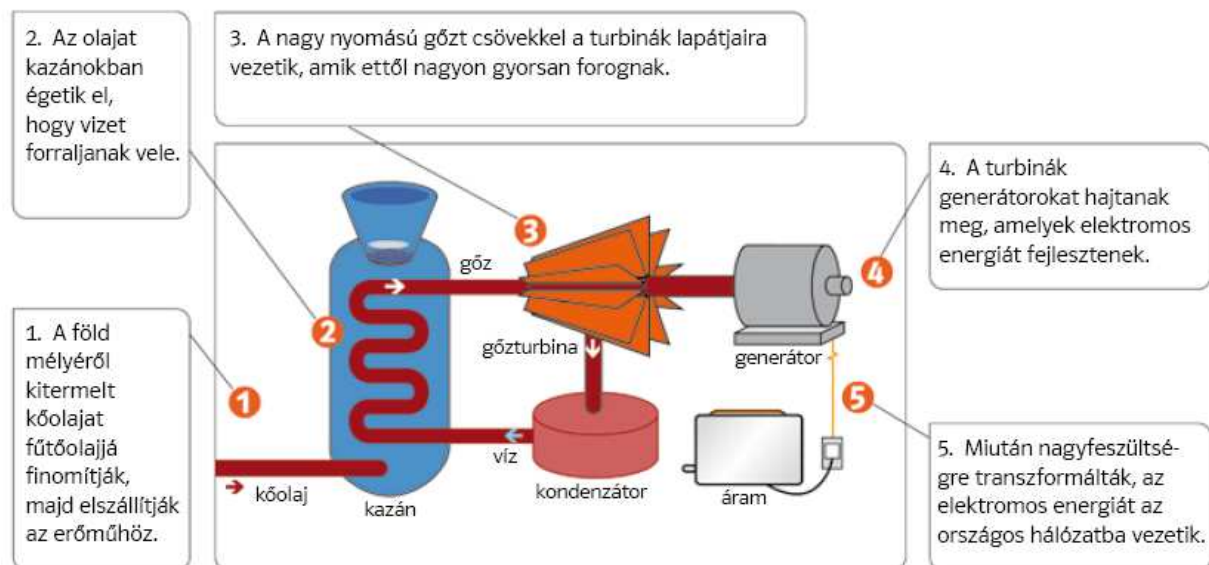
Kőolaj

A kőolaj a föld vagy a tengerfenék alatt fellelhető tüzelőanyag, fúrás útján hozható a felszínre. Kőolajkészleteink végesek. A kőolaj nem megújuló energiaforrás.

Évmilliókkal ezelőtt az óceánok fenekén, a folyómedrekben rothadó szerves anyag halmozódott fel. Ez a szerves anyag keveredett iszappal és homokkal, majd üledékek rakódtak rá. A szerves anyagok hő és a nyomás hatására kerogénné alakultak. A kerogén nevű anyag könnyebb szén- és hidrogén atomokból álló molekulákra bomlott. Ha ez az anyag gáz halmazállapotú volt, akkor földgáz lett belőle. Ha ez az anyag folyékony halmazállapotú volt, akkor kőolaj alakult ki.

A kőolajból benzin és különféle műanyagok készülnek. Lakóépületeket és ipartelepeket fűtenek vele. Elektromos energiát is lehet előállítani belőle erőműben.

Így működik a kombinált ciklusú gázturbinás (CCGT) erőmű



A kőolaj alapú energiatermelés előnye, hogy könnyen vezetéken keresztül szállítható.

Egy olajtüzelésű erőmű rengeteg villamos energiát ad. Az erőmű szinte bárhová telepíthető, ahol jó a közlekedés és elég hűtővíz van.

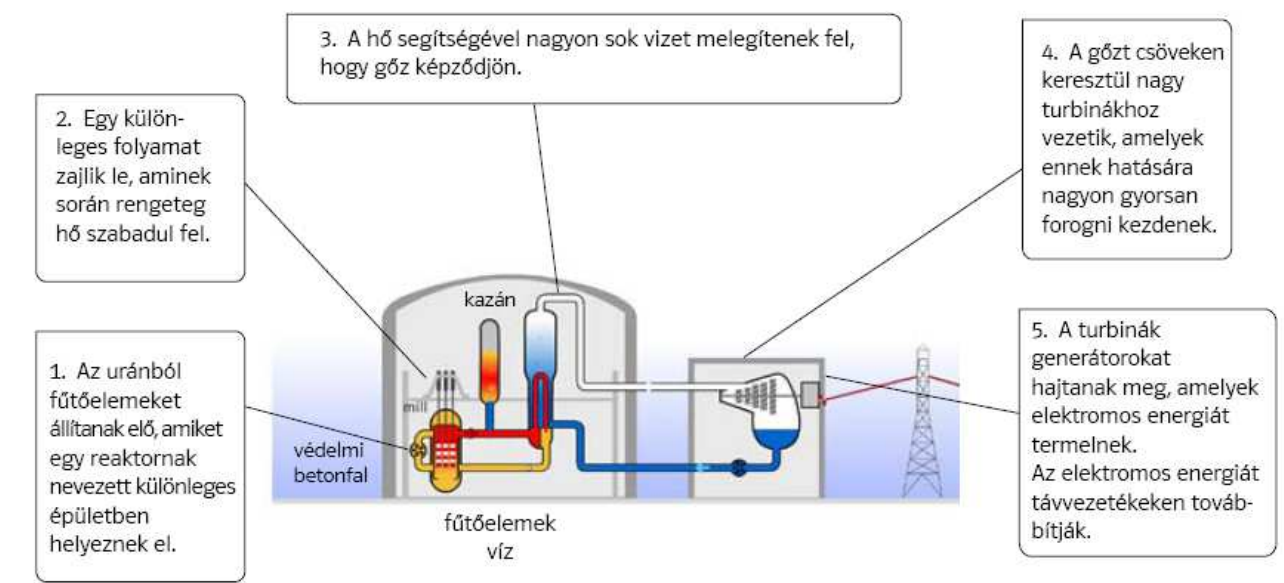
A kőolaj alapú energiatermelés hátránya az is, hogy a kőolaj égetése során szén-dioxid, kén-dioxid képződik. A szén-dioxid miatt a Föld légköre felmelegszik, mert megakadályozza, hogy a Nap melege visszajusson az űrbe. Sokkal drágább az energia előállítása, mintha szénből vagy földgázból állítanának elő energiát.

4. számú melléklet:

Atom

Az atomenergia egy urán nevű fém felhasználásával jön létre. Nem megújuló energiaforrás. Az uránatomok kisebb rendszámú atomokká hasítják. A maghasadás akkor jön létre, amikor az uránt neutronokkal „bombázzák”. A maghasadás során neutronok szabadulnak fel, amelyek aztán további atommagokat hasítanak szét, és így tovább. Így beindul a láncreakció és nagy mennyiségű hő szabadul fel.

Így működik az atomerőmű



Az atomenergia alapú energiatermelés előnye, hogy az urán könnyen és olcsón hozzáférhető, a tárolása egyszerű. További előny, hogy nagy mennyiségű villamos energia termelhető és nem keletkezi szén-dioxid.

Az atomenergia alapú energiatermelés hátránya, hogy használata során radioaktív hulladék keletkezik, amit hosszú időre lezárt tárolókba kell temetni. Az atomerőműveket nem lehet könnyen elindítani vagy leállítani.

4. számú melléklet:

Szél

A Nap a Föld légkörét egyenlőtlenül felmelegíti. A meleg levegő felszáll a helyére hűvös levegő áramlik, ez a légmozgás szél. A melegebb levegő sűrűsége kisebb, mint a hidegebb levegőnek, ezért száll fel a meleg levegő.

A szélturbinák lapátjai a szelet használják fel elektromos energia előállítására. A szélturbina lapátjai körül áramló levegő alacsony légnyomást hoz létre a lapátok mögött, ettől forog a turbina. A lapátokat egy generátorral kapcsolják össze, amely forgás közben elektromos energiát termel.

A szélerőművek előnye, hogy üzemeltetése egyszerű és nem drága. Nincs káros szén-dioxid termelése. A szél megújuló energiaforrás, így korlátlan ideig rendelkezésre áll.

A legnagyobb hátránya, hogy nem tudjuk befolyásolni a szelet. Nagyon gyenge vagy erős szélben a turbinák leállnak. Dombvidékeken vagy tengerpartok mentén érdemes építeni, ahol sokat fúj a szél. A forgó lapátok a repülő állatokat veszélyeztetik.

4. számú melléklet

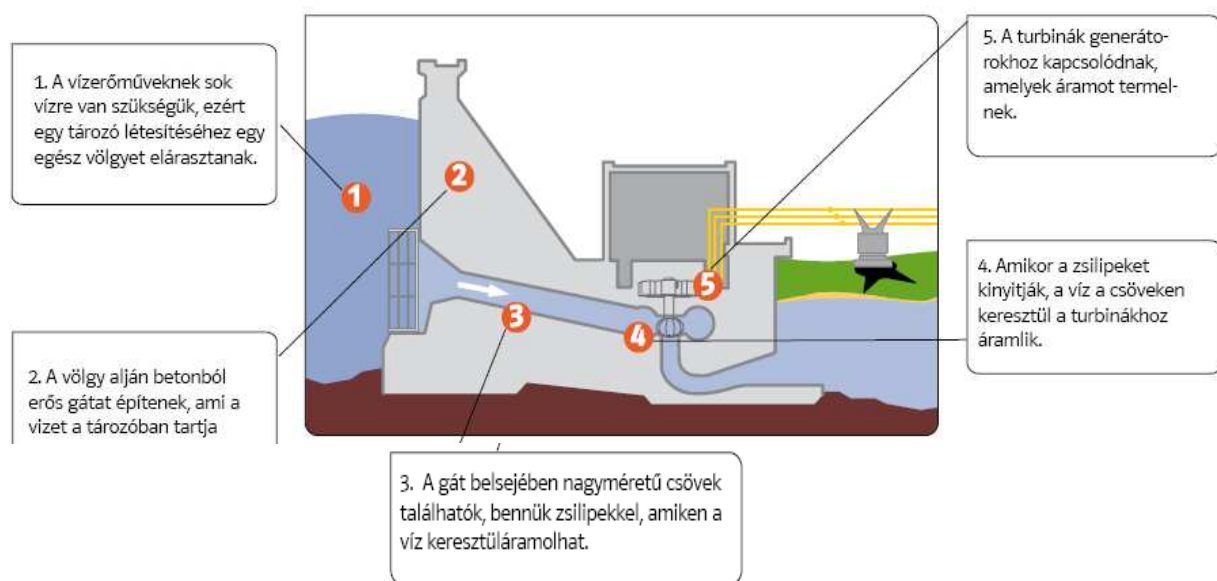
Víz

A víz körforgása: a napenergia hatására a tengerekből és a tavakból víz párolog el. Ez a víz eső formájában hullik le. Az eső egy része magasan a tengerszint felett fekvő folyókba, tavakba és víztározókba jut. A víz a tenger felé áramlik és mozgási energiává alakul át. A mozgó vízben hatalmas energia rejlik, amivel elektromos energiát termelnek.

Két módon lehet energiát előállítani:

1. A víz útjába tározókat, gátakat építenek, amelyek elzárják a vizet és irányítják áramlását.
2. A vizet a magasabb tározóból egy alacsonyabba engedve gépek segítségével elektromos energiát nyernek.

Így működik a vízerőmű



A vízerőművek előnye, hogy a víz megújuló energiaforrás, nincs szén-dioxid kibocsátás.

Vízerőművek hátránya, hogy a tározók kialakításánál földterületeket árasztanak el, így természetes élőhelyek szűnnek meg. A vízerőművek építésére alkalmas területek sokszor távol vannak a lakott területektől, ahol az energiára szükség van.

4. számú melléklet

Nap

A napenergia a Napból származik. A Nap egy energiát termelő csillag. Magjában nukleáris reakciók hatására másodpercenként több millió tonna hidrogén alakul át energiává. Ez az energia az űrbe sugárzik. Az energia fénysebességgel terjed. Nyolc perccel az után, hogy elhagyta a Napot a Földre érkezik egy része.

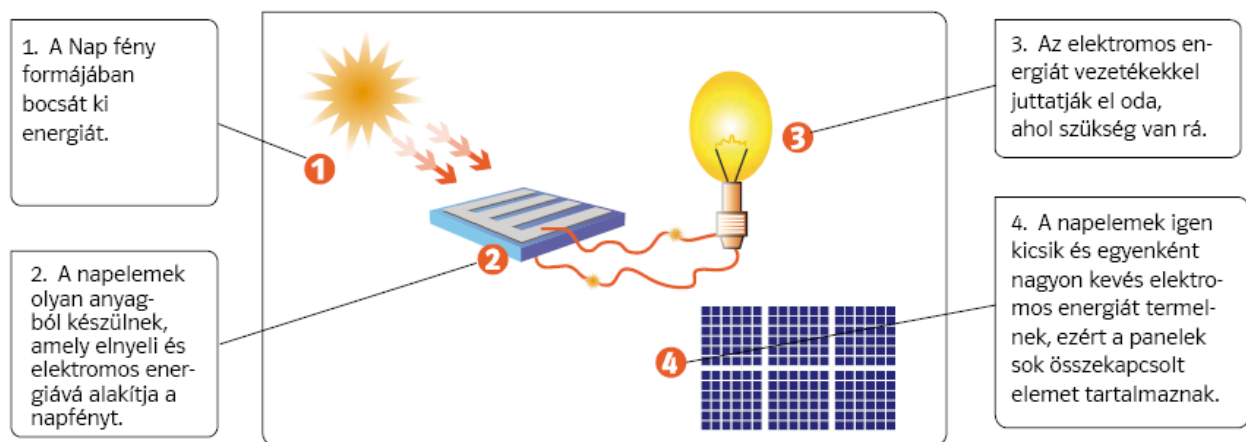
A napenergiát kétféleképpen lehet hasznosítani.

1. A fény energiája napelemek segítségével árammá alakítható. Ezek a napelemek nagyobb egységekbe – úgynevezett panelekbe – illetve az épületeken vannak.
2. Az aktív napkollektoros vízmelegítők segítségével felmelegített vízhez juthatunk. A Nap felé fordított fekete napkollektorok belsejében lévő keringő folyadék felmelegszik, melegváltóba folyik. A hőt ezt követően átadja az épület vízvezetékrendszerének.

A napenergia megújuló forrás, ingyen van. Egyáltalán nem jár üvegházhatást növelő szén-dioxid kibocsátással. Az energiatermelés általában a felhasználás helyszínén vagy ahhoz nagyon közel történik.

A napelemek felhős időben kevésbé hatékonyak, éjjel nem termelnek energiát. A napelemek előállítása drága.

Így működnek a napelemek

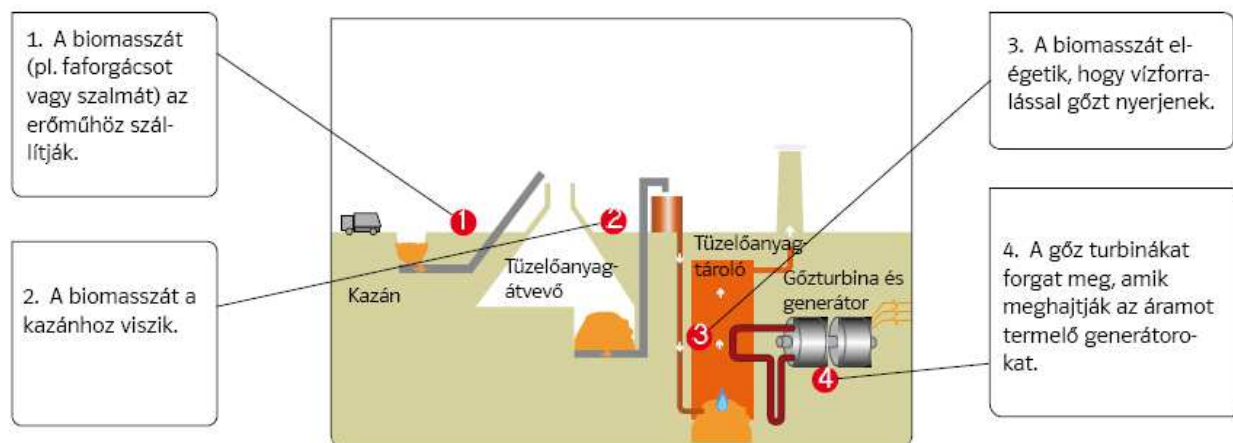


4. számú melléklet

Biomassza

Minden növényi és állati eredetű anyag a biomassza része, a növényi és állati hulladék is. Az úgynevezett energianövényeket kifejezetten azért ültetik, hogy azután fűtőanyagként hasznosíthassák.

Így működik a biomassza-erőmű



A biomassza megújuló energiaforrás, az eltüzelt növények helyére újabbak ültethetők. Felhasználása előnyös a mező- és erdőgazdaságból élők számára, mivel piacot teremt a terményeiknek.

Hátrányai, hogy a biomassza elégetésekor nagy mennyiségű égéstermék keletkezik, az energiatermelés drága. A biomassza-erőműveket források közelében kell megépíteni.

5. számú melléklet

Feladatlap

1. Csoportosítsuk az energiaforrásokat!

Nem megújuló energiaforrások:

Megújuló energiaforrások:

2. Hogyan termelnek az erőművek elektromos energiát? Az A, B, C, D, E állítás közül melyik vonatkozik a következő erőművekre?

Szénerőmű:

Kőolajat felhasználó erőmű:

Földgázt felhasználó erőmű:

Atomerőmű:

Szélerőmű:

Vízerőmű:

Napelem:

Biomassza-erőmű:

A: A szél megforgatja a lapátokat. Forgó lapátok a generátort működtetik, ami elektromos energiát termel.

B: Elégetik, hogy hőt termeljenek, amellyel vizet melegítenek, hogy nagy nyomású gőzt állítsanak elő. Ez a gőz forgatja a turbinákat, amely a generátorokat hajtják, hogy elektromos energiát termeljenek. (biomassza, szén, földgáz, kőolaj)

C: A hőt maghasadással érik el, amikor az uránatom hasad. Ez a hő melegíti azt a vizet, amiből gőz lesz. A gőz hajtja a turbinákat, amely a generátorokat üzemeltetik az elektromos energia termeléshez. (atomerőmű)

D: A napelemek alakítják át a napfényt elektromos energiává.

E: Az áramló víz mozgási energiája egy turbinát forgat meg, amely egy villamos energiát termelő generátorhoz kapcsolódik.

10 Összefoglalás

Szakedolgozatomban áttekintettem az Európai Unió irányelveit, energiapolitikáját, valamint Magyarország jelenlegi energiafelhasználását.

Az energetikai faültetvények telepítésének folyamatát, a hazai fafajok tulajdonságait részletesen ismertettem. A legújabb termesztési és technológiai kutatások eredményeit is közöltem. A fapellet előállításához szükséges gépek működési elvét, továbbá a pelletálás mechanikai és energetikai összefüggéseit részletesen bemutattam. A pellettüzelés műszaki hátterét közöltem.

Fontosnak tartom a fapellet, mint tüzelőanyag használatát, ezért az előállításának és felhasználásának teljes rendszerét meg kell ismernünk. Nekünk, szaktanároknak pedig az a feladatunk, hogy a tanulókat környezettudatos, felelősséggel dönteni tudó emberekké formáljuk. Hazánkban jelentős mértékben fog a pellettüzelés elterjedni.

11 Irodalomjegyzék

Dr. Bai Attila: A biomassza termelés hazai perspektívái, tanulmány, 2006.

Dr. Bíró Attila: Tüzeléstan Oktatási jegyzet. Kézirat. Miskolci Egyetem 1997.

Dr. Sembery Péter, Dr. Tóth László: Hagyományos és megújuló energiák Szaktudás Kiadó Ház Budapest 2004.

Dr. Fenyvesi László, Ferencz Ákos, Tóvári Péter: A tűzipellet, Cser Kiadó, Budapest, 2008.

Bánhidi László, Oláh Miklós: Automatika mérnököknek. Tankönyvkiadó, Budapest. 1992.

Erdélyi Ferenc: Számítógéppel segített gyártás. Oktatási jegyzet. Kézirat. Miskolci Egyetem 2003.

Kacz Károly - Neményi Miklós: Megújuló energiaforrások Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Agrárműszaki kiskönyvtár 1998.

Pecznik Pál, Körmenyi Péter: Hőenergia gazdálkodás-Biomassza tüzelés, Kiadja: FM Műszaki Intézet, Gödöllő 1997.

Vajda György: Energiapolitika, Magyar Tudományos Akadémia, Bp. 2001.

Internet:

www.pellet.hu/tervezesi-segedlet.html

www.index.hu/info/fapellet

www.agraroldal.hu/bioenergia-cikk.html

www.pellet.lap.hu

www.energiaklub.hu

www.energiakaland.hu

www.energiakozpont.hu

www.erti.hu

www.biomasszaeromuvek.hu

<http://www.biomasszaeromuvek.hu/biomassza/energiaultetvenyek>

www.pannonpellet.hu

<http://www.lelegzet.hu/archivum/2004/11/3131.hpp>

<http://www.ddkkk.pte.hu/~bnemet/>