

FENNTARTHATÓ TERMÉSZETI ERŐFORRÁS GAZDÁLKODÁS  
kötetsorozat

A kötet sorozat szerkesztői:  
főszerkesztő: Gelencsér Géza  
szerkesztők: Farkas Dezső, Dr. Vona Márton

**A SZILÁRD BIOMASSZA ÉGETÉS TECHNOLÓGIÁJA**

**Tanyag a SEE-RUSE Projekt keretében**

**Források:**

A következő tananyag tartalom nagyrészt a német Megújuló Nyersanyag Szakügynökség (FNR) Bioenergia Kézikönyvéből lett átvéve, a kiadó FNR baráti együttműködésével. Az eredeti forrásmegjelölést az irodalomjegyzék tartalmazza.

**A tartalmat összeállította, átvette, kiegészítette:**

Dipl. Ing. (FH) Christoph Stenzel  
Krems, 2013. július

© Völgy Hangja Fejlesztési Társaság Közhasznú Egyesület

ISBN 978-615-80209-0-9

## Tartalomjegyzék:

1. Biogén szilárd tüzelőanyagok .....	11
1.1. Biogén szilárd tüzelőanyagok .....	11
1.1.1. A „biogén szilárd tüzelőanyag” meghatározása .....	11
1.1.2. Biogén szilárd tüzelőanyagok mint megújuló energiahordozók .....	13
1.2. Az energetikai átalakítás lehetőségei .....	15
1.2.1. Az energiafogalmak .....	15
1.2.2. A biomassa átalakítási láncolata .....	17
1.2.3. A biomassa feldolgozása .....	19
1.2.3.1. A termokémiai átalakító eljárás .....	19
1.2.3.2. Fizikai-kémiai átalakítás .....	21
1.2.3.3. Biokémiai átalakítás .....	22
1.3. Biogén szilárd tüzelőanyagok az energiarendszerben .....	24
1.3.1. A potenciál .....	24
1.3.1.1. A potenciál-fogalmak meghatározása .....	24
1.3.1.2. A világ .....	26
1.3.1.3. Európa .....	29
1.3.2. Felhasználás .....	31
1.3.2.1. A világ .....	31
1.3.2.2. Európa .....	33
1.4. Érvék és ellenérvék a biogén szilárd tüzelőanyagok energetikai felhasználásához .....	35
1.4.1. Az energia átalakításának környezetvédelmi politikai és ökológiai aspektusai .....	35
1.4.1.1. Az antropogén üvegházhatás .....	35
1.4.1.2. Az ózonréteg elvékonyodása a sztratoszférában ..	37
1.4.1.3. Savasodás .....	38
1.4.1.4. Emberi- és ökotoxikus emisszió .....	38
1.4.2. Az előkészítés, a szállítás, és a tárolás környezeti szempontjai .....	39
1.4.3. A biomassa termelés/készletezés környezetpolitikai és ökológiai szempontból .....	39
1.4.3.1. Biodiverzitás (biológiai sokféleség) .....	40
1.4.3.2. Agrokémiai szempontok .....	41
1.4.3.3. Talajökológia .....	41
1.4.3.4. Vízszennyezés .....	42
1.4.4. Energiapolitikai és energetikai-gazdasági szempontok .....	43
1.4.4.1. A fosszilis nyersanyagok megőrzése .....	43

1.4.4.2. Az ellátás biztonsága .....	44
1.4.5. Agrárpolitikai szempontok .....	45
1.4.5.1. Vidékfejlesztés .....	45
1.4.5.2. A kultúrtáj megőrzése .....	46
1.4.6. Közgazdasági szempontok .....	47
1.4.6.1. Munkahelyek/foglalkoztatás .....	47
2. A biogén eredetű szilárd tüzelőanyagok termelése, előkészítése és tulajdonságai .....	49
2.1. A faféle biomassza aránya és előállítása .....	51
2.1.1. Erdei hulladék fa (gally) .....	51
2.1.1.1. Erdőritkítás .....	52
2.1.1.2. Véghasználat .....	52
2.1.1.3. Kéreg hulladék .....	53
2.1.2. A feldolgozandó és megmunkálendő rönkfa .....	54
2.2.3. Régi fa .....	55
2.2.4. Fa a rövid vágásfordulójú energetikai célú ültetvényekről .....	55
2.2.4.1. Termesztés .....	56
2.2.4.2. Hasznosítás és hozam-potenciál .....	57
2.3. A fa féle biomassza betakarítása és felhalmozása .....	59
2.3.1 Erdei fahulladék .....	59
2.3.1.1. Döntés és feldolgozás .....	59
2.3.1.2. Az előszállítás és közelítés .....	60
2.3.1.3. Faapríték-előállítás .....	60
2.3.1.4. Az erdei apríték előkészítése .....	61
2.3.2. Ápolási faanyag (nyesedék) .....	61
2.3.3. A rövid vágásidejű ültetvények betakarítása .....	63
2.4. A szalmaalapú biomassza keletkezése és termesztése .....	65
2.4.1. Szalma melléktermékek, maradványok és hulladékok .....	65
2.4.2. Energia gabona .....	66
2.4.2.1. Termesztés .....	67
2.4.2.2. A használat és hozam-potenciál .....	68
2.4.3. Miscanthus (Kínai nád) .....	69
2.4.3.1. Termesztése .....	69
2.4.3.2. Hasznosítás és hozam-potenciál .....	70
2.5. A szalmaszerű biomassza betakarítása és tárolása .....	71
2.5.1 Kaszálás .....	71
2.5.1.1. Egész gabonanövények (szem + szalma) .....	72
2.5.1.2. Miscanthus(kínai nád) .....	72

2.5.2. Szem és szalma .....	73
2.5.3. Apríték .....	73
2.5.4. Bálák .....	74
2.6. A fa és a szalmafélek betakarítását követő műveletek .....	77
2.6.1. Szállítás .....	77
2.6.1.1. A felszedett anyag szállítása .....	77
2.6.1.2. Bálaszállítás .....	77
2.6.2. Előkészítés .....	78
2.6.2.1. Fa felaprítás .....	79
2.6.2.1.1. Tárcsás aprító .....	80
2.6.2.1.2. Dobaprító .....	80
2.6.2.1.3. Csigás aprító .....	81
2.6.2.2. Zúzó .....	81
2.6.2.3. Forgácsmarók .....	82
2.6.2.4. Órlés .....	82
2.6.2.5. Bála fellazítás .....	82
2.6.3. Rostálás és szortírozás .....	83
2.6.4. Brikettálás és pelletálás .....	83
2.6.5. Tárolás .....	85
2.6.5.1. Tárolási kockázatok .....	85
2.6.5.2. Raktározási technika .....	87
2.6.6. Szárítás .....	88
2.6.6.1. Szárítási eljárások .....	88
2.6.6.2. Szárító berendezések .....	89
2.7. Tüzelőanyagok összetétele és sajátságai .....	93
2.7.1. A biogén tüzelőanyagokat alkotó elemek .....	93
2.7.1.1. Fő elemek .....	93
2.7.1.2. A kibocsátásban érintett elemek .....	93
2.7.1.3. Nyomelemek (nehézfémek) .....	95
2.7.2. További tüzelőanyag tulajdonságok és jelentőségük .....	96
2.7.2.1. Víztartalom és tüzelőanyag-nedvesség .....	96
2.7.2.2. Fűtőérték .....	98
2.7.2.3. Hőérték .....	99
2.7.2.4. Hamutartalom .....	99
2.7.2.5. A hamu leleágyulása .....	99
2.7.3. Fizikai-mechanikai tulajdonságok .....	101
2.7.4. Tüzelőanyag mennyiségének megbecslése .....	102
3. Az energiaellátás technológiája .....	107
3.1. Rendszerkoncepciók, azok alkalmazási területei és környezeti feltétele .....	107

3.1.1.	A biomassza energetikai hasznosításának műszaki környezeti feltételei .....	105
3.1.2.	A szilárd biomassza hasznosítási lehetőségei .....	106
3.1.3.	Létesítmények koncepciói .....	108
3.1.4.	Általános elvek a biomassza fűtőművek létesítéséhez .....	111
3.2.	Az égés fizikája és kémiája .....	113
3.2.1.	Az égés alatt végbemenő folyamatok .....	113
3.2.1.1.	Melegedés, száradás, bomlás .....	113
3.2.1.2.	Elgázosodás, párolgás .....	113
3.2.1.3.	Koksz elégeése .....	114
3.2.1.4.	A hőmérséklet hatása .....	114
3.2.2.	Károsanyag képződés az égés során .....	116
3.2.2.1.	A nem tökéletes égés égéstermékei .....	117
3.2.2.2.	Klór vegyületek .....	118
3.2.2.3.	Kén oxidok .....	120
3.2.2.4.	Nitrogén oxidok .....	120
3.2.2.5.	Részecskék .....	123
3.3.	Az energiaátalakítás technológiái .....	125
3.3.1.	Tüzelőanyag tárolás .....	125
3.3.1.1.	Tüzelőanyag tárolás szempontjai .....	125
3.3.1.2.	Nyesedék, faapríték .....	126
3.3.1.3.	Pellet .....	127
3.3.1.4.	Szalmabálák .....	127
3.3.2.	Tároló és tápláló rendszerek .....	127
3.3.2.1.	Faapríték .....	127
3.3.2.2.	Pellet .....	132
3.3.2.3.	Szalmabálák .....	133
3.3.3.	Tüzelés ellátási rendszerek .....	134
3.3.4.	Tüzelési technológiák biomasszához .....	137
3.3.4.1.	Alsó táplálásos tüzelési rendszerek .....	139
3.3.4.4.	Rostályos tüzelési rendszerek .....	141
3.3.4.5.	Rostályos szalmatüzelési rendszerek .....	142
3.3.4.6.	Stacionárius fluidizáció .....	144
3.3.4.7.	Visszaáramoltatott fluidizáció .....	146
3.3.4.8.	Befúvásos tüzelés .....	147
3.3.5.	Kazán, hőcserlő .....	149
3.3.5.1.	Vízteres kazán .....	150
3.3.5.2.	Vízcsöves kazán .....	150
3.3.5.3.	A biomassza tüzelés különlegességei .....	153
3.3.6.	Készenlét, tartalék, csúcsteljesítmény .....	155
3.3.6.1.	Teljesítmény és darabszám .....	156

3.3.6.2. Kiegészítő tüzelőanyag a csúcsteljesítményhez és a tartalékhoz .....	158
3.3.7. Az energia-átalakító berendezés részei .....	158
3.3.7.1. Egy 20 MW teljesítményű gőzturbina felépítése áramtermeléshez .....	159
3.3.7.2. Egy gőzüzemű, kapcsolt energiatermelő koncepció .....	159
3.3.7.2. Kapcsolt áram és hőtermelés ORC használatával .....	162
3.3.8. Biomassa hasznosító létesítmények térigénye .....	163
3.3.8.1. Tüzelőanyag tároló .....	164
3.3.8.2. Gép- és kazánház .....	166
3.3.8.3. Egyéb létesítmények, megközelítés .....	170
3.3.8.4. Tűzvédelem .....	171
3.4. A károsanyag kibocsájtás csökkentésének lehetősége .....	173
3.4.1. Porelválasztás .....	174
3.4.1.1. Ciklon .....	174
3.4.1.2. Szövet filter .....	176
3.4.1.3. Elektrofilter .....	177
3.4.1.4. Füstgázmosó .....	179
3.4.1.5. Füstgáz kondenzáló .....	179
Irodalomjegyzék .....	182