

Bioenergiakeskuksen julkaisusarja
(BDC Publications)
Nro 43



BT BIOPRESSER-25:N SOVELTUVUUS ERÄIDEN KORSIBIOMASSOJEN PELLETÖINTIIN

Matti Hokkanen

**Opinnäytetyö
Huhtikuu 2009**



**JYVÄSKYLÄN
AMMATTIKORKEAKOULU**
Luonnonvarainstituutti

Tekijä(t) HOKKANEN Matti	Julkaisun laji Opinnäytetyö	
	Sivumäärä 32	Julkaisun kieli Suomi
Luottamuksellisuus		
Työn nimi BT Biopresser-25:n soveltuvuus eräiden korsibiomassojen pelletöintiin		
Koulutusohjelma Maaseutuelinkeinojen koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) VESISENAHO Tero, ÄÄNISMAA Pekka		
Toimeksiantaja(t) Jyväskylän ammattikorkeakoulu, Bioenergiakeskus		
Tiivistelmä <p>Työ toteutettiin Jyväskylän ammattikorkeakoulun Bioenergiakeskuksen toimeksiannosta yhteistyössä Manelius Management Oy Ab:n kanssa. Yrityksen toimialaa ovat rypsiöljypuristimet, öljypuristinasetat ja pellettipuristimet. Työn tavoitteena oli tutkia ruokohelven, rypsin oljen, lajittelutähteen ja sahanpurun pelletöitävyyttä BT Biopresser-25 -pellettipuristimella. Vertailuaineena korsibiomassoista valmistetuille pelleteille käytettiin sahanpurua. Lisäksi pelletöinnissä sidosaineena käytettiin jyrsinturvetta, glyserolia ja rypsirouhetta.</p> <p>Pelletöintikokeiden kesto oli 6 viikkoa, jonka aikana käytössä oli sekä 8 että 6 mm:n matriisit. Pelletöintikokeissa arvioitiin mm. pellettipuristimen toimivuutta ja käyttöä, raaka-aineiden käsiteltävyyttä ja pelletöitävyyttä. Opinnäytetyön yhtenä tarkastelun kohteena oli miettiä pienen kokoluokan pelletöintilaitteistoa maatilan sivutulon lähteenä. Pelletöintikokeet suoritettiin maatilaympäristöä vastaavissa olosuhteissa.</p> <p>Saatujen tulosten perusteella korsibiomassojen pelletöinti pienen kokoluokan laitteistolla on vaativaa. Matriisi on tärkein yksittäinen tekijä pelletöinnissä. Pelletöintikokeissa ei ollut sopivia raaka-aineita käytössä olleille matriiseille. Korsibiomassat olisivat vaatineet erilaiset matriisit, jotta pelletöinnistä olisi saatu onnistuneita tuloksia.</p>		
Avainsanat (asiasanat) pelletöinti, pelletti, pelletöitävyys, pellettipuristin, matriisi, korsibiomassat		
Muut tiedot		

Author(s) HOKKANEN, Matti	Type of Publication Bachelor's Thesis	
	Pages 32	Language Finnish
	Confidential	
Title BT Biopresser-25 and the applicability to pellet some straw biomass		
Degree Programme Degree programme in Agriculture and Rural Industries		
Tutor(s) VESISENAHO Tero, ÄÄNISMAA Pekka		
Assigned by JAMK University of Applied Sciences, Bioenergy Development Centre		
Abstract <p>The work was carried out in co-operation with Manelius Management Oy and it was commissioned by JAMK University of Applied Sciences Bioenergy Development Centre. The company has specialised in rapeseed oil presses, oil press stations and pellet presses. The aim of this thesis was to find out how reed canary grass, straw of rapeseed, screenings and sawdust can be pelleted by a BT Biopresser-25 -pellet press. The comparison element for straw biomass pellets was sawdust. Peat, glycerol and rapeseed groats were used as a binder in the pelletizing.</p> <p>The duration of the pelletizing tests was 6 weeks when 8 and 6 mm dies were being used. In the pelletizing tests e.g. the functionality and the use of the pellet press and the processability and pelletability of raw materials were assessed. One aim of this thesis was to consider a small pellet apparatus for farms as a secondary income. Circumstances for the pelletizing tests were similar to a farm environment.</p> <p>On the basis of the results pelletizing of straw biomass by a small pellet apparatus is challenging. The die is the most important individual element in pelletizing. In the pelletizing tests there were not applicable raw materials to dies used. Straw biomasses would require different dies in order to pelletizing to give successful results.</p>		
Keywords pelletizing, pellet, pelletability, pellet press, die, straw biomass		
Miscellaneous		

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	3
2	PELLETÖINNIN TEORIAA.....	5
2.1	Pelletöinnin historia.....	5
2.2	Pelletöintiprosessi.....	8
2.2.1	Matriisi	9
2.2.2	Kolleripyörät	10
2.2.3	Pellettilaatu.....	11
3	PELLETÖINTIKOKEET	12
3.1	Testeissä käytetty laitteisto	12
3.2	Pelletöitävät raaka-aineet ja niiden ominaisuudet.....	13
3.3	Testien alkuvalmistelut	14
3.4	Kokeiden eteneminen	16
3.4.1	Sahanpurun pelletöinti.....	16
3.4.2	Puhtaiden korsibiomassojen pelletöinti	19
3.4.3	Korsibiomassojen pelletöinti sidosaineen avulla.....	20
3.4.4	Jyrsinturpeen pelletöinti.....	22
3.5	Päätelmät pelletöintikokeista	24
3.5.1	Käytetyt matriisit.....	25
3.5.2	BT Biopresser-25:n käytettävyys.....	26
3.5.3	Havaintoja BT Biopresser-25:n ominaisuuksista	27
3.5.4	Raaka-aineiden hallinta.....	29
4	LOPPUPÄÄTELMÄ.....	30
	LÄHTEET	32

KUVIOT

KUVIO 1.	Pykälöidyt valssirattaat.....	5
KUVIO 2.	1920-luvulla kehitetty "Scheuler" -puristin	6
KUVIO 3.	Rengasmatriisipuristin ja tasomatriisipuristin.....	7
KUVIO 4.	Ekstruuderipuristin ja leikkuuterä.....	7
KUVIO 5.	BT Biopresser-25 laitteisto	12

KUVIO 6. Ruokohelven jauhamista vasaramyllyllä.....	14
KUVIO 7. Ruuvikuljetin.....	15
KUVIO 8. Raaka-aineen syöttöä ruuvikuljettimella	16
KUVIO 9. Sahanpurun pelletöintiä.....	17
KUVIO 10. Tukkeutuneen matriisin avaaminen porakoneella	17
KUVIO 11. Rypsirouheeseen sekoitetusta sahanpurusta tehtyjä pellettejä	19
KUVIO 12. Puhtaasta turpeesta valmistettuja hauraita pellettejä	22
KUVIO 13. Turpeen pelletöinnissä syntyneitä ”liuskoja”, kun glyserolin määrä on ollut liian suuri.....	23
KUVIO 14. Hyvälaatuisia turvepellettejä turve-rypsirouhe seoksesta.....	24
KUVIO 15. 6 mm:n matriisi irrotettuna.....	25
KUVIO 16. Kolleripyörät irrotettuina	28

TAULUKOT

TAULUKKO 1. Pelletöinnissä käytetyt raaka-aineet ja niiden ominaisuudet ..	13
TAULUKKO 2. Koeajoissa käytettyjen raaka-aineiden ominaisuuksista saatuja tuloksia	21

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aihetta valitessa halusin sellaisen aiheen, joka olisi käytännönläheinen ja jossa pääsisi oikeasti tekemään jotain. Halusin myös, että työ ei keskittyisi ainoastaan tiedon hankintaan ja sen analysointiin. Aihe ei sinällään liity harjoitteluuni, mutta tukee ja syventää bioenergiaopintojani. Lisäksi kiinnostustani tätä opinnäytetyötä kohtaan lisäsi se, että tätä tarjottiin minulle hyvässä ajoin syksyllä 2008.

Tässä opinnäytetyössä keskitytään BT Biopresser Pellet-25 pelletöintilaitteen ominaisuuksien testaamiseen eräiden korsibiomassojen sekä sahanpurun pelletoitavuudessa. Pelletöitävät korsibiomassat ovat ruokohelpi, lajittelutähde ja rypsin olki. Sahanpurun tarkoituksena on olla eräänlaisena vertailuaineena, johon korsibiomassoista saatuja pellettejä tullaan vertaamaan.

Opinnäytetyössä paneudutaan laitteen toimivuuden testaamiseen kyseisillä raaka-aineilla. Tarkoituksena on selvittää, kuinka pelletöinti onnistuu tällä laitteistolla edellä mainituista raaka-aineista. Työssä keskitytään nimenomaan laitteen toimivuuteen ja pellettien laadun tarkkailuun, pellettien polttoominaisuuksia ei tämän opinnäytetyön resurssien puitteissa pystytä tutkimaan. Työssä myös selvitetään, millaisia työvaiheita täytyy tehdä, ennen kuin raaka-aineet ovat siinä vaiheessa, että niitä voidaan ruveta pelletöimaan.

Opinnäytetyössä tutkitaan pelletöinnin mahdollisuuksia maatiloilla sivutuotteina syntyvistä raaka-aineista sekä helposti ja edullisesti saatavilla olevista raaka-aineista. Työssä käytettävä pelletöintikone on niin sanotusti maatilakokoluokan laite, jonka käyttäminen vaatii vain normaalin voimavirtapistokkeen. Työn yhtenä osa-alueena onkin tutkia pelletöinnin mahdollisuutta maatilan yhteydessä. Testiympäristön olosuhteet ovat hyvin lähellä maatilan olosuhteita ja pelletöinnin alkuvalmisteluihin liittyvät toimenpiteet tehdään sellaisella laitteistolla, jollaista maatiloilla usein käytetään. Opinnäytetyö antaa viitteitä sille, olisiko maatiloilla mahdollista puristaa pellettiä omaan käyttöön maatiloilla syntyvistä sivutuotteista ja mahdollisesti myydä osa pelleteistä yksityisille käyttäjille.

Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää, onnistuuko BT Biopresser-25 pelletöintilaitteistolla edellä mainittujen korsibiomassojen sekä sahanpurun pelletöinti. Testeissä kokeillaan sidosaineita ja selvitetään, millaisilla seossuhteilla pelletöinti mahdollisesti onnistuisi. Keskeisenä osana opinnäytetyötä on myös pelletöintikoneen käytettävyyden arviointi.

Opinnäytetyöni on aiheena ajankohtainen energian pitkäaikaisen hinnan nousun myötä. Energiantuottamiseen haetaan edullisempia vaihtoehtoisia menetelmiä. Maatiloilla syntyvien sivutuotteiden hyödyntäminen energiantuotannossa on pinnalla oleva puheenaihe. Tällä työllä myös toisaalta tutkitaan maatilojen mahdollisuuksia sivuansioihin.

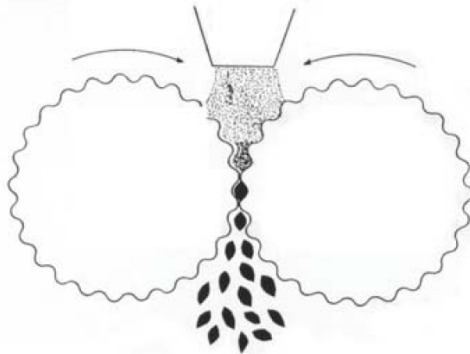
Työn tilaajana toimii BT Biopresser-25:n maahantuonnista vastaava Manelius Management Oy. Kyseisestä laitteesta ei ole vielä paljon käyttökokemuksia, joten opinnäytetyö antaa maahantuoajalle tietoa laitteen ominaisuuksista ja soveltuvuudesta erilaisten raaka-aineiden pelletöintiin.

2 PELLETTÖINNIN TEORIAA

Käsitteellä pelletöinti tarkoitetaan tasalaatuisten sylinterimäisten kappaleiden valmistusta jauhemaisesta tai kappalemaisesta materiaalista puristamalla sitä kolleripyörien avulla matriisin läpi. Pelletöinti on ollut rehuteollisuudessa käytössä jo pitkään, mutta viime vuosina sitä on alettu hyödyntämään myös energiantuotantoon. (Kallio & Kallio 2004, 9.)

2.1 Pelletöinnin historia

Kallion ja Kallion (2004) mukaan nykyisten pellettipuristimien edeltäjät perustuivat valssirattaisiin. Laite koostui kahdesta vastakkaiseen suuntaan pyörivästä rattaasta (kuvio 1). Pelletöitävä materiaali pakotettiin pykälien väliin, jolloin se puristui erilaisiin muotoihin. Tähän periaatteeseen perustuvia ratkaisuja ei enää ole pellettipuristimissa käytössä.

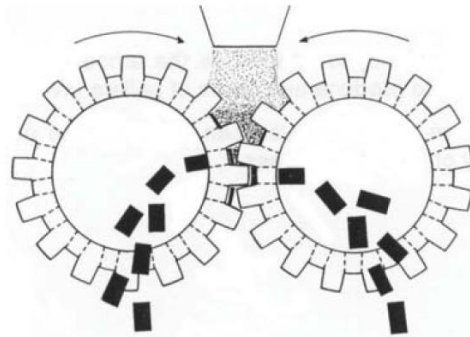


KUVIO 1. Pykälöidyt valssirattaat (Payne, Rattink, Smith & Winowiski 1994)

Ensimmäiset sylinterin muotoiset pelletit kehitettiin 1910-luvulla. Matriisi oli paikallaan pysyvä ja raaka-aine pakotettiin ruuvikierteellä matriisin reikien läpi. Syöttöruuvien akselilla oli pyörivä veitsiterä, joka leikkasi pelletit poikki (kuvio 4). Nykyisin laajasti käytössä oleva rengasmatriisipuristin kehitettiin 1920-luvulla. Ensimmäisessä versiossa raaka-aine puristettiin matriisin reikien läpi

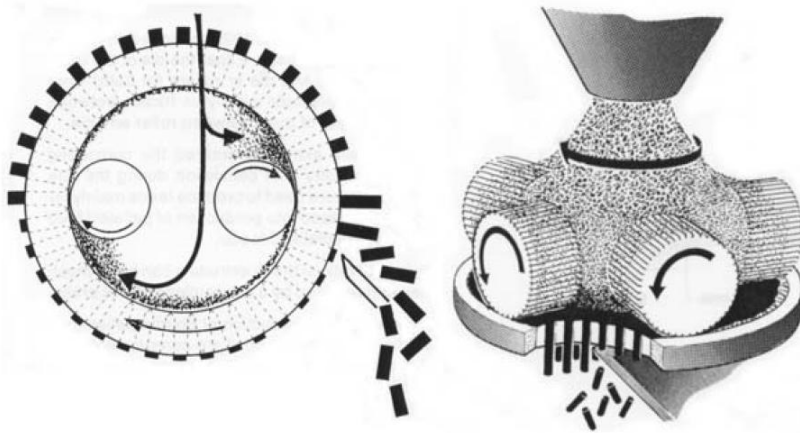
yhdellä kolleripyörällä. Nykyisissä malleissa kolleripyöriä on yleensä yksi tai kaksi. Rengasmatriisiperiaatetta on jatkokehitetty ja se on yleisin teollisuuden käyttämä pellettikone. (Mts. 10.) Tässä opinnäytetyössä testattu pellettikone toimii rengasmatriisiperiaatteella.

Lyhyen aikaa valmistettu "Scheuler" -puristin kehitettiin myös 1920-luvulla. Laitte oli tehty kahdesta vastakkain pyörivästä valssipyörästä, joissa oli limit-täin ulkonemia (kuvio 2). Raaka-aine puristui renkaiden läpi niiden sisälle, joissa oli veitsiterät leikkaamassa pelletit poikki. (Mts. 10.)



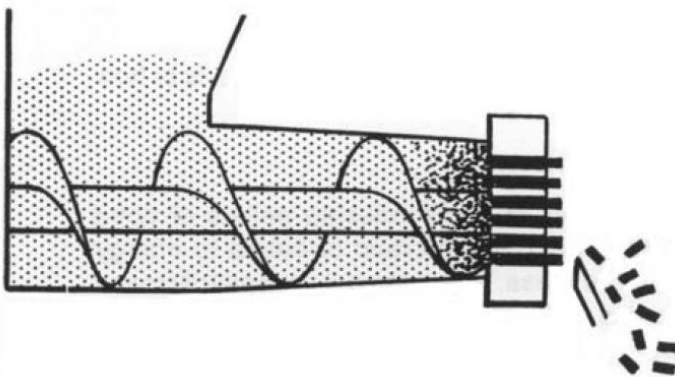
KUVIO 2. 1920-luvulla kehitetty "Scheuler" -puristin (Payne ym. 1994)

Rehuteollisuudessa tasomatriisikoneet ovat yleisiä etenkin Euroopassa. Tasomatriisikoneet ovat tulleet myös energiapellettien tuotantoon. Laitteen toimintaperiaatteena on, että kolleripyörät pyörivät paikallaan olevan tasomatriisin ympäri, jolloin pelletöitävä raaka-aine puristuu matriisin läpi (kuvio 3). Kolleripyörät saavat pyörimisvoiman keskellä pystyssä olevalta voimansiirtoakselilta. (Mts. 10.)



KUVIO 3. Rengasmatriisipuristin ja tasomatriisipuristin (Payne ym. 1994)

Kallio ja Kallio (2004) esittävät teoksessaan, että 1970-luvulla kehitettiin muoviteollisuuden tarpeisiin teknisesti vaativa ekstruuderipuristin (kuva 4). Rehuteollisuudessa niillä tuotettiin pellettejä lemmikeille, mutta myöhemmin niillä on tehty kalanrehupuristeita ja muita erikoisrehuja. Näiden puristimien ongelmana on, että niiden hyötysuhde voi olla jopa neljä kertaa huonompi kuin perinteisillä pellettipuristimilla. (Mts. 12.)



KUVIO 4. Ekstruuderipuristin ja leikkuuterä (Payne ym. 1994)

2.2 Pelletöintiprosessi

Pelletöitäessä paine pelletöitävää kerrosta vastaan lisääntyy portaattomasti. Syötettävä raaka-aine pysyy rengasmatriisin sisäreunalla keskipakoisvoiman vaikutuksesta. Tiivistyminen tapahtuu matriisin puristuskanavassa. Kolleripyörä rullaa matriisin päällä olevan materiaalikerroksen yli puristaen materiaalia puristuskanaviin ohuen kerroksen kerrallaan. Paine aiheutuu puristusvoimasta ja kanavan kitkavastuksesta. Aikana, jonka materiaali on kanavassa vallitsevassa paineessa ja lämpötilassa, tapahtuu raaka-aineen muutos, jolloin pelletti muodostuu. Hyvän pelletin valmistamiseksi aika, paine ja lämpötila ovat kolme oleellista muuttujaa. Pelletit puristuvat sylinterimäisinä ulos matriisin alapuolelta ja leikkuriterät leikkaavat ne halutun mittaisiksi. (Kallio & Kallio 2004, 13.)

Pellettien kovuus määräytyy pelletöitävän raaka-aineen ja puristuskanavan pituuden mukaan. Mikäli halutaan lujia pellettejä, on puristuskanavan oltava pitkä ja puristusvoiman suuri. Jos puristusvastus on liian suuri, on puristuskanava tällöin liian pitkä eikä materiaali liiku enää puristuskanavassa. Tällöin materiaali ”palaa kiinni” puristuskanavaan. (Mts. 13.)

Materiaalikerros kolleripyörän edellä ei saa olla liian paksu, koska tällöin kolleteri ei vedä materiaalia alleen vaan työntää sitä edellään. Materiaalikerroksen sopiva paksuus riippuu kollerin ja materiaalin välisestä kitkasta. (Mts. 13–14.)

Puristustapahtumassa määrääviä ovat seuraavat tekijät: (Kallio & Kallio 2004, 14).

- pelleteitavuus, eli materiaalin kemiallinen koostumus ja fysikaaliset ominaisuudet
- materiaalin sekä kollereiden ja matriisin kitka-arvot
- materiaalikerroksen paksuus matriisilla
- matriisin puristussuhde, joka muodostuu puristuskanavan halkaisijasta, pituudesta sekä muodosta

2.2.1 Matriisi

Matriisit valmistetaan korkealuokkaisista terässeoksista, jotta niiden kestoikä olisi mahdollisemman pitkä. Kulumisen lisäksi matriisin kohdistuu myös murtumisvaara, jonka vuoksi kullekin matriisihalkaisijalle on määrätty minimipaksuus. (Kallio & Kallio 2004, 14.)

Kallion ja Kallion (2004, 15) mukaan määräävä tekijä pellettilaadun kannalta on puristuskanavan muoto. Puristuskanavan muodon tulisi olla sellainen, että haluttu laatu ja pellettikovuus saavutetaan ajettaessa puristimella maksimiteholla. Perusmuodossaan puristuskanava on sylinterimäinen. Joillakin raaka-aineilla tarvitaan pieni puristusvastus ja tällöin puristuskanavan pitää olla lyhyt. Toiset raaka-aineet, esimerkiksi rasvapitoiset rehut, vaativat pitkän puristuskanavan, koska niillä on vähän omia sidosvoimia. Matriisin paksuutta ei voi kasvattaa kohtuuttomasti. Niinpä matriiseja valmistetaan tarvittaessa yläpuolisella kartiolla. Näin saadaan aikaan kitkavastuksen ja lisäpuristuksen voimakas kohoaminen verrattuna normaaliin sylinterimäiseen poraukseen. Kartion syvyys ja suuruus määräytyvät pelletöitävän materiaalin rakenteen ja puristuskanavan halkaisijan perusteella. Raaka-aineilla, joilla omat sidosvoimat ovat hyvät, kuten melassileikkeellä, käytetään minimaalisen lyhyttä puristuskanavaa. Usein puristuskanava on liian pitkä minimipaksuudellakin, jolloin puristuskanavaan tehdään sylinterimäinen tai kartiomainen vastaporaus.

Kallio ja Kallio (2004, 15) myös esittävät teoksessaan, ettei puristimen teho riipu pelkästään puristuskanavan muodosta, sillä myös raaka-aineen läpimenonopeus matriisissa vaikuttaa tehoon. Läpimenonopeudella tarkoitetaan sitä aikaa, jonka raaka-aine viipyy puristuskanavassa paineen ja lämmön vaikutuksen alaisena. Periaatteessa tämä tarkoittaa sitä, että pellettilaatu huononee puristimen tehoa lisättäessä. Puristuskanavan pituutta voidaan lisätä, kunnes puristimen käyttömootorin tehosta on kaikki käytössä. Pitkiä puristuskanavia käytettäessä matriisin kiinnipalamisen riski kasvaa.

Kallion ja Kallion (2004, 16) mukaan puristuskanavien pituuden kasvattamisen sijaan edullisempaa on suurentaa matriisia, jolloin puristuskanavien lukumäärä kasvaa, tai valita mahdollisemman leveä kollideri ja pieni reikäjako. Puristi-

miin onkin juuri tästä syystä kehitetty leveämpiä kollereita ja suurempia matriiseja. Suurennettaessa matriisin pinta-alaa suhteessa käyttömoottorin tehoon energiankulutus pienenee. Helposti pelletöityvillä raaka-aineilla, kuten rehujen pelletöinnissä käytetään leveää kolleria ja pientä reikäjakoa. Enemmän energiaa vaativilla raaka-aineilla, kuten puuraaka-aineilla tulee välttää liian pienen käyttömoottorin asentamista tai liian suuripinta-alaista matriisia.

2.2.2 Kolleripyörät

Pyörivien kollereiden ensisijainen tehtävä on esitiivistää matriisin päällä oleva raaka-ainematto ja puristaa raaka-aine matriisin reikiin. Kollereita on tasomatriisipuristimessa 2–6 kpl ja rengasmatriisikoneessa 2–3 kpl. Kollereiden lukumäärään vaikuttavat pelletöitävä raaka-aine sekä matriisin ja kollereiden halkaisija. Kollereiden pitää pystyä vetämään raaka-ainetta alleen ilman luistoa eli toisin sanoen kitkan pitää olla suuri. Niinpä kollereiden pinta onkin usein rihlattu tai uritettu. Kevyillä raaka-aineilla materiaalimatto voi olla suhteellisen paksu, jolloin kollereiden halkaisijan täytyisi olla suuri, jotta ne pystyisivät painamaan materiaalimattoa alleen. Kevyitä raaka-aineita pelletöidessä kollerin kehänopeus ei saa olla liian suuri, koska ilma ei välttämättä ehdi poistua materiaalista ja se voi aiheuttaa ongelmia. Kollerilaakereiden kestoikä on sitä pidempi, mitä suuremmat kollerit ovat ja mitä pienempi niiden kehänopeus on. Tyypillisesti kollereiden halkaisijat ovat 150–450 mm, riippuen kollereiden lukumäärästä ja puristintyyppistä. (Kallio & Kallio 2004, 16.)

Kollereiden kestoiän pitää olla mahdollisimman pitkä kuten matriiseillakin, joten ne ovat yleensä karkaistuja ja valmistettu korkealuokkaisista teräksistä. Kollerit pyörivät olosuhteissa, joissa ilman suhteellisen kosteus on yleensä lähellä 100 %. Lisäksi lämpötilat liikkuvat välillä +90 – +130°C. Täten tiivisteiden, laakereiden ja voiteluaineiden täytyy olla kestäviä ja niiden huoltoon täytyy kiinnittää huomiota. (Mts. 17.)

Kollereiden ja matriisin välisen välyksen täytyy olla helposti säädettävissä. Puristimen käytön aikana kolleripyörien ja matriisin väliin muodostuu 1–2 mm paksu matto. Matriisin ja kollereiden kuluessa välystä täytyy kiristää tarpeen mukaan. Kollereiden valinnassa on huomioitava, että puristimilla pelletöidään

hyvin erilaisia materiaaleja, joiden tilavuuspainot voivat vaihdella välillä 0,03–1,5 t/m³. (Mts. 17.)

2.2.3 Pellettilaatu

Kallion ja Kallion (2004,18) tutkimuksessa on esitelty Ruuskan (1985) luettelo pellettilaatuun vaikuttavista tekijöistä:

- kapasiteetti, virtausnopeus puristuskanavassa
- puristuskanavan tehollinen pituus
- kanavan muoto
- matriisin reikäluku, matriisin halkaisija, kollerin leveys, reikäjako, virtausnopeus puristuskanavassa
- matriisin kunto, senkkaus, kuluneisuus
- kollerin ja matriisin välyys
- höyryn lisäys
- kosteus
- materiaalin jakautuminen kolleriradalle
- syötteen esikäsittely
- seoksilla seossuhteiden muuttaminen
- pelletöinnin apuaineet
- jäähtytysaika.

3 PELLETÖINTIKOKEET

Pelletöintikokeet tehtiin Jyväskylän ammattikorkeakoulun Luonnonvarainstituutin Bioenergiakeskuksessa Kolkanlahdessa. Varsinaiset pelletöintikokeet tehtiin Bioenergiakeskuksen hallitiloissa ja pelletöintikokeiden alkuvalmisteluihin liittyviä toimenpiteitä, kuten raaka-aineiden jauhaminen suoritettiin ulkotiloissa. Pelletöintikokeiden käytännön järjestelyistä vastasi Bioenergiakeskuksessa työskentelevä Hannu Vilkkilä. Pelletöintikokeet suunniteltiin yhdessä Vilkkilän kanssa ja kokeille tehtiin alustava suunnitelma. Käytännössä suunnitelman mukaan eteneminen ei ollut mahdollista, koska kaikkia raaka-aineita ei saatu riittävän ajoissa eikä pelletointi onnistunut odotetulla tavalla, jolloin suunniteltuja pelletöintikokeita täytyi muuttaa.

3.1 Testeissä käytetty laitteisto

Pelletöintikokeet tehtiin tanskalaisvalmisteisellä BT Biopresser-25 laitteistolla (kuvio 5). BT Biopresser valmistaa myös erilaisia rypsipuristimia. Rypsipuristimien valmistuksesta yrityksellä on kokemusta enemmän kuin pellettipuristimien valmistuksesta. Suomen maahantuonnista vastaa Manelius Management Oy Ab. (Manelius Management Oy Ab 2009.)



KUVIO 5. BT Biopresser-25 laitteisto (Manelius Management Oy Ab 2009)

Laitteessa on 11 kW:n sähkömoottori, josta voima välittyy kiilahihnalla akseliin, johon matriisi on kiinnitetty. Pelletöitävä materiaali syötetään matriisille syöttöruuvilla, jota pyörittää 750 W:n sähkömoottori. Laitteistossa on ohjauskeskus, josta säädetään pääasiassa syöttömoottoria. Syöttöruuvien pyörimisnopeus voidaan säätää manuaalisesti, jolloin se pysyy koko ajan samana tai automaattisesti, jolloin syöttöruuvien pyörimisnopeus vaihtelee päämoottorin kuormituksen mukaan.

Pelletöintilaitteistossa pelletöintiin vaikuttaa eniten laitteen matriisi. Tässä laitteistossa oli toimitushetkellä 8 mm:n rei'illä oleva matriisi. Myöhemmässä vaiheessa saimme käyttöömmme myös 6 mm matriisin, jota ehdittiin testaamaan noin kahden viikon ajan.

3.2 Pelletöitävät raaka-aineet ja niiden ominaisuudet

Testeissä korsibiomassoista tutkittiin ruokohelven, rypsin oljen sekä viljan lajiteltutähteen pelletöitävyyttä. Sahanpuru oli vertailuaineena, johon korsibiomassoista tehtyjä pellettejä verrattiin. Korsibiomassoissa sidosaineena käytettiin jyrshinturvetta ja rypsirouhetta. Pelletöitävien materiaalien ominaisuudet on esitetty taulukossa 1.

TAULUKKO 1. Pelletöinnissä käytetyt raaka-aineet ja niiden ominaisuudet (Kask 2009)

Polttoaine	Kuiva-aineen energia arvo								
	Kosteus	Tuhka	MJ/kg	C %	H %	N %	O %	S %	Cl %
Turve	45	5,0	20,8	42,0	5,0	0,35	37,0	0,16	0,75
Sahanpuru	45–60	0,5	19,0		6,3	0,30		<0,05	
Ruokohelpi	15–20	5,5	17,6	46,0	5,5	0,90		0,10	0,09
Lajittelutähde	15	4,0	14,4	42,0	5,0	0,35	37,0	0,16	0,75
Rypsin olki	25	2,8	19,3	47,0	5,8	0,80	40,5	0,19	0,15
Rypsirouhe		4,6	24,0	58,8	8,5	3,70			0,05

3.3 Testien alkuvalmistelut

Ennen kuin testejä päästiin tekemään, täytyi osa pelletöitävistä raaka-aineista jauhaa ja kuivata, jotta pelletöinti onnistuisi (kuvio 6). Kaikki muut raaka-aineet ruokohelpeä ja lajittelutähdettä lukuun ottamatta täytyi kuivata ennen pelletöintiä. Kuivaus suoritettiin merikonttiin tehdyssä kuivurissa.



KUVIO 6. Ruokohelven jauhamista vasaramyllyllä

Ruokohelppi oli laikkahakkurilla silputtua noin 3–5 cm:n pituista silppua. Tämä silppu jauhettiin etupäässä viljan jauhamiseen tarkoitetulla vasaramyllyllä ennen pelletöintiä. Samoin tehtiin viljan lajittelutähteelle, jossa oli seassa pidempiäkin oljen pätkiä. Myös jyrsinturve jauhettiin vasaramyllyllä, koska turve oli rahkapitoista ja seassa oli jonkin verran puunkappaleita. Vasaramyllyssä käytettiin 6 mm:n seulaverkkoa, jolloin käytännössä pelletöitävän materiaalin suurimmat partikkelit olivat 6 mm:n pituisia. Jotta pelletöinti onnistuisi, täytyy pelletöitävän materiaalin partikkelikoon olla enimmillään sama kuin matriisin reikien halkaisijan eli tässä tapauksessa 8 mm. Pienissä erissä jauhaminen onnistuu vasaramyllylläkin, mutta jos erät olisivat suurempia, täytyisi jauhamiseen tarkoitetun laitteiston olla tehokkaampi.

Vasamylyllä ongelmana oli raaka-aineiden syöttäminen myllyyn. Ruokohelvi, rypsirouhe ja lajittelutähde olivat pitkäkortisia, joten niiden kohdalla oli suurimmat ongelmat. Vasarmylly tukkeutui helposti raaka-ainetta syötettäessä, mikä teki jauhamisesta suhteelliseen hitaan toimenpiteen. Tukkeutumisongelma ilmeni myös kutterinpurua ja jyrshinturvetta jauhettaessa, muttei kuitenkaan niin usein kuin korsibiomassoilla. Kostean jyrshinturpeen jauhaminen ei onnistunut, koska seulaverkon reiät tukkeutuivat turpeesta. Kuivatulla jyrshinturpeella ei tätä ongelmaa ollut. Ainoastaan puunkappaleet aiheuttivat pieniä ongelmia. Vasarmylly on tarkoitettu jyvien jauhamiseen eikä puiden murskaamiseen.

BT-25:ssä olevan syöttöruuvien suppilo on hyvin pieni, joten siihen täytyisi olla koko ajan lisäämässä raaka-ainetta pelletöitäessä. Niinpä erillisestä ruuvikuljettimesta suunniteltiin linjasto, joka tuo raaka-ainetta suppiloon (kuviot 7 ja 8). Ruuvikuljettimeen tehtiin suppilo, johon mahtuu raaka-ainetta noin sadan litran verran. Ruuvikuljettimeen oli myös tarkoitus asentaa pintavahti, jolloin ruuvikuljetin käynnistyisi aina, kun syöttöruuvien suppilossa raaka-aineen pinta laskeisi riittävästi.



KUVIO 7. Ruuvikuljetin



KUVIO 8. Raaka-aineen syöttöä ruuvikuljettimella

3.4 Kokeiden eteneminen

Pelletöintikoneen ensimmäiset käyttökerrat menivät koneen opetteluun. Kummallakaan koneen käyttäjästä ei ollut kokemusta pellettikoneen käytöstä, joten asioihin tutustumiseen kului jonkin verran aikaa. BT Pellet-25:n mukana toimitettu suomenkielinen käyttöohjekirja oli mielestäni puutteellinen. Siinä ei ollut minkäänlaisia ohjeita ohjausyksikön käytöstä, joka on olennainen osa tämän pellettikoneen käyttöä. Tanskankielisessä ohjekirjassa ohjausyksikön käyttö on selvitetty tarkkaan, joten siitä sai sen verran apua, että ohjausyksikön käytön oppi vähitellen. Lisäksi ohjausyksikön valikosta eri kohtia rohkeasti kokeilemalla pääsi hiljalleen perille niiden tarkoituksesta.

3.4.1 Sahanpurun pelletöinti

Eri raaka-aineiden pelletöitävyyden testaaminen aloitettiin kokeilemalla raaka-aineita yksi kerrallaan, millaista lopputuotetta syntyy, kun niitä yritetään pelletöidä. Koneen ensimmäisellä käyttökerralla raaka-aineista ei ollut vielä hankittu kuin märkää sahanpurua (kosteus 59,1 %), jota rohkeasti laitoimme koneeseen (kuvio 9). Tuloksena oli, ettei märkä sahanpuru mennyt matriisin reikien läpi, vaan se ahtautui matriisin keskelle kovaksi massaksi. Kun matriisin kes-

kelle kulkeutui riittävän paljon materiaalia, kolleripyörät eivät enää pyörineet, jolloin matriisin joutui melkein poikkeuksetta avaamaan ja puhdistamaan käsin (kuvio 10).



KUVIO 9. Sahanpurun pelletöintiä



KUVIO 10. Tukkeutuneen matriisin avaaminen porakoneella

Sahanpurua kuivattiin kuivurissa, jolloin sen kosteudeksi tuli 13,1 %. Kuivatun sahanpurun pelletöinti ei onnistunut odotetulla tavalla. Sahanpurusta ei muodostunut pellettiä, vaan sahanpuru jäi matriisin reikiin eikä koneesta tullut ulos

kuin hieman sahanpurujauhoa eikä varsinaisia pellettejä käytännössä lainkaan. Käytetty raaka-aine oli ilmeisesti hieman liian kuivaa, koska tavoiteltava kosteus sahanpurulla olisi 15–20 % , mutta BT-Biopresser-25:n käyttöohjekirjan mukaan paras tulos pelletoinnissa saavutetaan kosteuden ollessa 10–20 %. Pohjois-Pohjanmaan pellettihankeen 2003–2005 loppuraportin mukaan jauhetusta metsähakkeesta saatiin hyvälaatuisia pellettejä kosteuden ollessa 16 %. Jos kosteus oli 5 %, oli se liian kuivaa tukkien matriisin reiät. (Pohjois-Pohjanmaan pellettihanke 2003–2005, 22.)

Pelletöintiä yritettiin myös kutterinpurusta, joka jauhettiin vasaramyllyllä hienoksi jauhoksi. Tämän raaka-aineen kosteus oli 9,8 %. Kosteuspitoisuus oli aivan liian alhainen sahanjauhon pelletöintiin, joten kosteuspitoisuutta pyrittiin nostamaan suihkuttamalla sahanjauhon joukkoon vettä rikkaruohojen myrkyttämiseen tarkoitettulla reppuruiskulla. Vettä sumutettiin sahanjauhon joukkoon siinä vaiheessa, kun sahanpurua oli pellettikoneen syöttösuppilossa. Veden sumuttaminen ei kuitenkaan auttanut pellettien muodostumiseen. Jos vettä laittoi joukkoon liikaa, sahanpuru kovettui matriisin keskelle eikä tullut matriisin reikien läpi, vaan kone täytyi avata ja tyhjentää matriisi.

Sahanpurun pelletöintiä kokeiltiin myös turpeeseen sekoitettuna sekä glyserolia lisäämällä, mutta näinkään ei saatu kovin onnistuneita tuloksia. Turvetta sekoitettiin sahanpuruun eri suhteissa, mutta sellaista seossuhdetta ei löytynyt, jolla pellettiä olisi sahanpurusta saatu syntymään. Sahanpuru oli hieman liian kuivaa ja vaikka sekaan sumutettiin vettä, ei sellaista kosteuspitoisuutta löytynyt, jolla pellettiä olisi syntynyt. Sahanpuru joko tiivistyi massaksi matriisin keskelle tai tuli vähitellen hienona jauhona matriisin läpi.

Sahanpurusta saatiin syntymään pellettiä ainoastaan rypsirouheeseen sekoitettuna. Rypsirouhetta jouduttiin laittamaan enemmän kuin sahanpurua ennen kuin pellettiä saatiin puristettua. Rypsirouheen suuresta määrästä johtuen pelleteistä ei tullut kovinkaan laadukkaita. Pelletit olivat sen verran hauraita, että ne sai helposti puristettua sormien välissä murusiksi.



KUVIO 11. Rypsirouheeseen sekoitetusta sahanpurusta tehtyjä pellettejä

3.4.2 Puhtaiden korsibiomassojen pelletöinti

Ruokohelven, lajittelutähteen ja rypsin oljen pelletöitävyyttä kokeiltiin aluksi ilman sidosainetta. Nämä kaikki raaka-aineet olivat siis jauhettu vasaramyllyllä. Pääasiassa raaka-aineet olivat jauhautuneet jauhoksi, mutta seassa oli joitakin pidempiäkin korrenpätkiä, kuitenkin maksimissaan 1 cm:n pituisia. Kaikki korsibiomassat olivat siis jauhamisen jälkeen lähes samanlaisessa muodossa, lähinnä partikkelikoko oli yhdenmukainen.

Korsibiomassojen pelletöinnissä oli samankaltaisia ongelmia jokaisen raaka-aineen kanssa. Korsibiomassoista jauhettujen raaka-aineiden syötettävyydessä ongelmia aiheutui jatkuvasti. Korsibiomassoista jauhettu materiaali oli sen verran kevyttä, että se holvaantui syöttöruuvin suppiloon, ellei sitä oltu koko ajan kepillä sekoittamassa. Lisäksi korsibiomassajauho on melko karkeaa, joka osaltaan selittää sen, ettei materiaali liiku suppilossa.

Korsibiomassoista ei saatu puristettua pellettiä käytännössä katsoen lainkaan. Lajittelutähde ja ruokohelpi ovat ominaisuuksiltaan hyvin lähellä toisiaan, eikä niiden käyttäytymisessä pellettikoneessa ollut juurikaan eroja. Rypsin olki eroaa näistä kahdesta korsibiomassasta jonkin verran, lähinnä siinä, että rypsin

olki sisältää jonkin verran öljyä, mitä lajittelutähteessä ja ruokohelvessä ei ole. Ennakkoon oletimmekin, että rypsin oljesta pellettien puristaminen onnistuisi, koska pieni öljymäärä voisi toimia sopivasti liukasteena ja sidosaineena. Rypsin olki ei kuitenkaan käyttäytynyt havaittavasti eri tavalla kuin lajittelutähte tai ruokohelpikään, mikä oli osaltaan yllättävää. Kosteuspitoisuus oli ruokohelvellä 12,6 % ja lajittelutähteellä 9,3 %. Kosteuspitoisuudet olivat hieman alhaisemmat mitä tavoiteltiin (n. 15 %). Rypsinoljesta ei kosteusanalyysia otettu, mutta se oli todennäköisesti 15–25 %.

3.4.3 Korsibiomassojen pelletöinti sidosaineen avulla

Alun perin sidosaineeksi korsibiomassojen kanssa suunniteltiin jyrshinturvetta, mutta myöhemmin kokeiltiin glyserolia ja rypsirouhetta. Rypsirouhe osoittautui parhaaksi lisäaineeksi korsibiomassojen kanssa, turve ei loppujen lopuksi ollutkaan kovin hyvä sidosaine. Glyseroli on rypsiöljyn esteröinnissä syntyvää sivutuotetta, jolla ei sinällään ole mitään hyötykäyttöä, mutta joka kuitenkin soveltuu poltettavaksi esimerkiksi hakkeen seassa. Glyseroli on nestemäistä, hieman rasvaista ainetta, jonka oletettiin toimivan hyvin liukasteena ja sidosaineena pelletoitaville raaka-aineille.

Korsibiomassojen pelletöiminen jyrshinturpeeseen sekoitettuna aloitettiin tekemällä pieniä eriä erilaisilla seossuhteilla kustakin korsibiomassasta. Koe-erät tehtiin 30 litran saaviin, jossa ne sekoitettiin käsin. Seossuhteet tehtiin painon mukaan eli punnittiin esimerkiksi kolme kilogrammaa ruokohelpeä ja kilogramma jyrshinturvetta. Jyrshinturvetta sekoitettiin korsibiomassaan 10–50 %. Millään seossuhteella pellettiä ei juuri syntynyt ensimmäisellä kerralla, kun seoksen ajoi koneen läpi. Havainnoitavaa oli, että pellettiä alkoi syntyä, kun seoksen ajoi useita kertoja koneen läpi. Tämä ilmeisesti johtui osaltaan siitä, että raaka-aineen koostumus hieman muuttui, kun se meni pellettikoneen läpi. Raaka-aineen partikkelikoko todennäköisesti pieneni ja raaka-aine myös lämpeni, joka osaltaan auttaa pelletöinnin onnistumisessa.

Koska pelletöinti ei onnistunut odotetulla tavalla korsibiomassojen kanssa jyrshinturpeeseen sekoitettuna, aloimme miettiä mitä sidosainetta käyttämällä saataisiin onnistuneita tuloksia. Pienten kokeilujen jälkeen huomasimme, että

rypsirouhe on melko toimiva sidosaine korsibiomassojen kanssa. Tosin rypsi-rouhe ei sinällään ole järkevä sidosaine, koska se on melko kallista raaka-ainetta ja eläinten rehuna hyödyllisempää kuin polttoaineena. Mutta tällaisessa testiprojektissa tämä sallittakoon, koska vaihtoehtoista toimivaa sidosainetta ei ollut saatavilla.

Rypsirouheen käyttö mahdollisti jonkinlaisten koeajojen tekemisen, mistä voisi jo tehdä johtopäätöksiä koneen toimivuudesta. Rypsirouhetta sekoitettiin eri korsibiomassoihin sekä myös sahanpuruun ja turpeeseen, jotta nähtäisiin parantaisiko se niiden pelletoitavuutta. Kokeiltiin erilaisia seossuhteita ja ilmeni, että rypsirouhetta täytyi sekoittaa pelletöitävään raaka-aineeseen peräti 50 %, jotta pelletointi onnistui. Sahanpuruun rypsirouhetta joutui laittamaan yli 50 % kokonaispainosta, jotta pellettiä saatiin syntymään. Ajan puutteen vuoksi koeajot olivat lyhyitä, joten mitään pidemmälle meneviä johtopäätöksiä koeajoista ei voida tehdä. Koeajojen päätulokset on koottu taulukkoon 2.

TAULUKKO 2. Koeajoissa käytettyjen raaka-aineiden ominaisuuksista saatuja tuloksia

seos	kosteus- pitoisuus	seossuhde	kapasiteetti (kg/h)
rypsirouhe + sahanpuru	13,1 % (sahanpuru)	rypsirouhe 56 % sahanpuru 44 %	105 kg/h
rypsirouhe + lajittelutähde	9,3 % (lajittelutähde)	rypsirouhe 50 % lajittelutähde 50 %	76 kg/h
rypsirouhe + ruokohelpi	12,6 % (ruokohelpi)	rypsirouhe 50 % ruokohelpi 50 %	90 kg/h
rypsirouhe + turve	19,5 % (turve)	rypsirouhe 50 % turve 50 %	32 kg/h

3.4.4 Jyrsinturpeen pelletöinti

Jyrsinturpeen piti alkuperäisen suunnitelman mukaan olla sidosaine korsibio-massojen pelletöinnissä, mutta turve soveltui heikosti sidosaineeksi. Niinpä turpeen pelletöintiä kokeiltiin ilman sidosainetta sekä rypsirouheen ja glyserolin kanssa. Turve oli jauhettu vasamyllyllä ennen pelletöintiä, koska turve oli melko rahkaista ja seassa oli jonkin verran puun kappaleita. Jauhaminen teki turpeesta tasalaatuisempaa, mikä antoi paremmat edellytykset pelletöinnin onnistumiselle.

Puhtaan jyrsinturpeen pelletöintiä kokeiltiin kuivaamattomasta turpeesta, jonka kosteus oli 44 %. Tämä osoittautui liian kosteaksi pelletöitäväksi. Kosteaa turve liiskaantui matriisin kehälle ohueksi matoksi eikä tullut kunnolla matriisin reikeen läpi. Kuivattu turve oli kuivattu 19 % kosteuteen, mikä oli jo hyvin lähellä tavoiteltua ihannekosteutta. Tästä turpeesta pelletöinti onnistui, mutta pellettejä syntyi hitaaseen tahtiin ja ne olivat melko pehmeitä ja hauraita (kuvio 12).



KUVIO 12. Puhtaasta turpeesta valmistettuja hauraita pellettejä

Pelkästä turpeesta ei siis saatu valmistettua kunnollisia pellettejä. Niinpä ko-keilimme jyrsinturpeen pelletöintiä glyserolin ja rypsirouheen kanssa. Glysero- lia lisättiin turpeen joukkoon syöttövaiheessa eli kun suppiloon laitettiin turvet-

ta, valutettiin syöttöruuville hiljalleen myös glyserolia. Glyserolin käytössä ongelmana oli glyserolin määrän hallinta. Käytimme glyserolin lisäämisessä hallowallista kannua, josta glyserolia pystyi lisäämään pieniä määriä turpeen sekaan. Glyserolin määrää ei pystynyt tarkasti mittaamaan, mutta arviolta sitä lisättiin 1–3 % turpeen määrästä. Liiallinen glyserolin määrän lisäys aiheutti samankaltaisen ongelman kuin liian kostea turvekin, eli turpeesta tuli liian kostea ja se liiskaantui matriisiin muodostaen liuskamaisia kovia levyjä matriisin ja kolleripyörien väliin (kuvio 13). Tällöin päämoottori otti yleensä liikaa kuormaa ja automatiikka sammutti koneen. Glyserolin käytössä ongelmia aiheutti glyserolin tahmaisuus, minkä takia turve ei kunnolla liikkunut syöttösuppilossa.



KUVIO 13. Turpeen pelletöinnissä syntyneitä ”liuskoja”, kun glyserolin määrä on ollut liian suuri



KUVIO 14. Hyvälaatuisia turvepellettejä turve-rypsirouhe seoksesta

Parhaimmat tulokset turpeen pelletöinnistä saatiin sekoittamalla turpeen joukkoon rypsirouhetta. Rypsirouheen kanssa pelleteistä tuli rakenteeltaan huomattavasti parempia kuin pelkäästä turpeesta tai turpeesta glyserolin kanssa. Jäähtyneinä pelleteistä tuli suhteellisen kovia ja varsinkin pellettien pinta oli kova. Pellettejä valmistui kuitenkin suhteellisen hitaaseen tahtiin verrattuna muihin raaka-aineisiin, joita pelletöitiin rypsirouheeseen sekoitettuna.

3.5 Päätelmät pelletöintikokeista

Huomioitavaa tehdyissä pelletöintitesteissä on, että testeihin varattu aika oli rajallinen. Käytännön testeihin käytettiin aikaa noin puolitoista kuukautta, josta tehokkaita työpäiviä oli keskimäärin muutama päivä viikossa, joten pelletöintikoneen kanssa vietetty aika ei kuitenkaan ollut kovinkaan pitkä. Lisäksi täytyy ottaa huomioon, ettei koneen käyttäjillä ollut aiempaa kokemusta pelletöintikoneen käytöstä. Pelletöintikoneen käyttäjien ammattitaito vaikuttaa toki paljon pelletöinnin onnistumiseen, mutta väittäisin, että koneen käyttö on kuitenkin sen verran yksinkertaista, että suhteellisen lyhyessäkin ajassa sen nikseihin pääsee sisälle.

3.5.1 Käytetyt matriisit

Kuten aiemmin on jo mainittu, kokeiden aikana käytettiin kahta erilaista matriisia. Alun perin käytössä oli 8 mm rei'illä oleva matriisi, jossa reikien suoran osuuden pituus oli 53 millimetriä. Matriisin halkaisija ulkokehältä mitattuna oli 290 mm. Koska 8 mm:n matriisilla emme saaneet kunnolla valmistettua pellettiä, saimme myöhemmin 6 mm:n rei'illä olevan matriisin (kuvio 15). 6 mm:n matriisissa reikien suoran osuuden pituus oli 38 mm ja matriisin halkaisija ulkokehältä mitattuna 260 mm. Puristussuhde 8 mm:n matriisilla oli 0,15 ja 6 mm:n matriisilla 0,16 eli käytännössä katsoen molemmat matriisit olivat samankaltaiset. Käytössä ei myöskään huomattu mitään eroa matriisien välillä. Huomattavasti parempi olisi ollut, jos matriisien ero puristussuhteen osalta olisi ollut huomattava, jolloin näkyviä erojakin olisi varmasti löytynyt.



KUVIO 15. 6 mm:n matriisi irrotettuna

Kummatkin matriisit olivat varsin ”tiukkoja”, eli matriisien reiät olivat pitkiä suhteessa reikien halkaisijaan. Ottaen huomioon pellettikoneen pienen tehon (11 kW), olisi matriisin pitänyt olla ”löysempi”, jotta koneen teho olisi riittänyt puristamaan raaka-aineen matriisin läpi. Tulimmekin siihen lopputulokseen, että nämä matriisit soveltuisivat paremmin liukkaimmille raaka-aineille, kuten esi-

merkiksi erilaisille rehuille. Tämän osoittaa myös se, että rypsirouheen sekoittaminen raaka-aineisiin paransi pelletöitävyyttä huomattavasti, mikä johtui rypsirouheen aiheuttamasta kitkan pienenemisestä.

Kytön ja Äijälän (1981, 44) tutkimuksessa raportoidaan sahanpurulle soveliaan matriisin olevan puristussuhteeltaan 0,2–0,25. Myös Kallion ja Kallion (2004) tutkimuksessa raportoidaan matriisin 8/30 mm olevan liian ”löysä” ja matriisin 8/50 mm olevan liian ”tiukka” sahanpurun pelletöintiin. Matriisilla 6/30 mm sahanpurun pelletöinti oli onnistunut. (Kallio & Kallio 2004, 24.) Meillä käytössä olleet matriisit olivat siis vielä hieman ”tiukempia” kuin tuo 8/50 mm. Uskonkin, että näiden korsibiomassojen sekä myös sahanpurun pelletöintiin olisi ihanteellinen matriisi tälle pellettikoneelle ollut puristussuhteeltaan noin 0,25. Tällöin päämoottorin teho olisi riittänyt puristamaan raaka-aineen matriisin läpi, mutta painetta olisi kuitenkin muodostunut riittävästi, jotta pelleteistä olisi tullut riittävän kiinteitä.

3.5.2 BT Biopresser-25:n käytettävyys

Tämän kyseisen pellettikoneen perustoimintojen omaksuminen on melko helppoa, koska käyttöpaneelin ohjausyksikkö on hyvin yksinkertainen. Tosin käyttöpaneelin valikot ovat tanskankielisiä, joka tosin hieman aiheuttaa ymmärrettävyysongelmia. Laitteen mukana toimitetussa suomenkielisessä käyttöohjekirjassa kerrotaan esimerkiksi millaisia ominaisuuksia pelletöitävillä raaka-aineilla pitäisi olla, ja kuinka kolleripyörät säädetään, mutta käyttöpaneelin toiminnoista ei ole mitään mainintaa.

Konetta voidaan käytännössä käyttää kahdella eri tavalla. Syöttöruuvien nopeutta voidaan säätää manuaalisesti tai nopeuden säätö voi olla automaattinen. Syöttöruuvien nopeutta säädetään syöttöruuvia pyörittävän sähkömoottorin tehon mukaan. Säästöasteikko on prosentteina eli 0–100 % sähkömoottorin maksimitehosta. Manuaaliohjauksessa valitaan esimerkiksi 30 % maksimitehosta, jolloin syöttöruuvi pyörii jatkuvasti samaa nopeutta. Käsi-ohjauksessa nopeutta voi tietysti muuttaa myös käytön aikana. Periaatteessa manuaaliohjaus soveltuu tasalaatuiselle raaka-aineelle, jolloin syöttöruuvien nopeus

voidaan säätää siten, että päämoottorin kuorma on hyvin lähellä maksimitehoa.

Syöttöruuvien nopeuden säätämisen voi halutessaan jättää automaatin huoleksi. Automaattisäätö toimii siten, että se säätää syöttöruuvien nopeutta sen mukaan, miten päämoottorille tulee kuormitusta. Käytännössä automaatti nostaa hiljalleen syöttöruuvien pyörimisnopeutta, kunnes päämoottorin ottama teho on lähellä maksimia. Jos automaatti taas havaitsee, että päämoottorin tehon tarve kasvaa, silloin se pienentää syöttöruuvien pyörimisnopeutta.

Käytimme kokeiden aikana pääsääntöisesti manuaaliohjausta syöttöruuvien nopeuden säädössä. Pelletöitävästä raaka-aineesta riippuen tehoalueena oli 20–60 % syöttöruuvien maksimitehosta. Esimerkiksi kovien raaka-aineiden, kuten sahanpurun, pelletöinnissä syöttöruuvien pyörimisnopeutena voitiin pitää vain noin 20 % maksimitehosta. Automaattisäädöllä yritimme ajaa useaan otteeseen, mutta sitä ei saatu kunnolla toimimaan. Automaatti pyöritti syöttöruuvia liian nopeasti, jolloin päämoottori otti liika tehoa ja ohjauskeskus sammutti koneen. Automaatti yritti kyllä hiljentää syöttöruuvien pyörimisnopeutta, kun se havaitsi päämoottorin ottavan liikaa kuormaa, mutta se ei ehtinyt reagoimaan siihen riittävän nopeasti. Ajoittain automaattisäätö saattoi toimia hetken aikaa, mutta lähes poikkeuksetta kone sammui, kun sen päämoottori otti liikaa kuormaa.

3.5.3 Havaintoja BT Biopresser-25:n ominaisuuksista

Kuten aiemmin on jo mainittu, pelletöinnissä raaka-aineiden ominaisuudet ja pelletöintikoneen ”sisuskalut” eli matriisi ovat tärkeimmät tekijät pelletöinnin onnistumiselle. Tässä tapauksessa meillä ei ollut käytössä oikeanlaista matriisia testaamiemme raaka-aineiden pelletöintiin.

Laitteessa oli päämoottorina 11 kW:n sähkömoottori. Sähkömoottori oli siis melko pieni ja tämän huomasi myös testien aikana. Useaan otteeseen kone sammutti itsensä, koska päämoottorin tehontarve oli liian suuri. Koska päämoottori oli pieni, oli se todella herkkä pelletöitävän raaka-aineen laatuvarioille, jolloin raaka-aineiden tasalaatuisuuden tärkeys korostui entisestään.

Niinpä mieleen tuli, että päämoottori olisi saanut olla jonkin verran isompi, mikä olisi saattanut helpottaa koneen käyttöä. Varsinkin puuta (sahanjauhoa) pelletoidessa tehoa olisi tarvittu enemmän. Pohjois-Pohjanmaan pellettihankeessa 2003–2005 tehdyissä kokeissa todettiin 22 kW sähkömoottorin olevan liian pieni puujauhon pelletöimiseen (Pohjois-Pohjanmaan pellettihanke 2003–2005, 18). Täytyy kuitenkin muistaa, että kyseinen pelletöintikone on niin sanottu maatilakokoluokan pelletöintikone. Jos päämoottori olisi isompi, eivät koneelle enää riittäisi 16 ampeerin sulakkeet, jotka jokaiselta maatilalta käytännössä vielä löytyvät.

Kyseinen pelletöintikone on kokonaisuudessaan pieni, joten sen tärkeimmät osat, jotka pelletöintiin vaikuttavat, ovat myös pieniä (eli matriisi ja kolleripyörät). Kolleripyörien halkaisija oli 70 mm ja leveys 59 mm. Kolleripyörien pieni halkaisija aiheutti sen, että kolleripyörien ja matriisin välinen kulma muodostui jyrkäksi. Tämä vaatii enemmän tehoa verrattuna siihen, jos matriisi ja kolleripyörät olisivat isompia. Kolleripyörät ovat pienen kokonsa lisäksi myös melko heiveröisen oloiset (kuvio 16). Kolleripyörien akseli on kiinni vain toisesta päästä, joten riskinä on, että ajan mittaan akseli vääntyy eikä kollerit enää paina tasaisesti massaa matriisille.



KUVIO 16. Kolleripyörät irrotettuina

BT Biopresser-25:n yleisvaikutelma on kuitenkin laadukas. Runkorakenteet ovat jämäkän oloiset ja niiden uskoisi kestävän pitkäänkin. Yleisesti voisi sanoa, että kone saisi olla ”pykälän” suurempi joka suhteeltaan, niin sen käyttöominaisuudet saattaisivat korjaantua huomattavasti. Pehmeiden aineiden pelletöintiin siinä on varmasti potentiaalia, mutta kovempien raaka-aineiden käyttöön se on teholtaan liian vaatimaton.

3.5.4 Raaka-aineiden hallinta

Pelletöinnissä keskeisimmässä asemassa ovat raaka-aineiden ominaisuudet. Näistä ominaisuuksista tärkeimpiä ovat kosteus ja raaka-aineen partikkelikoko. Näiden ominaisuuksien hallitseminen osoittautui hyvin haasteelliseksi. Raaka-aineiden jauhaminen oli sinänsä yksinkertaista, kun seulaverkon avulla jauhetusta raaka-aineesta saatiin melko homogeenistä. Raaka-aineiden jauhaminen on kuitenkin työläs työvaihe pienen kokoluokan laitteistolla.

Kosteuden saaminen haluttuun haarukkaan onkin maatilaympäristön laitteilla erittäin haasteellista. Meidänkin testeissä raaka-aineet kuivattiin helposti liian kuiviksi, jolloin raaka-aineita joutui kostuttamaan keinotekoisesti. Hyvänä kosteuden lisääjänä toimisi höyry, mutta maatilaympäristössä sen käyttö ei enää ole kovinkaan yksinkertaista. Emme testeissämme testanneet höyryn toimivuutta, koska aika ja resurssit eivät siihen riittäneet, mutta se saattaisi olla vettä toimivampi ratkaisu.

4 LOPPUPÄÄTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia BT Biopresser Pellet-25:n soveltuvuutta erilaisten korsibiomassojen pelletöintiin. Keskeisenä aiheena oli miettiä maatilojen näkökulmasta pystyisikö maatiloilla syntyvistä sivutuotteista valmistamaan pellettiä tällä kyseisellä laitteistolla. Testeissä käytettiin sellaisia laitteita, joita maatiloiltakin löytyy ja olosuhteet vastasivat myös pitkälti maatiloilla olevia olosuhteita. Mitään pikakosteusmittareita tai muita sellaisia ”laboratorioluokan” laitteita ei ollut käytettävissä.

Kokeiden alettua selvisi melko nopeasti, ettei pelletöinti ole mitenkään yksinkertaista. Alun perin minulla oli hieman sellainen mielikuva, ettei pelletöinnissä tarvitse tehdä muuta kuin laittaa raaka-ainetta syöttöruuville ja katsella pellettien valmistusta. Tämä osoittautui kuitenkin harhakuvaksi. Jos joku aikoo hankkia pelletöintikoneen pelletöidäkseen sahanpurukasan pelleteiksi, ei tämä välttämättä onnistu niin helposti kuin luulisi. Aikaa kuluu varmasti paljon ennen kuin alkaa oppia pelletöinnin niksejä ja laitteen ominaisuuksia.

Näissä testeissä ei päästy odotettuihin tuloksiin, mutta se ei tarkoita ettei laitteella pystyisi valmistamaan pellettiä. Koneiden käyttäjillä ei aiempaa käytännön kokemusta pelletöinnistä ollut, eivätkä raaka-aineet todennäköisesti olleet sopivia käytössä olleille matriiseille. Kokeiluissa olleilla matriiseilla saa varmasti pellettejä tehtyä, mutta raaka-aineiden täytyisi olla erilaista. Kuten aiemmin olen jo maininnut, raaka-aineiden olisi pitänyt olla liukkaampia näille matriiseille. Senhän osoittavat jo osaltaan onnistuneet koeajot rypsi-rouhesekoitusten kanssa. Joistain rehuista näillä matriiseilla pystyisi todennäköisesti pellettiä valmistamaan, mutta meillä ei ollut tämän testin puitteissa resursseja tätä testata.

Pohdittaessa tällaisen laitteen kannattavuutta, tulee ensimmäisenä mieleen suuri työmäärä, minkä alkuvalmistelut vaativat ennen kuin on käytössä pelletöitäväksi soveltuvaa raaka-ainetta. Vaikka koneen tuotoksessa päästäisiin lähelle ohjekirjan lupaamaa 200 kg/h, täytyy huomioda, että suurin osa ajasta kuluu muuhun kuin itse pelletöintiin. Raaka-aineen kuivatus ja jauhaminen

ovat aikaa vieviä toimenpiteitä maatilakokoluokan laitteilla ja parempiin laitteisiin sijoittaminen vaatisi jo melkein ammattimaista pellettien valmistusta. Toki on mahdollista, että omaan käyttöön pelletit saa puristettua melko pienellä vaivalla, mutta koneen hankintahinta on suhteellisen suuri, jolloin tuloakin pellettien myynnistä olisi hyvä saada. Omavalmisteisten pellettien myyntihintaa on vaikea arvioida, mutta jos puupelletit irtotoimituksena maksavat noin 220 €/t, on realistinen hinta varmasti reilusti tätä alempi, ehkä noin 150 €/t. Vaikuttaakin siltä, että työmäärään suhteutettuna pelletöintityön tuomat tulovirrat maataloille ovat vaatimattomia. Itse suhtaudun aika epäilevästi pellettien ”pienvalmistukseen” maatalojen sivutulonlähteenä.

Tämän opinnäytetyöprosessin aikana tai varsinkin käytännön testien aikana opin valtavasti pelletöinnistä ja siitä mitä se vaatii. Pelletöintiin liittyviä haasteita ei ymmärrä ennen kuin on käytännössä nähnyt millaista pelletöinti on. Käytännön kokeisiin käytetty ajanjakso oli liian lyhyt, jotta ymmärtäisi pelletöinnin periaatteet läpikotaisin, mutta hyvän yleiskäsityksen tässäkin ajassa ehti jo saamaan.

Vaikka tulokset eivät olleet odotettuja, saatiin testeissä selville kuitenkin se, mitä haluttiinkin tutkia. Tarkoituksena oli selvittää BT Biopresser Pellet-25:n soveltuvuus korsibiomassojen pelletöintiin. Voidaankin todeta, että kyseinen laitteisto soveltuu heikosti näiden korsibiomassojen pelletöintiin näillä matriiseilla, mitkä meillä oli käytettävissä. Lisäksi täytyy muistaa, että koneen käyttäjien ammattitaito vaikuttaa saatuihin tuloksiin. Lopputoteamuksena sanottakoon, että tutkimus onnistui, vaikkeivät tulokset olleetkaan odotettuja.

LÄHTEET

Kallio, M & Kallio, E. 2004. Puumateriaalin pelletointi. VTT Prosessit. Projektiraportti PRO2/P6012/04. Jyväskylä: Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Viitattu 15.2.2009.

Kask, U. 2009. Järviruo'on ja muiden energiakasvien ominaisuustietoja vertailutaulukossa. Ruovikkostrategia Suomessa ja Virossa –hankkeen internetsivut. Viitattu 20.1.2009. [Http://www.ruoko.fi](http://www.ruoko.fi), bioenergia, järviruo'on ja muiden energiakasvien ominaisuustietoja.

Kyttö, M. & Äijälä, M. 1981. Metsäenergian käyttö ja jalostus. Osa 4. Puun pelletoinnin kokeellinen tutkimus. Espoo, Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Tutkimuksia 41/1981.

Manelius Management Oy Ab. 2009. Manelius Management Oy Ab:n internetsivut, Viitattu 10.2.2009. [Http://www.rypsienergia.fi](http://www.rypsienergia.fi), Tuotteet, BT-Biopresser.

Payne, J., Rattink, J., Smith, T. & Winowiski, T.1994. The Pellet Handbook. Guest ed.: MacMahon. Berkshire, England, The Publicity Mill Limited. Published by Norregaard Lignotech, Sarpborg, Norway. 72 p. Kirjaan viitattu teoksessa Kallio, M & Kallio, E. 2004. Puumateriaalin pelletointi. VTT Prosessit. Projektiraportti PRO2/P6012/04. Jyväskylä: Valtion teknillinen tutkimuskeskus.

Pohjois-Pohjanmaan pellettihanke 2003–2005. 2005. Loppuraportti, Kärsämäen kehityskeskus Oy.