

PELLOILTA ENERGIAA

— OPAS RUOKOHELVEN KÄYTTÄJILLE

Timo Lötjönen

Kirsi Knuuttila



Jyväskylä Innovation Oy ja Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus

Paino: ER-Paino/Kariteam

Taitto: Katja Maunonen

ISBN 978-952-92-5023 -3

Jyväskylä 2009

ALKUSANAT

Tämä opaskirja sisältää käytännönläheistä tietoa ruokohelven käytöstä energiantuotannossa. Kirjassa esitellään ruokohelven tuotanto, polttoaineen varastointi ja käsittely, polttoainelogistiikka sekä turvallinen ja tehokas energiantuotanto. Opaskirja on syntynyt *Peltoenergiakasvien tuotannon ja käytön edistäminen Euroopassa* (ENCROP) -hankkeen tuloksena. Euroopan Komission Intelligent Energy for Europe Altener –ohjelman lisäksi hanketta ovat rahoittaneet Työ- ja elinkeinoministeriö ja Vapo Oy.

Opas on tehty yhteistyössä Ruotsin Maatalousyliopiston (Sveriges Landsbruksuniversitet) kanssa. *Johdannon* ovat kirjoittaneet Kirsi Knuuttila Jyväskylän Innovation Oy:stä ja Timo Lötjönen Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuksesta (MTT). Kappaleen *Ruokohelven tuotanto* ovat kirjoittaneet Katri Pahkala ja Timo Lötjönen MTT:stä. Osiot *Helven varastointi ja kaukokuljetus*, *Logistiikka voimala-alueella* ja *Energiantuotanto* ovat Novox Oy:n käsialaa. Kappaleet *Ruokohelpi polttoaineena*, *Tuhkan hyötykäyttö* ja *Ruokohelven pelletointi, briketointi ja pölypoltto* ovat kirjoittaneet Björn Hedman ja Shaojun Xiong Ruotsin Maatalousyliopistosta (SLU). Esimerkit hyvistä tuotantoketjuista ovat kirjoittaneet Kirsi Knuuttila ja Timo Lötjönen, jotka ovat myös koostaneet ja toimittaneet oppaan.

Kiitokset rahoittajille ja kaikille kirjoittajille.

3.2.2009

Timo Lötjönen
Maa- ja elintarviketalouden
tutkimuskeskus

Kirsi Knuuttila
Jyväskylän Innovation Oy

SISÄLLYSLUETTELO

ALKUSANAT.....	3
JOHDANTO.....	5
Nykyinen tuotanto ja tavoitteet.....	5
Nykyiset ruokohelven korjuuketjut	6
Helpienergian taloudellinen kannattavuus	7
Päästökauppa	7
RUOKOHELVEN TUOTANTO	9
Ruokohelven viljely	9
Sadon määrään vaikuttavat tekijät	9
Sadon laatuun vaikuttavat tekijät	9
Ruokohelven korjuu	10
Niitto ja karhotus	11
Korjuu paaleina	11
Korjuu irtosilppuna	13
Kuljetus varastointipaikalle.....	13
HELVEN VARASTOINTI JA KAUKOKULJETUS.....	15
Paalien varastointi	15
Irtosilpun varastointi	16
Huomioitavaa helven käsittelyssä	16
Kaukokuljetus.....	16
RUOKOHELPI POLTTOAINEENA	18
Polttoainelaatuun vaikuttavia tekijöitä	18
Ruokohelven polttoainelaatu verrattuna muihin polttoaineisiin	19
Energia- ja kasvihuone-kaasutaseet.....	20
LOGISTIIKKA VOIMALA-ALUEELLA.....	22
Yleistä.....	22
Helpipaalien murskaus	23
Helven sekoittaminen ja syöttö kattilaan	24
ENERGIANTUOTANTO	27
Polttotekniikat.....	27
Ruokohelven lämpöarvo	28
Ruokohelven polton päästöt	29
Ruokohelven ominaisuudet leijupoltossa	29
Ruokohelven polton erityispiirteet ja haasteet.....	30
Suositukset ruokohelven osuudelle yhteispoltossa turpeen ja puun kanssa.....	31
Helven vaikutus kattilan tuhkaan.....	31
TUHKAN HYÖTYKÄYTTÖ.....	33
Pohjatuikka lannoitteena.....	32
Tuhkan käyttömahdollisuudet.....	33
Levitystekniikka.....	34
RUOKOHELVEN PELLETOINTI, BRIKETÖINTI JA PÖLYPOLTTO.....	36
Pelletöinti.....	36
Briketöinti.....	37
Pölypoltto.....	37
ESIMERKKEJÄ HYVISTÄ TUOTANTOKETJUISTA	39
Kokkolan Voima Oy: Erillinen vastaanotto, käsittely ja syöttö	39
Forssan Energia Oy: Paalien vastaanotto ja käsittely voimala-alueella.....	40
Joensuun Energia Oy: Ruokohelpi toimitetaan polttoaineen tuottajalle valmiina seoksena	42

JOHDANTO

Nykyinen tuotanto ja tavoitteet

Peltoenergiaa tuotetaan Euroopassa kasvavassa määrin. Ruukohelpi on tuottoisa Suomen oloihin sopeutunut peltokasvi. Vuonna 2007 ruukohelven tuotantoala oli Suomessa 20 000 ha. Maa- ja metsätalousministeriö on asettanut tavoitteeksi kasvattaa energiakasvien tuotantopinta-ala 100 000 hehtaariin vuoteen 2015 mennessä. Suomessa on kymmeniä voimaloita, jotka voivat vastaanottaa ruukohelpeä polttoaineeksi joko paaleina tai valmiina polttoaineseoksena.

Ruukohelpi on tasalaatuista, energiatehokasta ja uusiutuvaa polttoainetta. Ruukohelven tuottamasta energiasta vain noin 6–8 % kuluu tuotantoon ja kuljetukseen

(VTI ja MTI, 2006). Uusimpien tutkimusten mukaan ruukohelpi sitoo maaperään ilman hiilidioksidia, lisää maan humusta ja parantaa maaperän kuohkeutta. Helven lämpöarvo on korkea. Palamisen hallinta nykyisissä voimaloissa edellyttää toisen polttoaineen, kuten puun tai turpeen, käyttöä. Helven osuus voi seospoltossa olla enimmillään noin 20 %.

Jokainen energiantuotantoketju on yksilöllinen. Tämä opas antaa lukijalle perustiedot ruukohelven hyödyntämisestä. Siinä kerrotaan yleisimmät toimintatavat ja niiden rajoitteet. Tavoitteena on antaa lukijalle valmiudet tunnistaa omalle laitokselle soveltuvat tavat hyödyntää ruukohelpeä muiden kotimaisten polttoainneiden rinnalla.



Helpipaalien lastausta helven kuljetukseen suunniteltuun yhdistelmäajoneuvoon (Kirsi Knuuttila, Jyväskylä Innovation Oy)

Nykyiset ruokohelven korjuuketjut

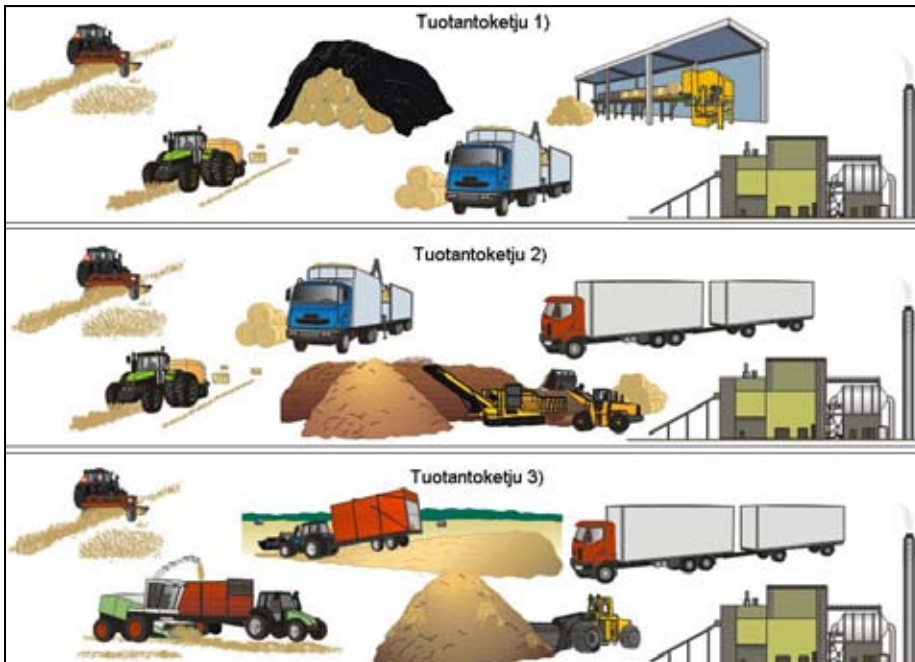
Ruokohelpeä viljellään pelloilla ja turvetuotannosta poistuneilla suopohjilla. Energiakäyttöön menevä ruokohelpi korjataan keväällä huhti-toukokuussa lumien sulamisen jälkeen, jolloin helven kosteus on alhainen ja polttolaatu hyvä. Tavoiteltu korjuukosteus on 10–15 %, johon päästään keväällä helposti. Sadot ovat 3000–7000 kg kuiva-ainetta hehtaarilla, mikä on energiaksi muutettuna 14–32 MWh/ha.

Ruokohelpienergiantuotanto on hyvin nuori toimiala. Korjuussa ja kuljetuksessa hyödynnetään toistaiseksi lähinnä maatalouden, puuenergian ja turvetuotannon urakointiketjuja. Tuotantoketjujen kustannustehokkuus paransi merkittävästi, jos käytössä olisi erityisesti ruokohelven käsittelyyn sopivia koneita

ja laitteita sekä toimijat ammattimaisesti ruokohelven käsittelyyn suuntautuneita.

Tyypilliset tuotantoketjut ovat alla esitetyssä kuvassa:

- *Tuotantoketju 1:*
niitto, paalaus, välivarastointi, kauko-kuljetus, murskaus, sekoitus pääpolttoaineeseen, käyttö (pitkä matka laitokselle, laitos voi käsitellä helpeä alueellaan)
- *Tuotantoketju 2:*
niitto, paalaus, kuljetus turvesuolle tai terminaaliin, välivarastointi, murskaus, sekoitus pääpolttoaineeseen, kuljetus laitokselle, käyttö (pelto lähellä turvetuotantoaluetta tai terminaalia)
- *Tuotantoketju 3:*
niitto, irtosilppukorjuu, kuljetus turvesuolle tai terminaaliin, välivarastointi, sekoitus pääpolttoaineeseen, kuljetus, käyttö (pelto lähellä turvetuotantoaluetta tai terminaalia)



Tuotantoketjut kuvina. (Jyväskylä Innovation Oy)

Helpienergian taloudellinen kannattavuus

Suomessa tuetaan helven viljelyä taloudellisesti. Helven polttoainekäyttöä ei tueta. Viljelytuki koostuu pinta-alatuesta ja pysyvän nurmiviljelyn tuesta. Pinta-alatuen suuruus riippuu tilan tuotannosta (kasvintuotanto/ karjatalous) ja sijainnista. Pysyvän nurmiviljelyn tukea maksetaan vuoden 2009 alusta alkaen uusille turve- ja multamaille perustettaville kasvustoille. Kaikkiaan tuet ovat noin 500–700 €/ha, mikä nykyisillä satotasolla vastaa noin 25–35 eur/MWh. Viljelyn tuet ovat helven tuotannon kannalta taloudellisesti ratkaiseva asia. Tällä hetkellä helpienergian tuottaminen ja käyttäminen on taloudellisesti kannattavaa, kuten alla esitetty diagrammi osoittaa.

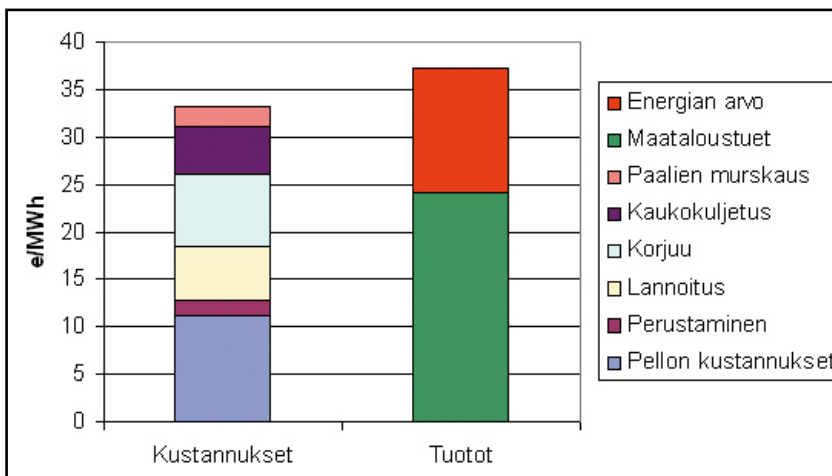
Ruokohelpeä käytetään tällä hetkellä vain voimaloissa polttoteknisistä syistä. Metsähakkeella tuotetulle sähkölle maksetaan sähköntuotantotukea 6,90 €/MWh. Polttoaineen energiamäärää kohden laskettuna tuki vastaa voimalaitoksen hyötysuhteesta riippuen 2–2,5 eur/MWh.

Lämmön tuotannossa ei ole vastaavaa tukea eikä myöskään tuesta johtuvaa eroa helven ja puupolttoaineiden välillä.

Päästökauppa

Ruokohelpeä on kannattavinta käyttää yli 20 megawatin voimalaitoksissa, koska ne saavat päästökauppahyötyä korvattaessaan fossiilisia polttoaineita biopolttoaineilla. Tulevaisuudessa päästöoikeuden hinnan arvioidaan nousevan merkittävästi. Tällöin biopolttoaineiden kysyntä ja hinta kasvavat. Helven kilpailukykyä parantaa lisäksi tuotantokustannusten alentuminen laitteistojen teknisen kehityksen ja viljely- ja käyttökokemuksen karttumisen myötä.

Viljelyalan kasvihuonekaasupäästöt alenevat helven viljelyssä, koska monivuotisen helpiviljelmän muokkaamistarve on alhainen. Tästä on eniten etua turvepeltoilla, joiden hiilidioksidi- ja dityppioksidipäästöt ovat muutoin merkittävät. Monivuotinen nurmikasvillisuus vähentää myös fosforin huuhtoutumista pelloilta vesistöihin. Uusimpien tutkimusten mu-



Ruokohelven viljelyn, kuljetuksen ja murskauksen kokonaiskustannukset ja -tuotot alkuvuoden 2008 hintatasossa. Oletukset: sato 5000 kg/ha, pyöröpaalit, kuljetusmatka 70 km. (Timo Löjtönen, MTT)

kaan helven vahvaan juuristoon sitoutuu ilmakehän hiiltä niin merkittävästi, että helpiviljelmää voidaan pitää hiilidioksiditasetarkastelussa hiilinieluna.

Helven määrä voimalaitoksen käyttämässä polttoaineessa on pystyttävä osoittamaan, jotta helven CO₂-neutraalisuus voidaan hyödyntää laitoksen taselaskennassa. Määrän osoittamiselle on asetettu tiukat, laitoksen koosta riippuvat tarkkuusvaatimukset. Helpeä sisältävien

polttoaineseosten toimittajan on annettava todistus seoksen sisältämän helven määrästä, sillä helven osuutta ei nykyisillä analyysimenetelmillä voida käytännössä mitata riittävän tarkasti valmiista seoksesta. Kun helpi tuodaan kattilalaitokselle sekoittamattomana, määritetään laitoksen käyttämän helven määrä polttoainekirjanpidon ja kuormasta otettujen näytteiden avulla. Tällöin todentaminen on helpompaa kuin valmiista seoksesta käytettäessä.

Optimaalinen tuotantoketju

Tarkka ja kevyt korjuukalusto – hyvä saanto, pellolle ei synny uria

Tiiviit paalit tai uudenlainen pakkaaminen – parempi kuljetustiheys → suuremmat kuormakoot

Paalien automaattinen vastaanotto – alhaisemmat käsittelykulut

Helpikattila pääkattilan viereen – Tanskan olkikattilat sopivat helvelle

RUOKOHELVEN TUOTANTO

Ruukohelven viljely

Ruukohelpi on talvenkestävä, satoisa ja keväällä korjattuna pitkäikäinen heinäkasvi. Vanhimmat koeviljelykset Suomessa ovat tuottaneet satoa yli 15 vuotta. Kasvi kasvattaa kaksi kesää juuristoaan ja ensimmäinen sato korjataan noin kahden vuoden kuluttua kylvöstä. Kasvusto antaa suurimmat sadot vasta yli kolmen vuoden iässä.

Ruukohelpi menestyy lähes kaikilla maala-jeilla. Savimailla uusissa kasvustoissa saat-
taa kevätkuivuuden takia esiintyä aukkoisuutta. Tiivistyneessä maassa ruukohelpi jää matalaksi. Viljelylohkojen tulee olla tasaisia ja mahdollisimman kivettömiä. Tällöin sato saadaan talteen hyvin, koska se saadaan leikattua lyhyeksi sängeksi.

Juolavehnä ja monivuotinen nurmi hävitetään tulevalta ruukohelpiviljelykseltä jo edellisenä vuonna. Myös hukkakaura torjutaan edellisinä vuosina. Ruukohelven viljelyn alkuvaiheet eivät paljon eroa rehuheinän viljelystä. Perustaminen onnistuu parhaiten puhtaana kasvustona ilman suojaviljaa. Tärkeää on pellon pinnan tasaisuus, matala muokkaus ja matala (1–2 cm) kylvö. Ruukohelven itäminen ja taimien alkukehitys on hidasta. Kasvuston niitto kylvövuonna vähentää ensimmäisen sadon määrää lähes puoleen, joten se ei kannata tehdä. Satovuosina ruukohelpi lannoitetaan keväisin korjuun jälkeen.

Jos pelto halutaan ottaa muuhun käyttöön, on ruukohelpi juurakoineen hävitettävä huolellisesti. Energiaviljelyssä vuosittain maahan varisevat siemenet säilyvät itävinä useita vuosia viljelyn loppu-

misen jälkeen. Hävitys onnistuu kuitenkin hyvin glyfosaatin ja kilpailevan kasvuston avulla.

Sadon määrään vaikuttavat tekijät

Keväällä korjataan edellisenä kesänä kasvanut ruukohelpi. Tämän vuoksi edellisen kesän sää ja lannoitus vaikuttavat kuiva-ainesadon määrään. Kuivan kesän jälkeen sato voi olla 20–30 % pienempi kuin sateisen kesän jälkeen. Biologinen kuiva-ainesato toisesta satovuodesta eteenpäin on hyvissä kasvustoissa 6–8 t/ha. Multamail-
la sadot ovat yleensä suurempia kuin savimailla. Myös hietamailta on saatu runsaita satoja. Ruukohelven ensimmäinen sato on tavallisesti 20–40 % pienempi kuin seuraavien vuosien sato. Lannoituksen lisääminen vaikuttaa ruukohelven satoon eniten savimailla. Turpeen noston jälkeen voidaan turvesuot kunnostaa ruukohelven viljelyyn, jos ne kalkitaan ja lannoitetaan hyvin. Lajikkeen vaikutus kuiva-ainesadon määrään ei ole kovin suuri. Kuiva-ainesato vaihtelee riippuen kasvupaikasta, viljelytekniikasta ja vuodesta. Toistaiseksi viljellään ruukohelven rehulajikkeita (Palaton, Chiefton, Venture, Marathon ym.). Energiatarkoituksiin jalostettujen lajikkeiden satoisuus ja laatu ovat kokeissa olleet rehulajikkeita parempia, mutta ne tulevat kauppaan vasta muutaman vuoden kuluttua.

Sadon laatuun vaikuttavat tekijät

Kevätkorjatussa sadossa tuhkapitoisuus on pienempi kuin vihreänä korjatussa biomassassa, ja kaliumin, kalsiumin,

kloorin, typen ja fosforin pitoisuudet pienempiä. Keväällä korjatun biomassan tuhkapitoisuus voi vaihdella 2–10 % maalajista ja lannoituksesta riippuen. Lannoitusta lisättäessä tuhkapitoisuus pienenee, koska piipitoisuus laskee. Savimailla kivennäisaine ja tuhkapitoisuudet ovat hiukan suurempia kuin hieta- ja multamailla. Kasvinosista korressa on eniten selluloosaa ja vähiten kivennäisaineita. Korren tuhkapitoisuus on pienempi kuin muiden kasvinosien. Keväällä korren osuus on jopa 70 % biomassasta. Usein ensimmäinen sato sisältää enemmän lehtiä kuin seuraavat sadot, minkä vuoksi tuhkapitoisuus ja useiden kivennäisainesten pitoisuudet ovat suurempia nuorissa kasvustoissa. Myös korjuutappiot voivat lehtevyyden takia olla suurempia nuorilla viljelyksillä.

Ruukohelven korjuu

Energiakäyttöön menevä ruukohelpi korjataan keväällä lumien sulamisen jälkeen, jolloin sen polttolaatu on hyvä ja kosteus on alhainen. Talvella lumi painaa kasvuston maata vasten noin 20 cm paksuksi kerrokseksi, joten sen niitto lyhyeen sänkeen on haasteellista. Niiton onnistuminen edellyttää, että pellon pinta on tasattu ja että kivet ja kannot on poistettu huolellisesti kasvuston perustamisvaiheessa. Vuosittaisten korjuiden aikana pellon pintaan ei saa tulla uusia uria, sillä seuraavina vuosina kasvustoa ei pystytäkään niittämään urien kohdalta millään koneella tarkasti.

Ensimmäinen sato saadaan kahden vuoden kuluttua kylvöstä. Siitä lähtien sato korjataan vuosittain huhti-toukokuussa.



Niittomurskain työssä. Lumi on painanut kasvuston maata vasten, joten niittokone säädetään leikkaamaan lyhyeen sänkeen. (Timo Lötjönen, MTT)

Jos maa on roudassa, helpi voidaan korjata heti lumien sulamisen jälkeen. Jos routaa ei ole tai se sulaa yhtä aikaa lumen kanssa, korjuu tehdään, kun pelto on kuiva ja kantaa korjuukaluston. Helpi on korjattava viimeistään, kun uusi kasvusto on enintään 10–15 cm. Vihreä massa heikentää ruokohelven polttolaatua ja uusien versojen katkaiseminen hidastaa uuden sadon kasvuunlähtöä. Korjuussa käytetään yleensä urakoitsijoita korjuukaluston kalleuden takia. Jos viljelijällä on sopivaa kalustoa, hän voi korjata sadon itse. Helven kosteus on korjuun aikaan 10–15 %.

Niitto ja karhotus

Ruokohelven niittoon sopivat lautasniittokoneet ja lautasniittomurskaimet. Lautasniittokoneen etuina on keveys, helppo sängenpituussäätö ja vähäiset varisemistappiot, koska murskainosaa ei ole. Niittomurskain puolestaan tekee valmiit karhot, jolloin karhotustyövaihetta ei välttämättä tarvita. Helpeä niitettäessä murskaimen kierrosnopeus on säädettävä alhaiseksi ja murskaimen vastapeltiä tai

-kampaa on löysättävä mahdollisimman paljon. Joissain malleissa murskainosaa voidaan irrottaa kokonaan ruokohelven niittoa varten. Uusimpien kokeiden mukaan oikein säädetyllä niittomurskaimella voidaan päästä yhtä pieniin korjuutappioihin kuin lautasniittokoneellakin.

Lautasniittokoneella niitetty kasvusto on karhotettava ennen korjuuta. Karhotukseen käytetään samoja roottorikarhottimia kuin säilörehullekin. Näiden ei ole todettu aiheuttavan merkittäviä varisemistappioita, kun säädöt ovat kohdallaan. Oleellista on, että karhot ovat korjuukoneelle sopivan muotoiset ja kokoiset. Varsinkin isojen karhojen jäämistä sateeseen on vältettävä, sillä niiden keskusta kuivuu hitaasti korjuukuntoon ja uudelleen karhotus voi aiheuttaa merkittäviä tappioita.

Korjuu paaleina

Yleisin ruokohelven korjuuseen käytetty paalintyyppi on pyöröpaalain. Ne ovat halvempia ja kevyempiä kuin kanttipaalaimet. Kanttipaalainten etuna on pyöröpaalaimiin verrattuna suurempi kapasiteetti, tiiviimmät paalit ja paalien parempi tilankäyttö kuljetusajoneuvoissa, koska paalit ovat suorakaiteen muotoisia. Näistä syistä kanttipaalaimen käyttö onkin yleistymässä ruokohelven korjuussa.

Hyvät paalit ovat tiiviitä ja niiden mitat soveltuvat käytössä olevalle kuljetuskalustolle. Käytännössä paalien tiheys vaihtelee paljon ja riippuu



Lautasniittokoneen jäljiltä pelto on karhotettava, mutta korjuutappiot ovat yleensä pienemmät kuin niittomurskaimella. (Timo Lötjönen, MTT)

siitä, kuka paalit on tehnyt. Sadon ostajan haluama paalikoko on tavallisesti kirjattu sopimukseen. Pyöröpaalien halkaisija on tyypillisesti alle 130 cm ja leveys 120 cm. Suurkanttipaalien suosituskoko on 120 cm (leveys), 70 cm (korkeus) ja 240 cm (pituus).

Muuttuvakammioisilla pyöröpaalaimilla saadaan yleensä hieman tiiviimpiä helpipaaleja ja varistapappiot ovat pienemmät kuin kiinteäkammioisilla paalaimilla. Uusimpien tutkimusten mukaan myös oikein käytetyllä hyvällä kiinteäkammioisella paalaimella päästään tiiviisiin paaleihin.

Paalaimella ei saa ajaa liian lujaa ja ajonopeutta on hidastettava paalin alkaessa täyttyä, jotta paali ehtii tiivistyä kunnolla. Pyöröpaalit suositellaan sidottavaksi neljää verkkokerrosta käyttäen.

Suurkanttipaalainten paalien tiheys on yleensä suurempi. Muoto on kuljetusta ja varastointia ajatellen parempi kuin pyöröpaaleilla. Kuljetusautoihin saadaan kantipaaleilla 30–50 % painavampia kuormia kuin pyöröpaaleilla, minkä takia kantipaalausta suositellaan. Kantipaalaimet ovat kalliita, lähinnä urakoitsijoille sopivia koneita. Toistaiseksi niitä



Kantipaalaimen etuna ovat tiiviit ja hyvän muotoiset paalit. (Timo Lötjönen, MTT)



Ruukohelven paalaus sujuu kiinteäkammioisellakin pyöröpaalaimella vaikka muuttuvakammioista paalainta pidetään parempana. (Timo Lötjönen, MTT).

on maassamme vähän verrattuna pyöröpaalaimiin. Kanttipaalaimet ovat myös raskaita, mikä voi aiheuttaa kevätkestean pellon uriutumista. Pyöröpaalaimet käyttävät sidontaan verkkoa tai narua, kanttipaalaimet pelkästään narua. Muovinaru on paremman vetolujuutensa takia yleisempi kuin sisalnaru.

Korjuu irtosilppuna

Irtosilppukorjuun etuna on, että sillä saadaan tehtyä pellolla voimalaitosten kuljetinlinjoille sopivaa silppua. Erillistä paalien murskausta tai silppuamista ei tarvita. Irtosilppukorjuuta voidaan käyttää, mikäli viljelämä sijaitsee korkeintaan 10–15 km:n päässä turvetuotantoalueesta tai polttoaineterminaalista, koska silpun kuormatiheys on pieni. Menetelmässä helpi korjataan ajettavalla tai traktorikäyttöisellä tarkkuussilppurilla, tarkkuussilppurivaunulla tai silppuavalla noukinvaunulla ja siirretään korjuun aikana varastoalueen laitaan aumattavaksi. Auma tiivistetään

traktorilla ja peitetään muovilla. Helpisilppu otetaan myöhemmin aumasta ja sekoitetaan voimalaitokselle menevän polttoturpeen tai hakkeen sekaan.

Silpun tulee olla tasalaatuista ja pituuden alle 50 mm, jotta silppu sekoittuu hyvin pääpolttoaineeseen ja kulkee voimalaitoksen kuljettimissa ongelmitta. Tarkkuussilppureilla tavoitteeseen päästään yleensä helposti, mutta noukinvaunuilla silpun pituuteen on kiinnitettävä erityistä huomiota.

Kuljetus varastointipaikalle

Ruokohelpipaalit kuljetetaan pellolta välivarastoivarastoitavaksi joko kuorma-autoa kantavan varteen tai helven ostajan terminaaliin. Jos pelto on lähellä voimalaitosta, myös suora kuljetus laitoksen varastokentälle on mahdollinen. Lähikuljetukseen käytetään mm. metsävaunua ja puutavarakuormainta, paalivaunua ja etukuormaintraktoria tai etukuormain-traktoria, jonka takanostolaitteessa on paali-



Irtosilppukorjuuta tarkkuussilppurivaunulla. (Timo Lötjönen, MTT)



Kantipaalien käsittely sijuun paalipihdeillä. (Timo Lötjönen, MTT)

piikit. Etukuormaimessa voidaan käyttää paalipiikkiä tai paalipihtiä, tilanteesta riippuen. Etukuormaintraktorin sijasta voidaan käyttää kurottajaa, jonka ulottuvuus on traktoria suurempi. Irtosilppu kuljetaan aumauspaikalle säilörehuvaunuilla.

Menetelmästä riippumatta paalit eivät saa menettää muotoaan tai hajota lähikuljetuksen aikana. Muotonsa menettänyt paali ei mahdu ongelmitta kaukokuljetusajoneuvoon ja aiheuttaa hankaluuksia jatkokäsittelyssä. Lähikuljetuksen on siis tapahduttava hellävaroen. Toisaalta, jos paalit eivät pysy kasassa, paalit ovat liian löysiä tai sidontaverkkoa tai -narua on käytetty liian vähän. Työvaiheet paalien välivarastointiin saakka ovat yleensä viljelijän vastuulla.

Lähteet:

Alakangas, E. 2000. Suomessa käytettyjen polttoaineiden ominaisuuksia. VTT Tiedotteita 2045. Espoo. 173 s. + 17 liitettä.

Lindh, T., Kärki, J., Impola, R., Paappanen, T., Leino, T., Kallio, E., Rinne, S., Lötjönen, T. & Kirkkari, A.-M. 2007. The development of reed canary grass fuel chain. In: Mia Savolainen (editor). Bioenergy 2007, 3.-6.9.2007 : Book of proceedings. FINBIO publication 36: p. 329-336.

Lötjönen, T. 2008. Korjuutappiot ja paalintiheys ruokohelven kevätkorjuussa. Julkaisussa: Maataloustieteen Päivät 2008 [verkkojulkaisu]. Suomen Maataloustieteellisen Seuran tiedotteita no 23. Toim. Anneli Hopponen. 6 s. <http://www.smts.fi>

Pahkala, K. 2005. Ruokohelven satoon vaikuttavat tekijät Suomessa. Productivity of reed canary grass in Finland. In: international seminar on Agroenergy for the Future. Joensuun yliopisto 15.3.2005.

Pahkala, K., Isolahti, M., Partala, A., Suokannas, A., Kirkkari, A.-M., Peltonen, M., Sahramaa, M., Lindh, T., Paappanen, T., Kallio, E., Flyktman, M. 2005. Ruokohelven viljely ja korjuu energian tuotantoa varten. Maa- ja elintarviketalous nro 1. 2. korjattu painos. 31 s. <http://www.mtt.fi/met/pdf/met1b.pdf>

Pahkala, K., Pentti, S., Aalto, M., Sahramaa, M., Poikola, J., Enroth, A. 2006. Ruokohelpi. In: toim. Hanna Luoma, Sari Peltonen, Jukka Helin ja Hanne Teräväinen. Maatilayrityksen bioenergian tuotanto. ProAgria Maaseutukeskusten Liiton julkaisuja 1027: Tieto tuottamaan 115: p. 35-47

Peltonen, S (toim.). 2008. Peltokasvien kasvin-suojelu 2008. ProAgria Maaseutukeskusten liiton julkaisuja, no. 1048. 64 s.

Salo, R.(toim.) 2000. Biomassan tuottaminen kuidun ja energian raaka-aineeksi. Tutkimuksen lopputaportti, osa I. Ruokohelven jalostus ja viljely. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja. Sarja A 84. 86 s.

Vapo 2008. Ruokohelpi – Viljely-, korjuu- ja varastointiohjeet. Vapo paikalliset polttoaineet. 12 s. http://www.vapo.fi/filebank/3589-ruokohelpi_viljelyesite_www08.pdf

HELVEN VARASTOINTI JA KAUKOKULJETUS



*Asianmukaisesti suojamuovilla peitetty ja riittävästi reunapainotettu kanttipaalikasa.
(Timo Lötjönen, MTT)*

Helpi varastoidaan ennen käyttöä yleensä peltoalueen välittömään läheisyyteen tai polttoaineterminaaliin. Voimalaitosalueella varastointi edellyttää, että laitosalueella on riittävästi tilaa ja että laitoksen ympäristölupa sallii ruokohelven varastoinnin. Varastointiratkaisu riippuu pellon sijainnista sekä helven käsittelytarpeesta ja mahdollisuuksista. Jos paalit ovat tiiviitä, paalien peittäminen ei ole tärkeää lyhytaikaisessa varastoinnissa.

Paalien varastointi

Maastovarastopaikaksi valitaan kantavapohjainen, kuiva alue. Pohjan on oltava riittävän tasainen, jotta paalikasa pysyy tukevasti paikoillaan. Paalikasan alle laitetaan rankoja, haketta, puutavaraa tai trukkilavat, jotta alimmat paalit eivät ole suoraan kosketuksissa maan kanssa. Kasasta tehdään ylöspäin kapeneva. Kasaan

ei tarvitse jättää tuuletusvälejä. Varastoa ei saa sijoittaa sähkölinjojen alle.

Paalikasan peitteenä käytetään leveää suojamuovia. Peitemuovi laitetaan kasan päälle niin, että sadevesi valuu suojapeitteen päältä alas sivuille. Varastokasa on hyvä mitoittaa sellaiseksi että se voidaan peittää suojamuovilla ilman saumoja. Jos käytetään useita muoveja, ne on limitettävä riittävästi. Kasasta kannattaa tehdä pitkänomainen ja sen korkuinen, että sen peittäminen onnistuu turvallisesti. Ylikorkeiden kasojen peittäminen on hankalaa. Leveitä suojamuoveja ei voi käsitellä tuulisella ilmalla. Muovien paikallaan pysymiseen on kiinnitettävä erityishuomiota, sillä tuuli repii ne helposti irti. Peitteiden reunat kannattaa painottaa reilulla maakerroksella. Suojamuovien alle ei saa ryömiä niiden paikoilleen laittamisen jälkeen, sillä suljettuun tilaan saattaa kertyä tukahduttavia kaasuja.

Varastopaikan tulee sijaita sellaisen tien varressa, joka kantaa perävaunullisen kuorma-auton. Auto tarvitsee kunnollisen kääntöpaikan. Varastopaikka ei saa olla mäessä eikä auton liikkeellelähden kannalta jyrkän mäen alla. Matka autolta kasan ulkoreunaan saa olla enintään 8 m, jotta auton nosturi ylittää siirtämään paalit.

Helpi varastoidaan terminaalissa, jos polttoaineen vastaanottajan polttoaineterminaali on lähellä viljelmää. Terminaali on tarkoituksenmukainen paikka silputa ja seostaa helpi pääpolttoaineeseen, jos voimalaitos vastaanottaa helven valmiina polttoaineseoksena. Terminaalilla tarkoitetaan turvetyömaan turpeenlastauspaikkaa tai polttihakkeen käsittelyyn tarkoitettua aluetta. Terminaalivarastoinnissa paalikasoista voidaan tehdä korkeampia kuin maastossa, koska terminaalissa on kantava pohja ja käytettävissä olevalla kalustolla on hyvä nostoulottuvuus. Kasan korkeutta rajoittaa yleensä alimpien paalien kantavuus.

Voimalaitoksilla on harvoin helven pitkäaikaiseen varastointiin sopivia suuria varastoalueita ja sen vuoksi helpeä kuljetetaan useimmissa tapauksissa voimalaitokselle käytön mukaan. Paaleja varastoidaan voimalaitoksilla tyypillisesti vain pienen tasausvaraston verran. Niiden olisi hyvä olla sateelta suojattuina. Käytännössä suojauksella ei ole kovin suurta merkitystä lyhytaikaisessa varastoinnissa.

Irtoasilpun varastointi

Helpi korjataan paalaamattomana silppuna vain silloin, kun polttoaineterminaali on lähellä viljelypaikkaa. Silppu varastoidaan aumassa, joka tehdään kuivalle kovapohjaiselle alustalle samaan tapaan kuin säilörehuauma. Auman pohjalle ei

kuitenkaan tarvitse laittaa muovia. Aumaan kipattavat silppukuormat tasoitetaan ja tiivistetään traktorilla tai pyöräkuormaajalla. Lopuksi auma peitetään huolellisesti suojamuovilla. Helpisilpun käsittely voi altistaa työntekijöitä pölylle.

Huomioitavaa helven käsittelyssä

Helpisilpun ja muun polttoaineen seokset valmistetaan käyttöön joko voimalaitoksella tai polttoaineterminaalissa. Seoksia ei varastoida, koska seosten varastoinnissa ja käsittelyssä tapahtuu herkästi lajittumista ja seoksen käyttöominaisuudet heikkenevät. Jos pääpolttoaine on kostea, polttoaineseos voi alkaa kompostoitua. Pahimmillaan syttyy tulipalo. Kasaan tehtävä korkea rintausta, aiheuttaa myös syttymisriskin.

Helpi on herkästi syttyvä polttoaine ja kaikenlainen tulen käsittely on kiellettyä helven varastoalueilla. Myös työkonien ja autojen kuumat pinnat saattavat sytyttää helpipölyn. Erityisesti on muistettava että autojen ja työkonien pakokaasutalysaattorit ovat erittäin kuumia ajon jälkeen. Tästä syystä myös henkilöautojen pysäköintiä ja ajoa helven varastoalueella on vältettävä.

Kaukokuljetus

Helpi kuljetetaan lyhyitä matkoja lukuun ottamatta paalattuna, koska irtosilpun kuormapaino jää kaikilla kuljetustavoilla alle autojen kantavuuden. Paalien tiheys on tyypillisesti $140\text{--}180\text{ kg/m}^3$ ja suurimmillaan noin 200 kg/m^3 . Suurkantipaaleilla päästään paalien laadusta riippuen 20–25 tonnin kuormiin ja pyöröpaaleilla noin 15–18 tonnin kuormapainoihin. Paalatun helven kannattavana kuljetusetaisytytenä pidetään noin 70–80

Taulukko 1. Helpikuormien massat ja nettotilavuudet eri kuljetusmuodoilla. (Paappanen 2008)

Kuljetusmuoto	150 m ³ kuorman massa	Paalien tai silpun tiheys	Kuorman nettotilavuus
Suurkanttipaalit	20 – 25 t	150 – 200 kg/m ³	110 – 140 m ³
Pyöröpaalit	15 – 18 t	140 – 180 kg/m ³	80 – 110 m ³
Irtosilppu	n. 10 t	50 – 70 kg/m ³	150 m ³

kilometrin matkaa. Se on voimakkaasti riippuvainen kilpailevien polttoaineiden saatavuudesta ja hinnoista sekä paalien ominaisuuksista. Helven tiheys irtosilppuna on noin 70 kg/m³ ja täyden 150 m³ kuorman painoksi tulee ainoastaan noin 10 t.

Käytössä olevat paalaus koneet tekevät pyöröpaaleja (halkaisija 1,2 m tai 1,5 m, leveys 1,2 m) tai kanttipaaleja (1,2 m x 0,7 m x 2,4 m tai 1,2 x 0,9 x 2,4 m). Suuret kanttipaalit ovat kuljetuksen kannalta pyöröpaaleja edullisempia, koska niistä saadaan suorakulmaisuuksiensa vuoksi helpommin koko tilan täyttävä kuorma. Pyöröpaaleilla kuormiin jää tyhjää tilaa. Paalien on oltava tarkkamittaisia, jotta koko kuormatilan leveys saadaan hyödynnettyä. Litistyneet tai hajonneet paalit heikentävät kuljetustehokkuutta merkittävästi.

Suomessa on tällä hetkellä käytössä kolme erityisesti helven pitkän matkan kuljetukseen suunniteltua perävaunullista kuorma-autoa. Tavoitteena on, että lähitulevaisuudessa niihin saataisiin analyytilaitteet, joilla paalien kosteus voitaisiin mitata automaattisesti kuormauksen yhteydessä. Toistaiseksi kuljettaja mittaa kosteuden pikamittarilla.

Helpeä voidaan myös pelletöidä ja briketöidä. Näin jalostetun helven kuljetus ja käsittely on tehokasta ja helppoa normaaleilla puuhakkeen käsittelylaitteilla. Pelletöinnin ja briketöinnin kustannukset ovat kuitenkin niin korkeat ja siksi näiden polttoainemuotojen käyttö on hyvin vähäistä.



Helpikuorman kuljetus. (Vapo Oy)

Lähteet:

Paappanen, T., Lindh, T., Kärki, J., Impola, R. & Rinne, S. 2008. Ruokohelven tuotanto- ja toimitusketju ja käyttö polttoaineena voimalaitoksissa. Julkaisussa: Maataloustieteen Päivät 2008 [verkkojulkaisu]. Suomen Maataloustieteellisen Seuran tiedotteita no 23. Toim. Anneli Hopponen. 7 s. <http://www.smts.fi>

Vapo 2008. Ruokohelpi – Viljely-, korjuu- ja varastointiohjeet. Vapo paikalliset polttoaineet. 12 s. http://www.vapo.fi/filebank/3589-ruokohelpi_viljelysite_www08.pdf

RUOKOHELPI POLTTOAINEENA

Polttoaineen tärkein ominaisuus on energiasisältö. Myös käsiteltävyys ja käyttäytyminen ennen polttoa, sen aikana ja polton jälkeen ovat keskeisiä. Esimerkiksi helpipaalien muoto ja tiukkuus määrittelevät, kuinka polttoaineen käsittelylaitteet toimivat. Palamiseen vaikuttavat etenkin kosteus, lämpöarvo sekä tuhkan määrä ja laatu. Polttoaineiden laatu ja palaminen vaikuttavat päästöihin. Vapautuuko poltossa alkuaineita tai yhdisteitä, joilla voi olla haitallisia vaikutuksia ympäristöön tai terveyteen? Mitä aineita jää tuhkaan?

Polttoainelaatuun vaikuttavia tekijöitä

Ruukohelpi on runsastuhkainen polttoaine. Sen poltto-ominaisuudet ovat pitkälti

sidoksissa tuhkan määrään ja koostumukseen. Tuhkan ominaisuudet vaihtelevat riippuen siitä, miten helpi on tuotettu.

Suurin vaikutus ruukohelpen polttolaatuun on korjuuajankohdalla. Kasvukauden lopulla kasvin ravinteet kulkeutuvat juuristoon ja kasvi kuivuu pakkasten ja kevätluulten vaikutuksesta. Osa kasvin varsiin ja lehtiin jääneistä ravinteista huuhtoutuu pois sateen tai lumen sulamisvesien mukana. Polttoaineen kuiva-ainepitoisuus nousee ja helposti liikkuvien alkaalien määrä laskee. Jotkut näistä alkaaleista, kuten kalium (K), laskevat tuhkan sulamislämpötilaa, mikä aiheuttaa tuhkan sulamista ja kattilan likaantumista. Kloori (Cl) ja rikki (S) voivat aiheuttaa kattilan korroosiota. Kevätkorjuu vähentää näitä

Taulukko 2. Ruukohelpen polttoaineominaisuudet verrattuna tavanomaisten polttoaineiden ja oljen ominaisuuksiin. Taulukon luvut ovat esimerkkejä, käytännössä ominaisuudet vaihtelevat. (Lähteet: Alakangas 2000, Bränslehandboken 2004)

Ominaisuus	Ruukohelpi	Olki (vehnä)	Puu-hake	Kuori	Turve
Lämpöarvo kuiva-aineessa, MJ/kg	17-19	17	19	19	19-25
Lämpöarvo saapumistilassa, MJ/kg	15 – 17	14	8.5	8.5	11-22
Kosteus, %	7-20	11-24	50	50	10-60
Tuhkapitoisuus, %	3-8	5	0.6	2.0	3-8
Hiili, C, % kuiva-aineessa	48	48	50	50	55
Vety, H, % kuiva-aineessa	6	6	6	6.5	6
Rikki, S, % kuiva-aineessa	0.1	0.1	0.01	0.05	0.2
Typpi, N, % kuiva-aineessa	1.1	0.6	0.1	0.5	2.0
Kloori, Cl, % kuiva-aineessa	0.1	0.8	0.01	0.03	0.04
Natrium, Na, % kuiva-aineessa	< 0.03	0.1	0.01	0.013	0.007
Kalium, K, % kuiva-aineessa	0.4	0.8	0.2	0.3	0.02
Kalsium, Ca, % kuiva-aineessa	0.2	0.4	0.3	0.85	0.5
Pii, Si, % kuiva-aineessa	1.8	1.8	0.4	0.2	0.8
Tuhkan pehmenemispiste, ST, °C	1 125	1 050	1 180	1 240	1 140
Tuhkan sulamispiste, FT, °C	1 590	1 400	1 250	1 400	1 310



Turpe-ruokohelpiseosta menossa polttoon. Helpi ja turpe sopivat hyvin yhteispolttoon, sillä niiden ominaisuudet tasapainottavat toisiaan. (Timo Lötjönen, MTT)

haittoja ja parantaa helven polttolaatua. Kevätkorjuu on tehtävä sen verran ajoissa, ettei sadon mukaan tule merkittävää uutta polttolaatua heikentävää vihreää kasvustoa.

Ruukohelven tuhkapitoisuus riippuu suuresti kasvupaikan maalajista. Savimaalla kasvaneen helven tuhkapitoisuus on yleensä korkea, kun taas humuspitoisella maalla kasvaneen helven tuhkapitoisuus on matala. Maalaji ja lannoitus vaikuttavat tuhkan koostumukseen ja myös helpilajikkeella voi olla tähän vaikutusta.

Ruukohelven polttoainelaatu verrattuna muihin polttoaineisiin

Ruukohelyellä on melko samanlaiset polttoaineominaisuudet verrattuna muihin olkiperäisiin polttoaineisiin, kuten esimerkiksi vehnän olkeen (taulukot 2 ja 3). Koska keväällä korjatun helven kosteus on tavallisesti alhainen, sen lämpöarvo on korkeampi kuin turpeen, puuhakkeen tai kuoren. Toisaalta tuhkapitoisuus on korkea, mikä asettaa erityisvaatimuksia polt-

Taulukko 3. Ruukohelven tuhkan koostumus verrattuna tavanomaisten polttoaineiden ja oljen tuhkan koostumukseen. Taulukon luvut ovat esimerkkejä, käytännössä ominaisuuksissa on runsaastikin vaihtelua. (Alakangas 2000, Bränslehandboken 2004)

Pitoisuus, %	Ruukohelpi	Olki (vehnä)	Puuhake	Kuori	Turpe
SiO ₂	77,0	68,4	10,0	18,0	32,1
Al ₂ O ₃	5,5	0,9	1,8	3,8	17,3
Fe ₂ O ₃	1,4	0,5	1,2	2,8	18,8
CaO	3,8	4,3	40,0	45,0	15,1
MgO	1,1	2,0	4,0	4,7	2,5
K ₂ O	4,1	13,2	9,2	3,5	1,4
Na ₂ O	0,7	0,3	0,6	2,5	0,5
P ₂ O ₅	1,9	2,0	4,0	2,7	3,7
Muut	4,5	8,6	29,2	17,0	8,6

tolaitteille. Helven tuhkan tilavuuspaino on alhainen ja se on kuohkeaa. Se voi johtaa tuhkan holvaantumiseen tulipesässä ja tuhkanpoistojärjestelmissä. Tuhka voi myös peittää palamatonta polttoainetta alleen ja estää täydellisen palamisen. Tämä voi johtaa hyötysuhteen heikentymiseen ja suurempiin pölypäästöihin.

Kevätkorjattu ruukohelpi sisältää yleensä enemmän klooria kuin puupolttoaineet, mutta vähemmän kuin syksyllä korjatut viljan oljet. Kloori on poltossa ongelmallinen. Palamisessa voi syntyä syövyttävää suolahappoa (HCl) tai orgaanisia klooriyhdisteitä, kuten dioksiineja ja polykloorattuja bifenyytteja (PCB).

Ruukohelvessä on piitä (Si) huomattavasti enemmän kuin monissa muissa biopolttoaineissa, samoja määriä kuin oljessa-kin (taulukko 3). Tuhkan sulamispistettä alentavien aineiden (kuten K, Ca, Na) yhteismäärä on alhainen, joten helpituhkan sulamispiste on melko korkea. Tässäkin esiintyy kasvuoloista johtuvaa luontaista

vaihtelua ja joskus on mitattu alhaisiakin helpituhkan sulamispisteitä.

Energia- ja kasvihuonekaasutaseet

Kuten muillakin biopolttoaineilla, poltossa vapautuva hiilidioksidi sitoutuu takaisin kasvaviin kasveihin. Ruukohelpi siis luetaan hiilidioksidineutraaliksi polttoaineeksi ja se on vapaa päästäkauppamaksuista.

Ruukohelven viljely, korjuu, kuljetukset ja käsittely voimalaitoksella tarvitsevat uusiutumaton energiaa mm. lannoitteiden ja polttoaineen muodossa. Laskelmien mukaan tuotantoketjun energiankulutus on vain 6–8 % poltossa talteen saatavasta energiasta (taulukko 4). Samoin kasvihuonekaasupäästöt, joista merkittävimmät ovat hiilidioksidi (CO₂), metaani (CH₄) ja typpioksiduuli (N₂O), jäävät pieniksi talteen saatavaan energiaan nähden. Kun ruukohelpi käytetään suurissa ener-

Taulukko 4. Energiataseet ja kasvihuonekaasutaseet erällä kiinteillä biopolttoaineilla. Molempien taseiden tulee olla selvästi alle 1, että kyseisen biopolttoaineen käyttäminen olisi järkevää. Kasvihuonekaasutaseiden laskennassa on huomioitu hiilidioksidi (CO₂), metaani (CH₄) ja typpioksiduuli (N₂O) päästöt. (Lähde: Mäkinen et al. 2006 ja VTT 2006)

Energialähde	Energiatase GJ _{input} / GJ _{output}	Kasvihuonekaasutase, tCO ₂ -ekv/GJ _{output}
Ruukohelpi, korjuu ja kuljetus irtosilppuna	0,078	0,015
Ruukohelpi, korjuu ja kuljetus paaleina	0,077	0,015
Hakkuutähdehake	0,025-0,027	0,002
Kantohake	0,038	0,003
Energiapuuhake	0,036	0,003
Ohraetanoli	0,8	1,05
Biodiesel (rypsi)	0,5	1,10
Toisen sukupolven F-T-diesel	0,5	0,2-0,3

giantuotantolaitoksissa, helven energia- ja kasvihuonetaseet ovat hieman heikommät kuin puupohjaisten polttoaineiden taseet. Peltobiomassan jalostaminen suoraan energiaksi on kuitenkin huomattavasti energiataloudellisempaa kuin jalostaminen edelleen liikennepolttoaineiksi.

Lähteet:

Burvall, J. 1997. Influence of harvest time and soil type on fuel quality in reed canary grass (*phalaris arundinacea* l.). *Biomass and Bioenergy* 12 (1997) 149-154.

Mäkinen, T., Soimakallio, S., Paappanen, T., Pahlkala, K., Mikkola, H. J. 2006. Liikenteen biopolttoaineiden ja peltoenergian kasvihuonekaasutaseet ja uudet liiketoimintakonseptit. VTT tiedotteita 2357: 134 p. + liitt. 19 p. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2006/T2357.pdf>

Paulrud, S.; Nilsson, C. 2001. Briquetting and combustion of spring-harvested reed canary-grass: effect of fuel composition; *Biomass & Bioenergy* 20 (2001) 25-35

Phyllis, database for biomass and waste, <http://www.ecn.nl/phyllis>
Energy research Centre of the Netherlands

Bränslehandboken 2004. (Handbook of fuels, in swedish), Värmeforsk Service AB, Stockholm 2004

LOGISTIIKKA VOIMALA-ALUEELLA

Yleistä

Helpeä käytetään nykyisillä kattilalaitoksilla pääpolttoaineeseen sekoitettuna sivupolttoaineena. Pääpolttoaineena on useimmiten turve, johon helpi sekoitetaan ennen seoksen syöttämistä laitoksen polttoainejärjestelmään. Pääpolttoaine voi myös olla puu. Helpi tuodaan kattilalaitokselle paaleina, valmiina polttoaineseoksena tai irtosilppuna. Kattilaan syöttämistä ja polttoaineseoksen valmistamista varten paalit on silputtava tai murskattava. Korsipituuden olisi hyvä olla alle 5 cm. Pidempänä kortena helpi holvautuu helposti ja tukkii kuljetus- ja syöttölaitteistot.

Murskaimen kyky katkoa ja pilkkoa paalinaruja ja -verkkoa on hyvin tärkeä ominaisuus. Jos narut ja verkot saadaan murskattua riittävän pieneksi, noin 5 cm paloiksi, niistä ei yleensä ole haittaa polttoainejärjestelmässä. Monissa murskaimissa paa-

linarut kietoutuvat akselien ympärille ja murskaus joudutaan keskeyttämään ajoittain narujen poistamiseksi akseleilta ja kuljettimista. Kattilan toimintaan narut ja verkonpalat eivät vaikuta. Narumateriaali on muovikuitua tai sisalia valmistettua narua. Paalauksessa ei saa käyttää metallilankaa tai -nauhaa.

Helpi poikkeaa ominaisuuksiltaan turpeesta ja puusta, joille nykyiset kattilalaitokset ja niiden polttoaineen vastaanotto on suunniteltu. Tämän vuoksi helven osuus seoksissa on pääpolttoaineesta riippuen korkeintaan 10–20 % kokonaisenergiamäärästä. Tämä vastaa jyrshinturpeen ja helven seoksessa 20–40 % tilavuusosuutta. Oljen polttoon suunnitelluissa kattiloissa helpeä voitaneen käyttää sellaisenaan ilman muuta polttoainetta. Tästä ei kuitenkaan ole vielä käytännön kokemuksia. Helven polttoteknisiä ominaisuuksia ja seossuhteita esitellään tarkemmin luvussa *Energiatuotanto*.



Ruokohelven ja hakkuutähteiden seosmurskausta siirrettävällä nopeakäyntisellä murskaimella. (Novax Oy)

Helven murskaukseen on toistaiseksi käytetty lähinnä puun ja kierrätyspolttoaineiden murskaukseen suunniteltuja laitteita. Helpi syötetään kattiloihin muun kiinteän polttoaineen joukossa. Puun murskaukseen suunnitellut murskaimet ovat yleensä nopeakäyntisiä ja pölyävät voimakkaasti helven murskauksessa. Helpipöly on helposti syttyvää. Pölyn kertyminen murskaimen kuumille pinnoille ja murskaimeen joutuneiden kivien ja metallinkappaleiden kipinäinti aiheuttavat palovaaran. Pöly on haitallista myös työhygienian kannalta.

Ensimmäiset helven käsittelyyn ja syöttämiseen suunnitellut polttoainejärjestelmät ovat koekäyttövaiheessa ja niistä kertyy vähitellen käyttökokemusta. Ne perustuvat Tanskassa jo vuosikymmeniä käytössä olleisiin oljen käsittelyjärjestelmiin, joissa paalit nostellaan syöttöpöydälle ja murskataan hidaskäyntisillä repijämurskaimilla. Näitä on kuvattu tarkemmin seuraavissa luvussa.

Helpipaalien murskaus

Helpi paalataan pyöröpaaleihin ja suurkan-tipaaleihin. Suurkan-tipaalit ovat tiiviimpiä ja mitoiltaan tarkempia kuin pyöröpaalit ja niiden käsittely on helpompaa kuin pyöröpaalien. Kanttipaalamet ovat kalliimpia ja niitä on toistaiseksi vasta vähän käytössä. Paalit murskataan, jotta helpi voidaan annostella ja sekoittaa voimalaitoksen pääpolttoaineeseen ja syöttää kattilaan.

Hidaskäyntiset repijätyypiset murskaimet ovat osoittautuneet parhaiksi laitteiksi paalatun helven murskauksessa. Hidaskäyntisten murskaimien etuja verrattuna nopeakäyntisiin murskaimiin ovat mm. seuraavat asiat:

- pölyäminen on vähäisempää kuin nopeakäyntisillä murskaimilla
- alhaisempi melutaso
- vähäisempi kipinäinnin vaara
- pienempi ylikuumenemisen riski ja helpipölyn syttymisriski
- pienempi energiankulutus
- edullisempi investointi

Hidaskäyntisten paalimurskainten rajoitus on, että niitä ei käytännössä voida käyttää muiden kuin paalatun helven tai oljen murskaukseen.

Kun helven murskaukseen hankitaan uusi järjestelmä, parhaita vaihtoehtoja ovat suurten olkipaalien käsittelyyn suunnitellut hidaskäyntiset repivät murskaimet ja niihin liitettävät paalien syöttökuljettimet eli syöttöpöydät. Hidaskäyntiset olkipaalien murskaukseen suunnitellut murskaimet ovat hinnaltaan selvästi edullisempia kuin raskaat monikäyttömurskaimet.

Voimalaitosaluella helven murskauslaitteet on hyvä sijoittaa katettuun tilaan, joka suojaa laitteet sateelta ja lumelta. Hyvä helpivarasto on puoliavoin, tuuletettava varastohalli.

Puun ja kierrätyspolttoaineiden murskaukseen suunniteltujen vasaramurskainten kapasiteetit ovat huomattavasti olkimurskainten kapasiteetteja suurempia. Niiden käyttöä helven murskauksessa joskus rajoittavat voimakas pölyäminen, melu ja murskaimien ylikuormittuminen. Usein helpeä ja puuta murskataan samanaikaisesti siirrettävillä vasaramurskaimilla. Tällöin syntyy valmista seosta. Maataloudessa käytettävien paalinrepijöiden kapasiteetti on useimmille kattilalaitoksille liian pieni ja ne eivät ole riittävän kestäviä laitosmaisessa tuotantokäytössä.



Hidaskäyntinen repijätyyppinen paalinmurskauslinja. Taka-alalla näkyy paalien syöttölinja, jolle paalit kuormataan ja joka syöttää ne murskaimen. (Kokkolan Voima Oy)

Ruokohelven korjuuseen voidaan käyttää myös ns. silppuavaa paalainta. Silppu ei ole kuitenkaan tarpeeksi lyhyttä voimalaitosten tarpeisiin. Koska paalit on kuitenkin purettava laitoksella, ei paalauksessa tehtävällä silppuamisella saavuteta merkittäviä etuja helven käyttöikässä.

Helven sekoittaminen ja syöttö kattilaan

Nykyisin Suomessa käytössä olevat kiinteän polttoaineen voimalaitoskattilat on useimmiten suunniteltu turpeelle, puulle tai niiden seokselle. Sen vuoksi helpi poltetaan seoksena turpeen tai puun kanssa. Pelkän ruokohelven poltto aiheuttaa korroosiota sekä kattilan likaantumista ja toimintahäiriöihin johtavaa tuhkan sulamista. Helven silppuamiseen on monia vaihtoehtoja ja kattilaan syötössä kannattaa huomioida silpun erityispiirteet. Silppu on kevyttä ja tilaa vievää polttoainetta, joka ruuhkautuu helposti polttoainelinjan supistuskohdissa. Helven polttoteknisii ominaisuuksia ja vaikutuk-

sia kattilaan kuvataan tarkemmin luvussa *Ruokohelpi polttoaineena ja Energiantuotanto*.

Sekoitus kuormajalla tai kolapohjavarastossa

Yksinkertaisin tapa sekoittaa helpisilppua pääpolttoaineeseen on kasata kauha-kuormajalla turvetta tai haketta helven kanssa kerroksittain ja kuormata seos edelleen varastointikasaan, kuljetusautoon tai polttoainesiiloon. Menetelmä sinällään on toimiva, mutta sekoitussuhteen hallinta ja hyvän sekoittumisen aikaansaaminen on haasteellista. Hyvä lopputulos edellyttää kuivaa ja tyyntä säätä, jotta helpi pysyy kuivana ja ei lennä tuulen mukana.

Murskattu helpi voidaan sirotella vastaavalla tavalla myös kerroksittain kolapohjavarastoon, jolloin se sekoittuu pääpolttoaineeseen pudotessaan varaston pohjakuljettimilta siirtokuljettimelle. Tässä tapauksessa sään vaikutus on vähäisempi, koska työ tehdään katetussa tilassa.

Murskaus samanaikaisesti pääpolttoaineen kanssa

Helpi sekoittuu tehokkaasti hakkeeseen, jos se murskataan esimerkiksi risutukeille suunnitellulla murskaimella samanaikaisesti puumateriaalin kanssa. Tällöin helpi sitoo puun murskauskapasiteettia. Yhteismurskauksessa puun mukana olo edistää helven kuljetusta kattilaan.

Sekoitus syöttötaskussa

Kun helvelle on käytävissä oma polttoaineen vastaanottopaikka ja käsittelylinja, helpisilppua voidaan siirtää erillisellä kuljettimella kattilan syöttötaskuun johtavalle polttoainekuljettimelle. Helpi pudotetaan kuljettimelle pääpolttoaineen päälle ja se sekoittuu pudotessaan syöttötaskuun yhdessä pääpolttoaineen kanssa. Helven määrää voidaan säätää helpilinjan nopeutta säätämällä. Murskattu helpi on kevyttä ja vie runsaasti tilaa pääpolttoaineen joukossa. Tämän vuoksi turpeelle

tai puulle suunnitellun syöttöjärjestelmän kapasiteetti saattaa rajoittaa helven enimmäismäärää seoksessa.

Erilliset syöttöjärjestelmät ovat paras ratkaisu polttoainesuhteen hallinnan kannalta. Tällöin vältetään seosten lajittuminen, kun polttoainetta pudotetaan kuljettimilta varastosiiiloihin. Erillinen helpijärjestelmä edellyttää pitkäjänteistä helven käyttöä ja voi olla mahdoton toteuttaa tilan puutteen vuoksi.

Pneumaattinen syöttölinja

Helpi voidaan syöttää kattilaan pneumaattisesti omaa, erillistä syöttölinjaa pitkin. Helven pneumaattinen syöttöjärjestelmä on suunniteltava huolellisesti, jotta helpi saadaan sekoittumaan kunnolla leijupeitiin ja vältetään helven erillinen nopea palaminen syöttökohdassa ja sen yläpuolella. Pneumaattisen syötön mukana kattilaan tulee ylimääräistä ilmaa ja tämä on



Ruokohelpi-turvesoksen valmistaminen puumurskaimella voimalaitosalueella.. (Timo Löijönen, MTT)

otettava huomioon ilmajakoa ja palamisolosuhteita tarkasteltaessa. Kuljetusilma nopeuttaa myös osaltaan jo muutoinkin nopeaa palamista. Kaikkiaan on oltava tarkkana, ettei helven syöttökohtaan muodostu paikallista ylikuumaa kohtaa, jossa petimateriaali alkaa sulaa tai sintrautua. Syöttökohdan yläpuolella voi esiintyä tulipesän seinien kuonaantumista.

Pneumaattinen järjestelmä on suunniteltava riittävän väljäksi, jotta se ei tukkeudu. Väljän mitoituksen haittapuolena on kuitenkin kantoilman määrän lisääntyminen ja pneumaattista syöttöä käytettäessä kattilaan joutuva ilmamäärän kasvu. Kantoilman tuottolaitteena on suositeltavampaa käyttää kompressoria kuin puhallinta, koska kompressorin tuottama korkeampi paine vähentää linjaston tukkeutumisriskiä. Linjasto suunnitellaan kompressorin maksimipaineelle. Linjastoon kannattaa

asentaa muutamia painemittareita, jotta tukkeumat voidaan paikallistaa helposti. Putkistoon tulee suunnitella avauspaikkoja huoltoa varten.

Murskattu helpi erotetaan kantoilmasta kattilan luona syklonilla syöttötaskuun, jos siirtoetäisyys on pitkä ja helpeä ei kannata siirtää pneumaattisesti kattilaan. Syöttötaskusta helpi voidaan johtaa sulkusyöttimen kautta omalle erilliselle syöttöruuville tai pudotustorveen. Syöttötaskussa lajittumista ei tapahdu yhtä herkästi kuin suuressa siilossa.

Helpi on herkästi syttyvä polttoaine ja tämän vuoksi helven käsittelyjärjestelmät on varustettava kunnollisilla palonilmaisimilla ja sammutuslaitteilla. Laitteistoille ja tiloille on tehtävä määräysten mukaiset tilaluokitukset ja turvallisuustarkastelut.



Kokkolan Voima Oy:n pneumaattinen syöttölinja, joka vie ruokohelpisilpun paalivarastolta suoraan leijupetikattilan kylkeen. (Kokkolan Voima Oy)

ENERGIANTUOTANTO

Polttotekniikat

Suomalaisissa voimalaitoksissa ja lämpökeskuksissa käytetään pääasiassa kolmea polttotekniikkaa edustavia kattiloita:

- arinakattiloita
- leijukerroskattiloita
- kiertoleijukattiloita

Arinakattiloita käytetään pienistä, kymmenien kilowattien lämpötehoisista kiinteistökattiloista 20–25 MW teollisuus- ja kaukolämpökattiloihin. Erilaisia arinaratkaisuja on markkinoilla useita. Yksinkertaisimmillaan arina on kalteva rakoarina, mutta tehokkaammissa kattiloissa käytössä on erilaisia mekaanisia arinaratkaisuja. Suomalaiset arinakattilat on suunniteltu palamaisille polttoaineille, kuten hakkeelle, kuorelle, sahanpurulle ja palaturpeelle.

Leijukerroskattilat ovat monipolttoainekattiloita, jotka soveltuvat parhaiten erilaisten biopolttoaineiden, turpeen ja lietteen polttoon. Leijukerroskattiloita on alkaen muutaman megawatin kaukolämpökattiloista hyvin suuriin, jopa yli 250 MW lämpötehoisiin, puunjalostusteollisuuden voimakattiloihin.

Kiertoleijukattilat ovat monipolttoainekattiloita, jotka soveltuvat biopolttoaineiden, turpeen sekä kivihiilen polttoon. Palamisen ja päästöjen hallinta on kiertoleijukattiloissa hyvä. Kiertoleijukattilat ovat lämpötehoaltaan 10–20 MW:sta ylöspäin. Suurin biopolttoainekattila on 550 MW lämpötehoaltaan. Hiilikattiloita on toiminnassa aina 1000 MW lämpötehoon (460 MW sähköä) saakka.

Kuten biopolttoaineet yleensä, ruukohelpi on reaktiivinen polttoaine. Palaminen

on nopeaa ja palamistulos on erittäin hyvä. Ruukohelpiä voidaan tietysti edellytyksin ja rajoituksin polttaa kaikilla kolmella polttotekniikalla.

Suuret voimalaitokset

Tässä yhteydessä tarkasteltavat suuret voimalaitoskattilat ovat lämpötehoaltaan yli 100 MW kiertoleiju- ja leijukerroskattiloita. Ruukohelpiä polttavissa voimalaitoskattiloissa helpi muodostaa käytännössä suhteellisen pienen, muutamien prosenttien osuuden kokonaispolttoainevirrasta.

Palaminen ei tällöin ole erityisen herkkää helpisilpun pituudelle eikä helven osuuden vaihtelulle polttoainevirrassa, koska

- pesän tilavuus on suuri,
- savukaasun viipymäajat pitkiä, useiden sekuntien mittaisia, ja
- polttoaineen syöttölaitteiden tilavuuskapasiteetti on riittävä.

Pienet voima- ja kaukolämpölaitokset

Pienemmissä voima- ja kaukolämpölaitoksissa käytetään yleensä leijukerroskattiloita ja arinakattiloita. Suuriin voimalaitoskattiloihin verrattuna

- tulipesän tilavuus on pienempi,
- savukaasujen viipymäaika tulipesässä on lyhyempi.

Ruukohelpisilppu on keveää ja irtonaista. Se muistuttaa fyysisiltä ominaisuuksiltaan kuivaa sahanpurua ja jyrinsurvetta. Palamiselle ovat tyypillisiä mm. seuraavat asiat:

- palaminen tapahtuu osittain lämpöpinnoilla



Tanskalaisvalmisteinen oljen ja ruukohelven polttoon sopiva 6,3 MW:n tehoinen arinakattila. (Timo Löytönen, MTT)

- lämpöpintojen likaantuminen nopeutuu
- palamattoman materiaalin pitoisuus tuhassa kasvaa.

Palamisen hallinnan kannalta on tärkeää

- ruukohelpisilpun tasainen ja vakaa syöttö,
- hyvä sekoittaminen muuhun polttoaineeseen
- kattilan palamisilmajaon virittäminen ruukohelvelle sopivaksi.

Leijupolttokattilat soveltuvat monipolttoainekattiloina hyvin myös ruukohelven rinnakkaispoltttoon, kun ruukohelven osuus polttoaineista on kohtuullisen pieni. Turve kattilan pääpolttoaineena on eduksi ruukohelven poltolle. Leijupolttoon liittyviä erityiskysymyksiä käsitellään jäljempänä.

Maailmalla olkea poltetaan pääasiallisesti arinakattiloissa. Olkea polttavat arinakattilat ja polttoaineen syöttölaitteistot on suunniteltu erityisesti oljelle. Suomessa

arinakattilat on suunniteltu polttamaan palamaisia polttoaineita, kuten palaturvetta, haketta ja kuorta. Pelletöity tai briketöity ruukohelpi sopisi siis poltettavaksi suomalaisissa arinakattiloissa. Arinakattiloissa Suomessa käytössä olevat polttoaineen syöttölaitteet soveltuvat huonosti keveän ruukohelpisilpun syöttämiseen, joten helpisilppu on sekoitettava huolellisesti pääpolttoaineeseen. Epätasainen sekoittuminen johtaa arinalla ruukohelven karkaamiseen savukaasujen mukana ja arinalla olevan polttoainepatjan kraateroitumiseen. Tällöin palamisilmojen ja palamisen hallinta vaikeutuu arinailman puhaltuessa epätasaisesti polttoainepatjan läpi.

Ruukohelven lämpöarvo

Kevätkorjattu ruukohelpi on oikein korjattuna, varastoituna ja käsiteltynä lämpöarvoltaan hyvä polttoaine. Esimerkiksi jyrshinturpeeseen tai kosteaan puupolttoaineeseen sekoitettuna helpi parantaa polttoaineseoksen lämpöarvoa.

Ruukohelven polton päästöt

Kevätkorjatun ruukohelven rikki- ja typpipitoisuudet ovat suuremmat kuin puupolttoaineilla, mutta pienemmät kuin turpeella. Ruukohelpeä poltetaan pieninä osuuksina puun ja turpeen kanssa. Siksi sen polttaminen ei vaikuta merkittävästi kattilan kokonaispäästöihin. Helpituhkan kalsium- ja kaliumpitoisuudet ovat vähäiset ja rikinsitomiskyky rajallinen.

- Turpeen kanssa poltettaessa helpi pienentää hieman SO_2 -päästöjä
- Puun kanssa poltettaessa rikkidioksidi (SO_2) päästöt eivät kasva
- Typpidioksidien (NO_x) päästöt eivät juuri muutu ruukohelven vaikutuksesta
- Hiilidioksidi (CO) ja hiilivety-päästöt ovat alhaiset

Ruukohelpi palaa ylänsä hyvin ja täydellisesti. Se ei aiheuta häkä- eikä hiilivety-päästöjä. Päästöt syntyvät tyypillisesti tilanteissa, joissa palamisolosuhteet pesässä muuttuvat. Syynä on yleensä polttoaineen epätasainen syöttö. Polttoaineen yliannostus aiheuttaa hetkellisen ilmakertoimen laskun ja palamattomat kaasut pääsevät ulos tulipesästä. Ruukohelpi voi



Turve-ruukohelpiseos palaa leijupetikattilassa puhtaasti. (Timo Lötjönen, MTT)

aiheuttaa ruuhkautumista polttoainekuljettimilla, mikä johtaa häkä- ja hiilivety-päästöpiikkeihin. Häiriöt arinakattilan arinalla ja jälkipalaminen voivat myös näkyä savukaasun häkäpitoisuuden ja orgaanisten aineiden lisääntymisenä. Biopolttoaineena ruukohelpi lasketaan CO_2 -päästöjen suhteen neutraaliksi.

Ruukohelven ominaisuudet leijupoltossa

Leijukattiloissa pedin hyvä leijuvuus on olennaisen tärkeää käytettävyyden, palamistuloksen ja päästöjen kannalta. Turvetta poltavissa leijukattiloissa pedin agglomeroituminen (sintrautuminen) on suhteellisen harvinaista.

Puupolttoaineita poltettaessa puun tuhkan kalium (K) ja kalsium (Ca) reagoivat erityisesti kvartsipitoisen petihiekan kanssa, jolloin petihiekka kuorettuu ja karkenee. Petihiekan pinnalla olevan tuhkakerroksen sulamispiste on alhaisempi kuin hiekalla. Pedin partikkelit tarttuvat toisiinsa, jolloin pedin leijuvuus huononee ja agglomeroitumisriski (sintrausriski) kasvaa. Pedin sintrautuminen tapahtuu yleensä poikkeuksellisen käyttötilanteen yhteydessä, esimerkiksi starttipolttimia käytettäessä. Sintrausriski voidaan vähentää vaihtamalla petihiekkaa, polttamalla turvetta yhdessä puun kanssa ja käyttämällä kvartsittomia petihiekkoja.

Ruukohelpituhkan koostumus eroaa olennaisesti puutuhkan koostumuksesta. Tuhkan käyttäytyminen poltossa on myös erilainen. Ruukohelven tuhkan silikaattipitoisuus (SiO_2) on korkea ja kalium- ja kalsiumpitoisuudet alhaiset. Korkean silikaattipitoisuuden ansiosta ruukohelven tuhka ei kuoreta petihiekkaa puutuhkan tavoin. Kun ruukohelven osuus polttoaineesta kasvaa, ruukohelpituhkan silikaatti voi petilämpötilassa reagoida puutuhkan

kaliumin kanssa ja muodostaa kaliumsilikaattia eli ”lasia”. Tätä sintraantumista voi ehkäistä vaihtamalla petimateriaalia tavallista useammin.

Laboratoriokokeissa on todettu, että kevätkorjattu ruokohelpi ei yksinkään poltettaessa ole erityisen sintraava polttoaine. Sintrausriski on kuitenkin suurempi kuin tavanomaisia puupolttoaineita (kuori, hake, metsähakepuru) poltettaessa.

Ruokohelven polton erityispiirteet ja haasteet

Biopolttoaineet ovat kivihiileen ja turpeeseen verrattuna likaavia polttoaineita.

Biopolttoaineiden

- tuhka on hyvin hienojakoista ja,
- tuhka tarttuu helposti lämpöpintoihin.

Tuhkien pääkomponentit, kalsium-, kalium- ja piioksidit,

- reagoivat helposti toistensa kanssa ja
- savukaasussa olevien kloorin ja rikki-diksidin kanssa,
- muodostuvat yhdisteitä, jotka ovat likaavia vielä tulistinalueen lämpötiloissa

Kloorin vaikutus kattilan likaantumisessa on tärkeä, koska se muodostaa kaliumin kanssa matalassa lämpötilassa sulavan kaliumkloridisuolan (KCl , sulamispiste $772\text{ }^{\circ}\text{C}$). Myös tuhkahiukkasten sulfatoituminen kovettaa kerrostumia.

Kaliumkloridi aiheuttaa tulistinten kuumakorroosiota. Korroosioriski on otettava huomioon voimalaitoskattiloissa, joissa höyryn lämpötila ylittää $460\ldots 480\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Kevätkorjatun ruokohelven klooripitoisuus on käytettävissä olevien analyysitietojen perusteella yleensä alle $0,1\text{ }\%$ kuiva-aineessa. Ruokohelpi sisältää enemmän klooria kuin puu ja turve. Muiden halogeenien, kuten fluorin, pitoisuudet ovat alhaisia.

Ruokohelven mukana tuleva kloori reagoi muiden polttoaineiden tuhkien kaliumin kanssa kaliumkloridiksi. Tulistinkorroosioriski kasvaa ruokohelpeä poltettaessa.

Polttoaineen sisältämä rikki estää kloorikorroosion syntyä tulistimilla. Rikki sulfatoi kaliumin tulipesässä kaliumsulfatiksi K_2SO_4 , mikä ei leijupoltto-olosuhteissa ole korrodoiva. Suositeltavin pääpolttoaine ruokohelpeä poltettaessa on rikkipitoinen polttoaine, kuten turve tai kivihiili.

Yhteenveto ruokohelven erityispiirteistä poltossa

Ruokohelpi sisältää enemmän klooria kuin turve ja puu. Poltossa kloori reagoi tuhkan kaliumin ja kalsiumin kanssa kloridisuoloiksi, jotka lisäävät kattilan likaantumista ja aiheuttavat tulistinten kuumakorroosiota.

Pääpolttoaineeksi ruokohelven kanssa soveltuu hyvin turve, koska turpeen rikki reagoi ruokohelven kaliumin kanssa kaliumsulfatiksi estäen kaliumkloridin muodostumista ja vähentää korroosiota. Turpeen tuhka ei sanottavasti reagoi ruokohelven tuhkan kanssa.

Puun kanssa poltettaessa ruokohelven tuhkan silikaatti (SiO_2) reagoi puutuhkan kaliumin kanssa tahmeaksi ”lasiksi”, joka lisää pedin sintrausriskiä leijupoltossa, kloori reagoi puutuhkassa olevan kaliumin kanssa kloridisuoloiksi

Suosituksset ruokohelven osuudelle yhteispoltossa turpeen ja puun kanssa

Mahdollisten sintrausongelmien, kattilan likaantumisen ja tulistinten kloorikorroosion ehkäisemiseksi suositellaan, että ruokohelpeä käytetään korkeintaan 20 % energiaosuudella turpeen kanssa. Suositus perustuu ruokohelven klooripitoisuuteen, 0,1 % kuiva-aineesta. Ruokohelven klooripitoisuus on määräävä seossuhteita arvioitaessa, ei esimerkiksi alkalipitoisuus.

Puupolttoaineiden kanssa poltettaessa ruokohelpituhkan silikaatti reagoi puutuhkan kaliumin ja kalsiumin kanssa lisäten leijupedin sintrausriskiä ja kattilan likaantumista. Ruokohelven kloori reagoi puutuhkan kaliumin kanssa kaliumkloridiksi, mikä lisää korroosioriskiä. Puun kanssa poltettaessa suositellaan korkeintaan 10 % energiaosuutta ruokohelvelle. Jos turpeen osuus on yli puolet polttoaineseoksessa, voidaan ruokohelpeä polttaa korkeintaan 15 % energiaosuuteen asti.

Polttoteknisin perustein määritetyt ruokohelven energiaosuusrajat ovat tilavuusosina varsin suuria. Ruokohelpisilpun pienen tilavuuspainon vuoksi polttoainekuljettimien tilavuusvirtakapasiteetti saattaa rajoittaa ruokohelven osuudet edellä

mainittuja energiaosuusarvoja pienemmiksi. Taulukossa 5 on esitetty suositeltavat helven enimmäismäärät yhteispoltossa turpeen ja puuhakkeen kanssa.

Poltettaessa pelletöityä tai briketöityä ruokohelpeä on otettava huomioon polttoaineen korkea lämpöarvo tilavuusyksikköä kohti. Kattilan ylikuormittumisen ja mahdollisten tuhkan sulamisongelmien estämiseksi polttoaineen syöttönopeus säädetään sopivaksi. Ruokohelven korkea tuhkapitoisuus lisää tuhkan määrää. Tämä rajoittaa ruokohelpipellettien käytävyyttä pienimmissä käyttökohteissa.

Helven vaikutus kattilan tuhkaan

Ruokohelven tuhkapitoisuus on korkeampi kuin puupolttoaineilla. Silikaattipitoisen tuhkan koostumus poikkeaa myös huomattavasti puun ja kuoren kalsium- ja kaliumpitoisen tuhkan koostumuksesta. Puun kanssa poltettaessa ruokohelven vaikutus näkyy tuhkan korkeampana silikaattipitoisuutena ja jonkin verran kohonneena kloridi- ja sulfaattipitoisuutena. Kloridi- ja sulfaattipitoisuuden kasvu lisää hieman tuhkan liukoisten yhdisteiden määrää. Liukoiset aineet ovat pääosin haitattomia kalsium- ja kaliumklorideja sekä sulfaatteja.

Taulukko 5. Suositeltavat helven enimmäisosuudet polttoaineyhdistelmissä. Enimmäisosuus vaihtelee kattilakohtaisesti. Tilavuusosuus vaihtelee runsaasti polttoaineiden tiivyyden ja kosteuden mukaan. (Vapo Oy, Norox Oy)

Polttoaineyhdistelmä	Helven enimmäisosuus energiasta	Helpisilpun enimmäisosuus tilavuudesta
Ruokohelpi ja turve	20 %	noin 40 %
Ruokohelpi ja puuhake	10 %	noin 20 %
Ruokohelpi, turve ja puuhake; turpeen osuus yli 50 %	15 %	noin 30 %



Olki- ja ruokohelpituhka ovat tilaavieviä, vaikka palaminen tapahtuisikin täydellisesti. (Timo Lötjönen, MTT)

Turpeen kanssa poltettaessa ruokohelven aiheuttamat muutokset tuhkan koostumukseen ovat vähäisempiä ja vaikeampia ennakoida. Turvetuhkan silikaattipitoisuus on jo ennestään korkea. Turve sisältää myös rikkiä ja klooria. Tuhkan määrä on ruokohelvellä ja turpeella samaa suuruusluokkaa. Ruokohelpituhkan raskasmetallipitoisuudet ovat alhaisia ja eivät poikkea muista peltobiomassoista.

Ruokohelven vaikutus kattilatuhkan koostumukseen ja laatuun on vähäinen silloin kun, polttoaineseoksen pääkomponentti on turve. Kun helpeä poltetaan puun kanssa ilman turvetta, helpi lisää hieman tuhkan määrää ja liukoisuutta. Taulukossa 7 (luku *Tuhkan hyötykäyttö*) on esitetty tyypillisiä esimerkkejä eri polttoaineiden tuhkien koostumuksista.

Maa- ja metsätalousministeriön lannoiteasetus no 12/2007 liitteineen määrittelee ehdot tuhkalannoitteiden käytölle maa- ja metsätaloudessa sekä muissa käyttökohteissa. Asetuksessa rinnastetaan puun, turpeen ja peltobiomassan tuhkat toisiinsa. Ruokohelven yhteispoltto turpeen tai puun kanssa ei siis estä tuhkan lannoitekäyttöä, jos tuhkan koostumus täyttää asetuksen ehdot.

TUHKAN HYÖTYKÄYTTÖ

Pohjatuhka lannoitteena

Ruokohelven poltosta tullutta pohjatuhkaa voidaan käyttää lannoitteena. Tutkimusten mukaan lentotuhkaa ei pidä käyttää lannoitteena, koska siinä voi olla liikaa haitallisia aineita, kuten raskasmetalleja. Suomessa helpeä poltetaan lähes aina seospoltossa, joten tuhcaseoksen koostumus ja puhtaus määrittelevät tuhkan sopivuuden lannoitteeksi.

Pohjatuhkan sisältämät pääravinteet ovat kalium (K), kalsium (Ca), fosfori (P) ja magnesium (Mg). Typeä (N) tuhassa ei ole. Ruokohelpituhkan ravinnepitoisuu-

teen vaikuttavat mm. maalaji, lannoitus-tapa, helpilajike ja korjuuajankohta. Helven tuhassa on kuitenkin aina runsaasti piitä. Ruotsissa on tutkittu eri koepaikoilla kasvaneiden ruokohelpien tuhkien ravinnepitoisuuksia (taulukko 6).

Tuhkan käyttömahdollisuudet

Elintarviketurvallisuusviraston (Evira) mukaan lannoitevalmisteena voidaan käyttää puhdasta puu-, turve- ja pelto-biomassatuhkaa. Puhtaalla puulla tarkoitetaan puuhaketta, kuorijätettä, käsittelemätöntä puujätettä ja kuituainetta

Taulukko 6. Ruokohelpituhkan pääravinteet Ruotsissa kahdeksalla eri koepaikalla kasvaneesta ruokohelvestä. Helpi on kevätkorjattua, kuiva-ainesuudet keskiarvoja.

Ravinne	Si	K	Ca	P	Mg
% (kuiva-ainesta)	37.2	3.5	2.7	1.4	0.9

Taulukko 7. Tuhkaa sisältävät tyyppinimet ja tyyppinimikohtaiset vaatimukset.

Tyyppinimi	Vaatimukset
Peltotuhka	- Käyttö on sallittu maa- ja puutarhataloudessa, maisemoinnissa, viherrakentamisessa ja metsätaloudessa - Vähintään 2 % fosforia (P) ja kaliumia (K), vähintään 8 % kalsiumia (Ca)
Metsätuhka	- Käyttö on sallittu ainoastaan metsätaloudessa - Tuhkan käyttö maa- ja puutarhataloudessa, maisemoinnissa, viherrakentamisessa ja lannoitevalmisteiden raaka-aineena on kielletty - Tuoteselosteessa on oltava maininta ”Tuhka soveltuu vain metsälannoitukseen” - Vähintään 1 % fosforia (P) ja kaliumia (K), vähintään 6 % kaliumia (Ca), enintään 2 % klooria (Cl)
Tuhkapitoinen kalkkirae	- Peltotuhkan ja sellaisenaan kalkitusaineena käytettävän sivutuotteen rakeistettu seos - Käyttö on sallittu maa- ja puutarhataloudessa, maisemoinnissa, viherrakentamisessa ja metsätaloudessa - Neutraaloiva kyky vähintään 15 % (Ca)

Taulukko 8. Lannoitevalmisteen haitallisten metallien enimmäispitoisuudet tuhkassa. (MMM asetus 12/07, liite IV)

Alkuaine	Peltotuhka, mg/kg-tuhka (k.a.)	Metsätuhka, mg/kg (k.a.)
Arseeni, As	25	30
Elohopea, Hg	1,0	1,0
Kadmium, Cd	2,5*	17,5
Kromi, Cr	300	300
Kupari, Cu	600	700
Lyijy, Pb	100	150
Nikkeli, Ni	100	150
Sinkki, Zn	1500	4500

* Enimmäispitoisuus 1,5 mg/kg kuiva-ainetta 1.1.2010 alkaen

sisältävää kasviperäistä jätettä, joka syntyy ensiömassan ja massasta valmistettavan paperin tuotannossa. Lisäksi puhdasta puuta ovat näihin verrattavat puhtaat puuperäiset aineet. Peltobiomassoilla tarkoitetaan ruokohelpeä, olkea, viljaa, öljykasveja, pajua ja järviruokoa.

Hyötykäytettävien tuhkien ja tuhkatuotteiden on kuuluttava kansalliseen lannoitevalmisteiden tyyppinimiluetteloon. Luomutuotannossa voidaan käyttää vain puhdasta puun tuhkaa.

Sellaisenaan lannoitevalmisteenä käytettävien sivutuotteiden epäorgaanisten haitta-aineiden liukoisuuden tulee alittaa valtioneuvoston asetuksen 202/2006 mu-

kaiset tavanomaisille jätteille tarkoitetut raja-arvot. Lannoitevalmisteen käyttäjän on pidettävä kirjaa lannoitevalmisteiden käytöstä aiheutuvasta kadmiumkertymästä. Taulukon 8 rajat varsinkin kadmiumille peltokäytölle ovat tiukat. Tuhkien hyötykäyttö pelloilla ei monestikaan ole mahdollista. Tuhkien ja lannoitteiden mukana levitettävien raskasmetallien suurimmat sallitut määrät vaihtelevat maittain Euroopan Unionissa. Tarkempaa tietoa löytyy Eviran sivuilta (www.evira.fi).

Levitystekniikka

Tutkimusten ja kokemusten mukaan tuhkia voidaan levittää tietyillä kalkin- ja lannoitelevittimillä. Isot kuonakimpaleet



Tuhkan levittämistä pellolle. (Håkan Örberg)

voidaan joutua erottelamaan tuhkasta esimerkiksi seulomalla levitinlaitteiden tukkeutumisen estämiseksi. Tuhkan kostuttaminen 20–30 prosentin vesipitoisuuteen vähentää tuhkan pölyämistä ja parantaa levityksen tasaisuutta. Metsiin tuhkia voidaan maalevityksen lisäksi levittää helikopterilla samalla kalustolla, jolla levitetään metsälannoitteita.

Lähteet:

Bhattacharya, S.C., Sett, S. & Shrestha, R.M. 1989. State of the Art for Biomass Densification. /Energy Sources 11/, 161-182. Taylor & Francis.

Evira 2008. Tuhkan käyttö lannoitevalmisteena. Toimintaohje 12502/01.

http://www.evira.fi/portal/fi/kasvintuotanto_ja_rehut/lannoitevalmisteet/ohjeet_ja_tiedotteet/

Alakangas, E. 2000. Suomessa käytettyjen polttoaineiden ominaisuuksia. VTT Tiedotteita 2045. Espoo. 173 s. + 17 liitettä.

Lindh, T., Kärki, J., Impola, R., Paappanen, T., Leino, T., Kallio, E., Rinne, S., Lötjönen, T. & Kirkkari, A.-M. 2007. The development of reed canary grass fuel chain. In: Mia Savolainen (editor). Bioenergy 2007, 3.-6.9.2007 : Book of proceedings. FINBIO publication 36: p. 329-336.

RUOKOHELVEN PELLETOINTI, BRIKETÖINTI JA PÖLYPOLTTO

Kuljetuskustannusten pienentämiseksi ja kattilaan syötön helpottamiseksi ruokohelpeä voidaan tiivistää briketeiksi ja pelleteiksi tai jauhaa pölyksi. Pellettien ja brikettien ominaisuuksia on koottu taulukkoon 9. Polttopöly on kuivaa hienojauhettua materiaalia, jonka maksimi partikkelikoko on enintään 1 mm (SIS-CEN/TS 14961:2005).

Suomessa valtaosa puupelleteistä käytetään pienkiinteistöissä (<100 kW) pellettien suhteellisen korkean energian hinnan takia. Ruokohelpipuristeet eivät sellaisenaan sovellu käytettäväksi pienkiinteistöjen puupellettipolttimissa tuhkansulamaisominaisuuksien ja korkean klooripitoisuuden vuoksi. Kattilaan tulee asentaa liikkuva arina tai palopää sekä klooria kestävät tulipinnat. Suuret voima- ja lämpölaitokset eivät ole puristeista kovin kiinnostuneita, koska puristeet tulevat irtotavaraa kalliimmaksi. Sopiva käyttäjäkunta voisi olla jotain tällä välillä, esimerkiksi koulukiinteistöt – pienten taajamien lämpölaitokset (noin 0,2–5 MW), kuen lämpöpölyrittäjäkohteet.

Pelletöinti

Seuraavan sivun kuvassa on yksinkertaistettu kaavio ruokohelpipellettien tuotolinjasta. Samalla linjalla voidaan pienin muutoksin pelletöidä puuta ja muita biomateriaaleja.

Pelletöitävien paalien tai irtosilpun kosteuden tulee olla alle 16 %. Pelletöintilinjan alussa paalit murskataan. Murskauksen jälkeen partikkelikoon pitäisi olla alle 15 mm. Epäpuhtauksien erottelun jälkeen syöte ohjataan jauhimeen, joka on tavallisesti vasaramylly. Partikkelikoko on jauhamisen jälkeen alle 6 mm. Höyrytystä voidaan käyttää ligniinin ja hemiselluloosan pehmentämiseksi ja kapasiteetin parantamiseksi.

Pelletöintikoneessa jauhettu massa puristetaan rengas- tai tasomatriisin läpi pelleteiksi. Sidonta-aineita ei tavallisesti tarvita, kun pellettejä tehdään ruokohelvestä tai muista biomassoista. Pelletöinnin jälkeen jäähdytys on oleellista, jotta pelletit pysyvät koossa ja hyvälaatuisina. Pellettien

Taulukko 9. Pellettien ja brikettien teknisten ominaisuuksien vertailua.

	Pelletit	Briketit
Syötteen kosteus %	10-15	10-15
Syötteen koko	Hienoksi jauhettu < 6 mm	Murskattu < 20-30 mm
Tuotteen koko (markkinoilla)	Ø 6–12 mm, L < 40 mm	Ø 50–80 mm, L < 100–200 mm
Tuotteen irtotiheys	550–650 kg/m ³	600–700 kg/m ³
Valmistuksen energian kulutus MJ/ton	220–290	140–180
Polttaminen	automaattisyötteiset polttimet	automaatti- ja käsi- syötteiset polttimet

joukossa oleva irtotavara voidaan seuloa pois. Tämä on tärkeää, jos pellettejä käytetään pienkohteissa. Niissä pellettien ja pölyn lajittuminen erilleen voi aiheuttaa polttolaitteiden syöttöongelmia.

Briketöinti

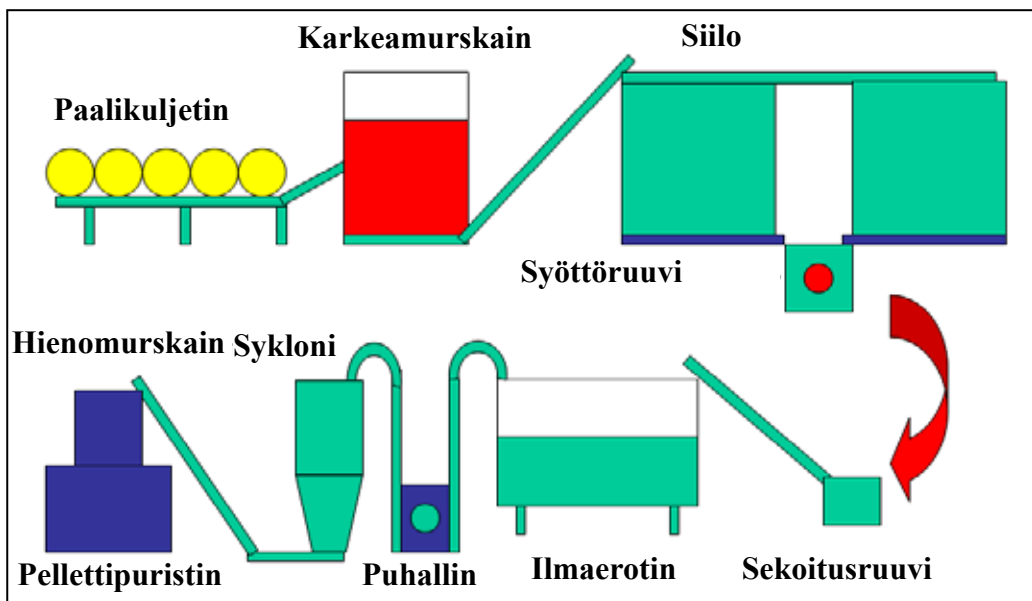
Briketöinti on yksinkertaisempaa kuin pelletöinti. Murskauksen ja ilmaerotellun jälkeen materiaali voidaan briketöidä suoraan, jauhamiselle ja höyrykäsittelylle ei ole tarvetta. Jopa 30 mm pitkää silppua voidaan briketöidä. Varsinaista jälkijäähdytysjärjestelmää ei tarvita, sillä briketit jäähtyvät puristamisen jälkeisellä 30 metrin pituisella siirtoradalla. Briketöinnin kustannukset ovat yleensä pelletöintiä alhaisemmat.

Brikettejä voidaan tehdä mäntä- tai ruuvipuristimilla ilman mitään sidonta-aineita. Ruotsissa käytetään mekaanisia tai hydraulisia mäntäbriketöintikoneita.

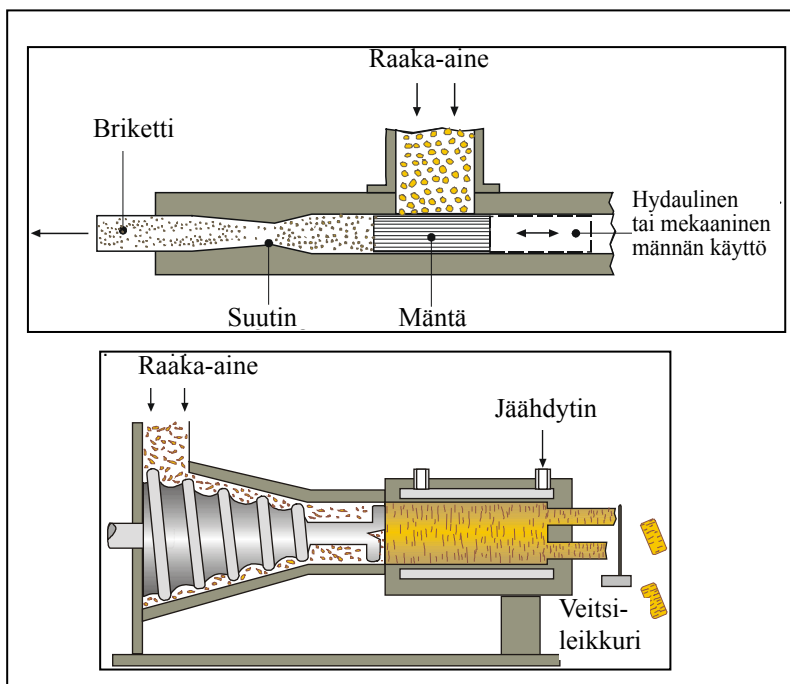
Ruuvipuristinten kapasiteetti on yleensä mäntäpuristimia suurempi.

Pölypoltto

Helven käsittely pölypolttoa varten muistuttaa pelletöintiprosessia siinä mielessä, että siinäkin helpi jauhetaan massaksi. Jauhamista jatketaan, kunnes 90 % polttoaineen painosta on alle 1 mm jaetta ja 50 % alle 0,5 mm jaetta. Jauhamiseen käytetään vasaramyllyä. Kevätkorjattu helpi on kuivaa, haurasta ja helposti jauhaantuvaa. Esimerkiksi 2 mm seuloilla varustettu vasaramylly tuottaa helvestä jaetta, jossa 99 % jakeista on alle 0,5 mm mitaisia. Puulla vastaava mylly tuottaa 90 % kyseistä jakekokoa. Hienonnetun helven kuljetustiheys on hyvin alhainen. Käsittely kannattaa siis tehdä lähellä pölypolttolaitosta. Massa on sellaisenaan soveltuvaa pölypolttoon.



Yksinkertaistettu kaavio ruukohelpipellettien tuotantolinjasta (Håkan Örberg).



*Ylhäällä mäntätoiminen ja alhaalla ruuvitoiminen briketöintikone.
(Bhattacharya et al. 1989)*

Lähteet:

Bhattacharya, S.C., Sett, S. & Shrestha, R.M. 1989. State of the Art for Biomass Densification. /Energy Sources 11/, 161-182. Taylor & Francis.

Paulrud, S. 2004. Upgraded Biofuels – effects of quality and processing, handling characteristics, combustion and ash melting. Acta Universitatis Agriculturae Sueciae Agraria 449. Swedish University of Agricultural Sciences.

Swedish Standards Institute 2005. Solid biofuels – Fuel specifications and classes. SIS-CEN/TS 14961:2005.

ESIMERKKEJÄ HYVISTÄ TUOTANTOKETJUISTA

Kokkolan Voima Oy: Erillinen vastaanotto, käsittely ja syöttö

Kokkolan Voima Oy:n kaukolämpövoimalaitos on otettu käyttöön vuonna 2001. Voimalan sähköntuotantokapasiteetti on 20 MW ja kaukolämmön 50 MW. Lisäksi laitos vastaanottaa kemian prosessista peräisin olevaa raakalämpöä enimmillään 15 MW:n teholla kaukolämmityskäyttöön.

Vuotuinen energiantuotanto on ollut noin 240 GWh kaukolämpöä ja 70 GWh sähköä. Jatkossa tuotanto kasvaa 70 GWh:n prosessilämpöä. Voimala käyttää jyrsin-turvetta, erilaisia puupolttoaineita (metsähake ja metsäteollisuuden sivutuotteet) ja ruukohelpeä. Biopolttoaineiden osuus on noin 50 prosenttia. Vuonna 2008 turvetta käytetään noin 170 GWh, metsäteollisuus-

den sivutuotteita 50 GWh, metsähaketta 95 GWh ja ruukohelpeä 5 GWh.

Kokkolan Voima on vuosina 2006-2007 rakentanut uuden peltobiomassojen käsittely- ja syöttöjärjestelmän. Järjestelmätekninen suunnittelu ja mitoitus ovat yhtiön omaa käsialaa, sillä vastaavaa ei aiemmin ole tehty. Tavoitteena on ollut vähentää yhteiskäsittelyn ja käytön haittoja sekä parantaa ruukohelven käyttöedellytyksiä. Käsittely- ja syöttöjärjestelmään kuuluvat katettu halli varastointia ja murskausta varten, murskauslinja sekä pneumaattinen syöttölinja kattilaan. Talvella 2008 järjestelmää viritettiin ja siihen tehtiin pieniä täydennyksiä.

Murskausteknologia perustuu tanskalaisen Reka-yhtiön ratkaisuun, joka on suunniteltu alun perin oljille. Murskaimen nimelliskapasiteetti on 1000 kg/h. Murs-



Kokkolan Voima Oy on investoinut ruukohelpipaalien varastointihalliin, jossa on paalinpurkulinja ja pneumalaitteisto helpisilpun puhaltamiseksi vasemmalla kulkevaa putkea pitkin suoraan kattilaan. (Kokkolan Voima Oy)

kaimen rumpua pyörittää kaksi 7,5 kW:n sähkömoottoria. Alun perin kantipaaleille suunniteltu murskainjärjestelmä on varustettu lähes 50 metrin pituisella syötökuljettimella, minkä ansiosta paaleja tarvitsee kuormata vain pari kertaa vuorokaudessa. Muutoin murskain on miehittämätön. Paalit murskautuvat hitaasti pyörivien isoon rumpuun kiinnitettyjen terien ja kiinteiden vastahampaiden välissä. Hidastoisuus vähentää merkittävästi pölyämistä. Tällöin paloturvallisuus paranee ja ympäristön likaantuminen vähenee.

Murskaimen rummun alla oleva ruuvi siirtää helpisilpun murskaimen vieressä olevan sulkusyöttimen kautta pneumaattisesti toimivaan kuljetusputkeen. Putken halkaisija on 100 mm ja pituus murskaimelta kattilaan yli 100 m.

Ruokohelven syöttö on samalla tasolla ja samalla puolella kattilaa kuin muunkin polttoaineen syöttö. Syöttöpiste on kahden seospolttoaineen syöttötorven välissä. Pneumaattisen syöttölinjaan on koajojen aikana tehty muutamia muutoksia. Esimerkiksi sulkusyötin vaihdettiin suuremmaksi ja toimintaperiaatteeltaan erilaiseksi.

Kokkolan Voima Oy:n peltoenergian käsittely- ja vastaanottojärjestelmä on suunniteltu noin 15 GWh vuotuiselle peltoenergian tuotannolle, mikä on noin 5 % laitoksen koko polttoainemäärästä. Helpi hankitaan pääosin omilta sopimusviljelijöiltä, joita on noin 50. Viljelypinta-ala on noin 600 ha. Lähialueitten viljelijät kuljettavat paalit traktorilla suoraan laitoksen katettuun varastoon. Kauempana tuotettu helpi varastoidaan tuotantoalueen läheisyyteen paaleina ja tuodaan laitokselle risutukiautoilla, joihin menee noin 70 pyöröpaalia (noin 15 tonnia). Suurkant-

tipaaleilla kuormakoko voi olla suurempikin. Helven ostaminen suoraan tuotajalta aiheuttaa laitokselle merkittävästi hallinnollista, maataloustukiin liittyvää työtä.

- + Helpi voidaan toimittaa paaleina laitokselle – tehokas kuljetuslogistiikka
- + Hyvä varastointi varmistaa polttoaineen laadun säilymisen ja riippumattomuuden kuljetuslogistiikasta
- + Murskaus on laadukasta ja energiatehokasta soveltuvalla laitteella
- + Helpi ei tässä ratkaisussa aiheuta ongelmia muitten polttoaineitten käsittelyssä ja syötössä
- Edellyttää investointia ja riittävää tilaa laitosalueella

Forssan Energia Oy: Paalien vastaanotto ja käsittely voimala-alueella

Forssan CHP-voimalaitos on otettu käyttöön 1998. Voimalaitos tuottaa maksimissaan sähköä 17 MW ja kaukolämpöä 45 MW Forssan kaupungin sekä Jokioisen taajaman tarpeisiin. Lisäksi lämpöverkossa on kaukokäytettäviä satelliittivoimaloita, joita tarvitaan kovempien pakkasten aikaan. Laitoksen hyötysuhde on lähellä 90 %.

Laitoksen pääpolttoaineena on puu, joka koostuu kantohakkeesta, purusta, kuoresta, metsähakkeesta ja rakennusjättepuusta. Polttoaineseoksessa käytetään myös turvetta, varsinkin kylmemmillä ilmoilla, koska turpeen laatu vaihtelee vähemmän kuin jättepuun. Myös viljan lajittelujätettä ja ruokohelpeä on kokeiltu seoksen osana. Polttoaineseokset tehdään laitoksen asfalttikentällä pyörä-

kuormajilla ja siirrettävällä puumurskaimella. Seoksesta halutaan tasalaatuinen, jotta palaminen tapahtuu hallitusti.

Ruukohelven käyttö on lisääntymässä, sillä Forssan ympärillä on helven viljely-keskittymä. Useimmat viljelijät toimittavat helven heti korjuun jälkeen voimalaitoksen varastointikentälle, jolloin vastuu varastoinnista siirtyy Vapolle. Helpeä toimitetaan kantti- ja pyöröpaaleissa. Viime aikoina paalit on silputtu kaivinkoneen puomin päässä olevan roottorimurskaimen avulla. Murskain on laatikko, johon kuljettaja voi poimia yhden paalin kerrallaan murskattavaksi ja hyvän ulottuvuuden ansiosta helpisilpusta voidaan tehdä korkeitakin kasoja tai sitä voidaan levittää pääpolttoaineaman päälle.

Toistaiseksi kaivinkonemurskaimen silp-

pu on ollut keskimäärin yli 10 cm:n pituista, mikä on liian pitkää voimalaitoksen kuljettimille. Sopiva silpunpituus olisi 4 – 5 cm. Siksi helpisilppu on ajettu vielä kantomurskaimen läpi yhdessä pääpolttoaineen kanssa. Tällöin muodostuu jo riittävän lyhytjakeista ja tasalaatuista seosta. Paalien naruja tai verkkoja ei ole poistettu ennen murskausta, eivätkä ne ole tähän mennessä aiheuttaneet ongelmia.

Ruukohelven poltossa ei ole ongelmia, kunhan helven energiaosuus polttoaineseoksessa pysyy maltillisena (hakkeen ja turpeen seoksessa enintään 10 %) ja syöttö kattilaan onnistuu tasaisesti. Viljan lajittelujätteiden poltto on aiheuttanut kerran tuhkan sulamista ja leijupedin romahtamisen, joten peltobiomassoja käytettäessä tämä riski on otettava vakavasti. Ruukohelven tuhkan sulamispiste



Ruukohelpipaalien murskausta kaivinkonemurskaimella. (Kuva: Timo Löijönen)

on korkeampi kuin esimerkiksi lajittelu-
jätteillä, mutta helven sisältämät alkaalit
voivat laskea selvästi seoksen tuhkan su-
lamispistettä.

- + Helpi voidaan toimittaa paaleina lai-
tokselle – tehokas kuljetuslogistiikka
- + Laitos sijaitsee syrjäisellä alueella –
mahdollinen pöly ei haittaa
- + Helpeä voidaan käyttää pienin inves-
tointikustannuksin
- Helpipaalit ovat alttiina sateelle
- Vielä toistaiseksi monta käsittelyvai-
hetta murskauksessa ja sekoituksessa
=> suuret käyttökustannukset

Joensuun Energia Oy: Ruokohelpi toimitetaan polttoaineen tuottajalle valmiina seoksena

Joensuun Energia Oy:n kaukolämpö-
voimalaitos on rakennettu vuonna 1986
ja muutettu leijukerroskattilaksi vuonna
2000. Voimalaitos tuottaa vuosittain kau-
kolämpöä noin 510 GWh ja sähköä noin
360 GWh. Noin puolet polttoaineesta on
jyrsinturvetta ja loput biopolttoaineita,
kuten kuorta, purua, metsähaketta, kaa-
topaikan biokaasua ja ruukohelpeä. Hel-
ven osuus on vaihdellut, enimmillään se
on ollut 10 GWh (v. 2007). Voimalaitos
sijaitsee asutuksen välittömässä läheisyy-
dessä ja helven murskaaminen mobiili-
murskalla ei ole mahdollista pölyhaitto-
jen vuoksi.

Vapo toimittaa voimalaitokselle helven
valmiina polttoaineseoksena. Yleensä
helpi on ollut turpeeseen sekoitettua,
mutta sitä on tuotu myös puuhakkeeseen
sekoitettuna. Turve-helpi seos on tullut

läheisiltä turvetuotantoalueilta, missä hel-
ven murskaus ja polttoaineitten sekoitta-
minen on tehty. Seoksen laatu on vaih-
dellut. Ajoittain helpi on ollut kosteaa
jolloin murskaaminen ei ole onnistunut
hyvin. Murskaan on jäänyt pitkiä helpi-
korsia, jotka ovat aiheuttaneet ongelmia
varastosiloissa, ruuveilla ja kuljettimilla.
Ajoittain helpi on epätasaisesti seokses-
sa. Puupolttoaineeseen helpi sekoittuu
paremmin.

Helven vastaanottoa voisi kehittää siten,
että helpi voitaisiin tuoda laitokselle paa-
leina ja murskata yhdessä puupolttoai-
neen kanssa. Tällöin helpi voitaisiin tuo-
da suoraan tuotantopaikalta laitokselle.

- + Helpeä ei tarvitse käsitellä voimala-
alueella
- Helpiseoksessa helven määrän mää-
rittäminen haasteellista

Tämä opas sisältää käytännönläheistä tietoa ruokohelven käytöstä energiantuotannossa. Siinä paneudutaan tekijöihin, jotka vaikuttavat tuotantoketjun tehokkuuteen ja polttoaineen energiasisällön säilymiseen. Kirjassa esitellään ruokohelven tuotanto, polttoaineen varastointi ja käsittely, polttoainelogistiikka sekä turvallinen ja tehokas energiantuotanto. Lisäksi oppaassa esitellään muutama kohde, joissa ruokohelpeä käytetään energiantuotannossa.

