



**TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
ÅBO YRKESHÖGSKOLA**

Opinnäytetyö

**JÄRVIRUO´ON POLTTO
VOIMALAITOSKOKOLUOKAN
KATTILOISSA**

Aki Virko

Kone- ja tuotantotekniikka

2007



Kone- ja tuotantotekniikka	
Tekijä: Aki Virko	
Työn nimi: Järviruo´on poltto voimalaitoskokoluokan kattiloissa	
Energiatekniikka	Ohjaaja: Lehtori, Leimu Juha
Opinnäytetyön valmistumisajankohta: Toukokuu 2007	Sivumäärä: 52, 4 liitettä
<p>Työn lähtökohtana on EU-projekti, jonka avulla selvitetään järviruo´on käyttömahdollisuuksia energianlähteenä. Työn tarkoituksena on tarkastella järviruo´on polton mahdollisuutta voimalaitoskokoluokan kattiloissa. Soveltuvuutta tutkitaan sekä kirjallisuuden pohjalta että suorittamalla polttokokeita.</p> <p>Järviruo´ko on korkea heinäkasvi, joka kasvaa rannikoiden läheisyydessä. Järviruo´ko rehevöittää rannikoitamme ja aiheuttaa biodiversiteetin vähentymistä. Polttamalla järviruo´koa, sitä pystyttäisiin hävittämään suuria määriä. Järviruo´on polttomahdollisuuksia on selvitelty jo useita vuosia. Suomessa on käytössä kiinteän polttoaineen kattiloissa pääosin kolmea eri kattilarakennetta, jotka ovat arinakattila, leijupetikattila ja poltinpoltto. Näiden kattilarakenteiden pohjalta on selvitetty mahdollisuuksia järviruo´on poltolle.</p> <p>Koepoltot suoritettiin kahdella eri tyyppisellä kattilarakenteella. Paimion lämpölaitoksella koepoltto suoritettiin leijupetikattilassa. Perniön lämpölaitoksella käytössä oli arinakattila. Koepolttojen aikana päästiin havainnoimaan järviruo´kosilpun, joka oli sekoitettu puuhakkeeseen, kulkemista kuljetinlaitteistolla sekä sen palamista eri tyyppisissä kattiloissa.</p> <p>Työn tuloksia voidaan pitää positiivisina, kirjoista tutkitun ja koepoltoista saadun tiedon perusteella. Kuitenkin varmuus asialle saadaan vasta, kun jossain suoritetaan järviruo´on polttoa suuremmassa mittakaavassa. Tärkeäksi asiaksi voimalaitospoltossa nousi poltettavan materiaalin muoto. Lisäksi pitää ratkaista ongelma järviruo´osta saatavan energian korkealle hinnalle, joka muodostuu erinäisistä käsittelyn aikaisista kustannuksista.</p>	
Hakusanat: Järviruo´ko, bioenergia, voimalaitoskattila, polttaminen	
Säilytyspaikka: Turun ammattikorkeakoulun kirjasto	

Mechanical Engineering	
Author: Aki Virko	
Title: Burning common reed in power plant scale boiler	
Energy and Environmental Technology	Instructor: Leimu, Juha, Senior Lecturer
Date: May 2007	Total number of pages: 52, 4 appendixes
<p>The purpose of this study was to explore the possibilities of getting energy out of common reed. The aim was to investigate the possibilities by burning common reed in power plant scale boilers. The possibilities of burning common reed were charted by ploughing through previous publications and by making a few burning tests.</p> <p>Common reed is a high grass that grows in coastal areas. It is becoming a problem in many areas because it reduces the biodiversity. Burning common reed has given possibilities to decimate large quantities of it. The burning off common reed has been investigated for many years. In this study 3 different boiler types were examined which are used in Finland, namely the grate boiler, the fluidized bed boiler and the burner. This study is based on these structures.</p> <p>The burning tests were made by a grate boiler and a fluidized bed boiler. The grate boiler was used at Perniö heating plant and the fluidized bed boiler was used at Paimio heating plant. During these tests more information could be gathered about how common reed travels in the conveyor system and how it burns in the boiler.</p> <p>The results of this study are promising. Maybe some day we can get energy out of common reed. Before that, however, we have to make some more extensive burning tests at a power plant. The most important matter that came up during this study was the shape of the burning material. In addition, the high costs are a problem before energy can be produced out of common reed. The costs are incurred during treatment and handling of the reed.</p>	
Keywords: common reed, bioenergy, power plant boiler, burning	
Deposit at: TUAS Library	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	4
2	JÄRVIRUOKO ENERGIÄKÄYTÖSSÄ	6
2.1	LÄHTÖKOHDAT JA ONGELMAT	6
2.2	JÄRVIRUOKO	7
2.3	KÄYTTÖKOHTEET	8
3	POLTTO MUODOT	10
3.1	JÄRVIRUOKON KERÄÄMINEN	10
3.2	JÄRVIRUOKO SILPUTTUNA	11
3.3	JÄRVIRUOKO KIINTEÄSSÄ MUODOSSA	12
4	POLTTOPAIKAT	14
4.1	ERILAISET KATTILATYYPIT, ARINA-RAKENTEET JA NIIDEN TOIMINTA	14
4.1.1	LEIJUPETIKATTILA	15
4.1.2	ARINAKATTILA	17
4.1.3	POLTINPOLTTO	19
4.2	JÄRVIRUOKON SOVELTUVUUS ERI KATTILOIHIN	20
5	KOEPOLTTO PAIMION LÄMPÖLAITOKSELLA	23
5.1	KOEPOLTTOPAIKAN ETSINTÄ	23
5.2	FORTUM PAIMION LÄMPÖLAITOS OY	24
5.3	KOEPOLTON JÄRJESTELYT	26
5.4	KOEPOLTTO PAIMION LÄMPÖLAITOS OY:SSÄ	29

5.5	POLTON AIKANA HAVAITUT ONGELMAT	36
6	KOEPOLTTO PERNIÖN LÄMPÖLAITOKSELLA	38
6.1	PERNIÖN LÄMPÖLAITOS	38
6.2	KOEPOLTON JÄRJESTELYT	39
6.3	KOEPOLTTO PERNIÖN HAKELÄMPÖ OY:SSÄ	40
6.4	KOEPOLTTON AIKANA HAVAITUT ONGELMAT	44
7	JÄRVIRUOON POLTTAMINEN VOIMALAITOS- KATTILOISSA	45
7.1	LAITTEISTOVAATIMUKSET	45
7.2	POTENTIAALISET POLTTOPAIKAT JA –MUODOT	48
7.3	JÄRVIRUOON POLTON KUSTANNUKSET	49
8	YHTEENVETO	50
	LÄHTEET	52

LIITTEET

Liite 1: Paimion lämpölaitoksen mittaustulokset

Liite 2: Paimion lämpölaitoksen PI-kaavio

Liite 3: Perniön lämpölaitoksen mittaustulokset

Liite 4: Perniön lämpölaitoksen PI-kaavio

KUVAT

Kuva 1: Järviruoko lähikuvassa.	7
Kuva 2: Järviruokoa varten suunniteltu korjuukone.	10
Kuva 3: Märkää järviruokoa.	12
Kuva 4: Leijupetikattila (Putkimaa Oy).	16

Kuva 5: Arinakattila (Putkimaa Oy).	18
Kuva 6: Kiekkoseula toiminnassa.	26
Kuva 7: Koneurakoitsija Sauhula siirtämässä ruokokasaa.	27
Kuva 8: Järviruo´on syöttämistä silppurille.	28
Kuva 9: Kattilaan menevässä polttoaineessa rupeaa näkymään järviruo´on palasia.	34
Kuva 10: Paalimurskain toiminnassa.	39
Kuva 11: Järviruokohakeseos tippumassa arinan alkupäähän.	40
Kuva 12: Perniön arinakattila, kuvassa näkyy näkölasit 4 kpl.	43
Kuva 13: Repijä siirtämässä polttoainetta.	46

TAULUKOT

Taulukko 1. Eri polttoaineiden alkuainepitoisuuksia.	8
Taulukko 3: Energiat, polton eri vaiheissa.	35
Taulukko 4: Tehoja polton eri vaiheissa.	41
Taulukko 5: Tehoja polton eri vaiheissa.	42
Taulukko 6: Tehoja polton eri vaiheissa.	42

1 JOHDANTO

Järviruoko on rannoillamme esiintyvä kasvi, jonka kasvualusta leviää suurella nopeudella aiheuttaen ongelmia. Haittavaikutuksina on havaittu muun kasvuston ja eliökannan pienentyminen. Lisäksi järviruoko on monilla paikoilla virkistäytymistä haittaava kasvi.

Suomen ja Viron välinen projekti antoi Turun ammattikorkeakoululle mahdollisuuden tutkia järviruokoon hyötykäyttöä. Tutkimuksessa selvitettiin järviruokoon käyttömahdollisuuksia sen eri muodoissa. Suomeen ollaan tuomassa käsityöverkostoa, joka käsittää ruoko-rakentamisen eri muodot sekä erilaiset koriste-esineet. Suomen rannoilta löytyy järviruokoa paljon. Etelä – Suomen rannikoilta on saatavissa 30 000 hehtaaria järviruokoa. Materiaalin paljoudesta johtuen on ajateltu järviruokoon käyttöä energialähteenä. Järviruokoon polton soveltuvuutta selvitetään aina pienistä kattiloista suuriin voimalaitoskokoluokan kattiloihin.

Tässä työssä perehdytään järviruokoon soveltuvuuteen suuren mittakaavan poltossa. Selvitetään energian saaminen suurista voimalaitoskokoluokan kattiloista käyttäen järviruokoa seosaineena muun poltettavan materiaalin seassa sekä mahdollisuuksia polttaa järviruokoa yksinään kattilassa. Työssä perehdytään erilaisiin laitoksiin, joihin järviruokoon polttoa seosaineena voitaisiin ajatella. Lisäksi pohditaan millaisia laitteistoja vaadittaisiin, että järviruokoon poltto onnistuisi aiheuttamatta ongelmia. Poltettavan materiaalin muodolla on suuri merkitys sen polttopaikkaa valittaessa. Poltettava järviruoko voi olla useassa muodossa käsittäen paalit, briketin, pelletin, irtotavaran sekä järviruokosilpun. Kasvi esiintyy rannoilla jopa 2 m:n korkuisena veden päällä, mikä rajoittaa sen suoraa energiakäyttöä monissa suuremmissakin kattiloissa.

Työssä tarkastellaan järviruokoon polttoa voimalaitoksissa ja polton kannattavuutta. Nousevatko järviruokoon korjuu-, muokkaus- ja kuljetuskustannukset liian suuriksi verrattuna muihin käytössä oleviin vertailupolttoaineisiin? Tämän päivän luonnosta

saatavien polttoaineiden hintaan on hankala päästä, mutta jossain vaiheessa muodostuu enemmän tarvetta vaihtoehtoisille polttoaineille. Turve ja hake ovat uusiutuvia polttoaineita, mutta niidenkin saatavuus pienenee ajanmittaen. Hakkeen ja turpeen polton taloudellisuudesta on koko ajan puhetta, sillä materiaalien ominaisuuksia voitaisiin hyödyntää muuhunkin käyttöön. Lisäksi turvetta ei lasketa uusiutuvaksi polttoaineeksi, joten sen päästöt ovat maksullisia. Kun näiden polttoaineiden saatavuus pienenee, voi järviruo'on poltolla olla kysyntää.

2 JÄRVIRUOKO ENERGIÄKÄYTÖSSÄ

2.1 LÄHTÖKOHDAT JA ONGELMAT

Tutkimuksen lähtökohtana on Suomen ja Viron välinen järviruokoprojekti: "Ruovikkostrategia Suomessa ja Virossa" –Interreg IIIA-hanke, missä selvitetään järviruon käyttömahdollisuuksia. Projektin tarkoituksena on selvittää järviruon (*Phragmites australis*) ympäristövaikutuksia ja sen mahdollisia käyttökohteita. (Lounais-Suomen ympäristökeskus 2006 [viitattu 05.02.2007].)

Järviruoko on ongelmallinen rannoillamme esiintyvä rantakasvi, joka on levittäytynyt suurille osille Suomen ja Viron rannikoita. (Kuva 1.) Muuallakin maailmassa järviruoko on osoittautunut ongelmaksi, koska se syö muiden kasvien kasvumahdollisuuksia levittäytymällä jopa 2 metriä vuodessa kasvullisesti juurakkonsa haaroista. Se saattaa kasvaa jopa 2 metriä syvässä vedessä, mikä helpottaa järviruon levittäytymistä rannikoillamme. Järviruoko saattaa levitä hehtaarien laajuisiksi alueiksi meriemme ja järviemme rannoille aiheuttaen rantojen rehevöitymistä ja veden sameutumista. Järviruoko koetaan monilla paikoilla virkistäytymistä haittaavaksi kasviksi. Sen leviäminen on vähentänyt luonnon monimuotoisuutta eli biodiversiteettiä, koska ruovikot hidastavat taikka pysäyttävät kokonaan veden virtauksen. Tämä on osasyynä siihen, että järviruolle yritetään keksiä käyttökohteita. Samalla, kun saadaan rantoja haittaavat ruo'ot pois, niitä voidaan käyttää hyödyksi muualle. Tutkimuksessa selvitetään mitä mahdollisuuksia ruon hävittämiselle on olemassa ja mihin sitä voisi hyödyntää. (Lounais-Suomen ympäristökeskus 2006 [viitattu 05.02.2007].)

Suomessa järviruon hyötykäyttö on vähäistä. Muualla Euroopassa ruokoa käytetään mm. tekemällä ruokokattoja, käsitöitä sekä käyttämällä sitä bioenergiana. Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää mahdollisuuksia käyttää järviruokoa energiana, polttamalla sitä erikokoisissa kattiloissa, alkaen pienemmistä aluelämpökokoluokan kattiloista aina suuriin voimalaitos-kokoluokan kattiloihin. Ruo'on poltto on toteutettavissa seospolttoaineena hakkeen tai turpeen seassa. (Lounais-Suomen

ympäristökeskus 2006 [viitattu 05.02.2007].)

2.2 JÄRVIRUOKO

Järviruoko on energiasisällöltään lähes hakkeen tasolla, sen lämpöarvon ollessa 13-15 MJ/kg . Vertailuna järviruo´on kosteus 14 % ja puuhakkeen 25 %, jolloin niiden teholliset lämpöarvot (MJ/kg) ovat samoissa lukemissa. Järviruo´on kosteus vaihtelee 14-60 %:n välillä. Syksyllä sateiden aikana se saattaa nousta yli 60 %:n ja talvella kuivaan aikaan se on 14 %:n luokkaa. (Lounais-Suomen ympäristökeskus 2006 [viitattu 05.02.2007].)



Kuva 1: Järviruoko lähikuvassa.

Järviruo´on tuhkapitoisuus on likimain 4 % ja tuhkan sulamispiste VTT:n tutkimuksen mukaan suurempi kuin 1390 °C. Tuhkapitoisuus vaikuttaa aineen palamiseen ja alentaa sen lämpöarvoa. Vertailuna voidaan kertoa puun tuhkapitoisuuden olevan vain 0,4–0,7 %. (Taulukko 1.) Järviruo´on tuhkapitoisuus jää suureksi, mikä saattaa aiheuttaa ongelmia poltossa sekä pienissä että suurissa kattilarakenteissa. Polttoaineiden sisältämällä hiilellä on suoraan vaikutusta sen lämpöarvoon. Järviruoko on hyvin samankaltainen kasvi kuin olki, minkä vuoksi sen koostumusta voidaan

vertailla oljen koostumukseen. Järviruo'on rikkipitoisuus on pieni (alle 0,1 %), joten se ei muodosta merkittäviä haittoja tuli- ja savupintojen syöpmisen aiheuttajana. (Isotalo, Kauppi, Ojanen, Puttonen & Toivonen 1981, 10–11.)

Tshekeissä tehdyn tutkimuksen mukaan järviruo'ko saattaa kasvaa yli 2,5 metrisenä veden päällä. Vuonna 2005 ilmestyneessä tutkimuksessa on perehdytty järviruo'on kasvuun vedessä. Tutkimuksessa on kerätty tietoa ympäri maailman. Järviruo'on keskimääräiseksi korjuutiheydeksi on saatu $3,266 \text{ kg} / \text{m}^2$ ja Intiassa on kirjattu jopa yli $9,3 \text{ kg} / \text{m}^2$ tuloksia. Tutkimuksen pohjana on ollut järviruo'on laaja levinneisyys Tshekeissä ja sen mahdollinen käyttö biomassana. (Vymazal & Kropfelova 2005, 608–609.)

Alla taulukko eri polttoaineiden alkuainepitoisuuksista, painoprosenttia vedettömästä ja tuhkatomasta aineesta.

Polttoaine	Hiili %	Vety %	Happi %	Typpi %
Olki	45	5 - 5,5	45	0,5
Puu	50	6	43	0,1
Turve	50 - 60	5 - 6,5	25-35	1,8 – 2,5
Kivihiili	80 - 90	4 - 5	1,5 - 10	1,2 – 1,7
Kevyt polttoöljy	85	11 - 14		

Taulukko 1. Eri polttoaineiden alkuainepitoisuuksia.

2.3 KÄYTTÖKOHTEET

Järviruo'koa käytetään rakennustarkoituksessa talojen kattoina. Materiaalilla saavutetaan erinomainen lämpö- ja äänieristys. Lisäksi ruokokatto on omaperäinen, pitkäikäinen sekä tyylikäs. Katon tekemistä varten ruoko niputetaan oikealla tavalla ja ladotaan katolle osittain toistensa sisään. Tällä tavalla katosta saadaan vesitiivis sekä kantava. Ruo'on korjuuta rakennuskäyttöä varten on kehitelty koneita, jotka niputtavat ruo'ot valmiiksi. Tämän jälkeen pitää suorittaa enää pientä valikointia ruokonipuista,

ja kelpuuttaa katolle päätyvät niput. Ruokoa käytetään lisäksi eristemateriaalina mm. seinissä ja lattioissa, jolloin ruoko silputaan pieneksi. Askaisten Livonsaareessa on aloitettu Eko-kylä hanke, johon tulevissa taloissa on käytettävä ympäristöystävällisiä materiaaleja. Livonsaareen on rakenteilla ainakin 2 taloa, joihin käytetään ruokoa eri muodoissa mm. katossa ja eristeenä. Rakentamishankkeella yritetään tuoda Suomeen Itämeren ruokorakentamiskulttuuria. Ruokorakentaminen on myös tuonut uusia sovelluksia ruo'on käytölle. Sitä on sekoitettu saveen, jolloin saadaan aikaiseksi mm. ruokolevyjä sekä ruokosavitiiliä. (Lounais-Suomen ympäristökeskus 2006 [viitattu 05.02.2007].)

Ruokorakentamisesta voidaan siirtyä pienempiin kokonaisuuksiin ja ruokoa voitaisiin hyödyntää käsitöiden tekemisessä. Ruokoa voisi käyttää koriste-esineiden valmistuksessa, kuten olkea on käytetty jo vuosikymmeniä. Tällaisessa käytössä voisi hyödyntää pienempiä ruovikkoalueita mökkirannoista ja peltojen reunamilta, joihin ei olisi kannattavaa tuoda koneita korjaamaan ruokoa pois. Käsiyökulttuurillekin saisi näin mahdollisuuksia kehittää uusia suuntauksia.

Energiakäyttöön ruokoa voisi soveltaa, kun puhutaan suurista ruovikkoalueista. Sen käyttäminen seosaineena puuhakkeen tai turpeen seassa olisi järkevää, koska silloin puhuttaisiin suuren luokan ruo'on hävittämisestä ja siitä saataisiin hyöty lämpöenergiana. Järviruo'on polton soveltaminen pienissä kattiloissa auttaisi rannikoilla olevia maatiloja, joiden vesien äärellä olevat rehevöityvät pellot saataisiin hyödynnettyä tuottamalla lämpöä tilan tarpeisiin. Rannikoilla olevien kaupunkien rannoilla on suuria ruovikkoalueita, joita voitaisiin hyödyntää kaupunkien omissa lämpökeskuksissa. Salon kaupungilla on rantaviivaa noin 10 km:ä, joka on peittynyt 20-100 m leveäksi ruovikkoalueeksi. Salon alueella on noin 40 hehtaaria ruovikkoa, joka vastaa energiana 840 MWh:a. Etelä-Suomen rannikoillakin on 30 000 hehtaaria ruovikkoa, joka kasvaa koko ajan isommaksi alueeksi. Tästä johtuen Suomen rannikoilla on paljon vapaana olevaa energiaa, jota voitaisiin hyödyntää lämmityksessä. (Lounais-Suomen ympäristökeskus 2006 [viitattu 05.02.2007].)

3 POLTTOMUODOT

3.1 JÄRVIRUOON KERÄÄMINEN

Järviruoko kasvaa rannoillamme jopa yli kaksimetrisenä veden päällä. Sen korjuuta varten on olemassa monia eri tapoja, mutta laitteita kyseiseen työhön on suunniteltu vain rakennuskäyttöä varten. Rakennuskäyttöön suunnitelluissa laitteissa ruoko kerätään pitkänä valmiiksi nippuihin. Koneet on suunniteltu keräämään ruoko valmiiksi rakennusnipuiksi, joista tarvitsee tehdä vain pientä, käsin suoritettavaa, siistimistä. Suomessa on kokeiltu valmiita korjuukoneita, joita on tuotu pääasiassa Virossa. Koneiden kokoluokat vaihtelevat suuresti. On olemassa koneita, jotka painavat useita tonneja, kun niissä on valmiita rakennusnippuja päälle lastattuna. Koneet on valmistettu yksityisillä rahoilla, joten suurin osa koneista on modifikaatioita valmiista työkoneista. (Kuva 2.)



Kuva 2: Järviruokoa varten suunniteltu korjuukone.

Rakennuskäyttöön tulevista nipuista jää paljon ruokojätettä, jolle ei ole suoranaista käyttöä. Järviruoon keruuta varten ollaan suunnittelemassa laitetta Turun

Ammattikorkeakoulun toimesta, jossa aiheesta tehdään opinnäytetyö. (Lounais-Suomen ympäristökeskus 2006 [viitattu 05.02.2007].)

Järviruon hyödyntämisestä polttoa silmällä pitäen ei tarvittaisi valmiita nippuja. Energiakäyttöön tulevan ruokomateriaalin muoto riippuu siitä, missä sitä on ajateltu poltettavaksi. Joissain paikoissa voitaisiin hyödyntää suoraan katkaistua irtotavaraa taikka paalattua ruokoa. Suomesta löytyy muutama kattila, joissa voisi suoraan polttaa ruokopaaleja. Jätteenpolttokattiloissa voitaisiin polttaa irtotavaraa muun polttomateriaalin seassa. Suuremmat voimalaitokset polttavat suuria määriä polttoainetta, mutta se on pieneksi muokattua (hiili, puuhake, turve).

3.2 JÄRVIRUOKO SILPUTTUNA

Järviruon polttoa silputtuna voidaan suoraan soveltaa voimalaitoksiin. Silputtuna järviruoko soveltuu suoraan seosaineeksi hakkeen tai turpeen sekaan. Järviruon silppuaminen osoittautui hankalaksi, kun se on varastoitu irtotavarana. Silppuamista varten on olemassa paljon koneita, joilla ruokoa saadaan pienempään muotoon. Silppureita löytyy pienistä verkkovirtakäyttöisistä oksasilppureista suuriin kuorma-auton päälle asennettuihin, polttomootorilla käytettäviin, silppureihin. Suurissa voimalaitoksissa on olemassa omia murskainjärjestelmiä. Laitoksessa olevia omia murskaimia on käytössä pääasiallisesti hiiltä polttavissa voimalaitoksissa.

Silppuamisen ongelmaksi muodostui ruokosilpun erimittaisuus. Polttokoetta varten silppuamiseen kokeiltiin traktorivetoista silppuria/murskainta, jolla pystyy silppuamaan puun runkoja aina 25 cm:n halkaisijaan asti. Silppuriin syötettiin ruokoa sen takana olevaan syöttölaitteeseen, jossa karhea rulla veti järviruon koneen sisälle. Koneen sisällä oli eritasoissa rullia, joiden välistä ruoko kulkeutui eteenpäin puhaltimelle. Rullien välissä kulkeva ruoko murskaantui pienemmäksi. Puhallin toimi kuten radiaalimallinen turbiini, ottaen keskeltä ruon mukaan, josta se heitti sen kyljessä olevaan ulospuhallusputkeen. Silppuamisen ongelmaksi muodostui sen epätasalaatuisuus. Kuivan ruon silppuamisessa tuloksena oli 20–500 mm:ä pitkiä ruokopalasasia. Kuiva järviruoko osoittautui sitkeäksi, koska se ei murskaunut. Osa tavarasta taipui rullien mukana ja meni silppurin läpi lähes alkuperäisessä

muodossaan. Silppurissa oli säädettävät rullat, ja niiden asentojen muuttamisella saatiin hieman leikkaustulosta paremmaksi. Syöttönopeudella oli merkitystä. Syötettäessä suurta määrää ruokoa koneeseen materiaali tuli pienemmässä muodossa ulos. Paremmat tulokset saatiin kostean järviruo´on silppuamisessa. (Kuva 3.) Kosteaa järviruokoa tuli silppurista tasalaatuisena, palakoon vaihdellessa 20 – 50 mm:in.



Kuva 3: Märkkää järviruokoa.

Järviruo´on silppuamista on kokeiltu myös polttomoottorikäyttöisellä murskaimella. Järviruoko oli paalattu kanttipaaliksi, jolloin oli helpompaa nostaa järviruoko murskaimeen. Murskaustulokset olivat hyvät paalin mentyä pieneksi silpuksi. Silppu oli tasalaatuista, ja silppuaminen oli nopeaa.

3.3 JÄRVIRUOKO KIINTEÄSSÄ MUODOSSA

Kiinteällä muodolla järviruo´on poltossa tarkoitetaan:

- pelletti
- briketti
- paali (pyörö- / kanttipaali)

Pelletti on suoraan sovellettavissa voimalaitospolttoon. Puupellettiä poltetaan aluelämpökokoluokan kattiloissa. Pelletin polttoa on myös suuremmissa voimalaitoksissa. Erityisesti Ruotsista löytyy muutama suurempi laitos mikä käyttää polttoaineenaan pellettiä. Briketin polttoa ei tiedettävästi ole käytössä suuremmissa voimalaitoksissa, kun taas maatilan kattiloissa poltetaan brikettiä. Paalikattiloita on Suomessa muutama, mutta niissäkin poltetaan suurimmaksi osaksi puuta.

Järviruo'on briketointiä ja pelletointiä kokeiltiin projektin puitteissa Suomessa muutamaankin otteeseen. Teemu Kettunen kokeili briketointiä Kourtaneen Energiaosuuskunnan laitteistolla. Hänellä oli vain pieni määrä ruokoa, minkä briketointiä kokeiltiin. Tulokset olivat työntekijöiden mukaan yllättävän hyviä, vaikka parempiin tuloksiin oltaisiin päästy suuremmalla koe-erällä. Toinen briketointi kokeilu ei onnistunut, sillä briketointikoneen puristusvoima oli riittämätön järviruo'olle. Pelletöinnin kokeilu suoritettiin Biottori Oy:n laitteilla. Pelkän järviruo'on pelletointi oli teettänyt työtä, koska se oli jouduttu ajamaan koneesta läpi useita kertoja ennen kuin se pelletöityi. Seosaineita käytettäessä tulokset paranivat ja ruoko saatiin pysymään pelletin-muodossa. Paalausta on kokeiltu usealla taholla ja sekä kantti- että pyöröpaalien valmistus onnistui kohtuullisen hyvin. (Lounais-Suomen ympäristökeskus 2006 [viitattu 05.02.2007].)

4 POLTTOPAIKAT

4.1 ERILAISET KATTILATYYPIT, ARINA-RAKENTEET JA NIIDEN TOIMINTA

Suomen voimalaitoksissa on käytössä muutamia erityyppisiä kattilarakenteita. Kaikki kattilatyypit ovat perusrakenteeltaan samankaltaisia. Kattilan sisältä löytyy erilliset poltto- ja vesitilat sekä aukko palamiskaasujen poistoa varten. Polttilassa palaa käytettävänä oleva polttoaine, mikä voi olla yhtä materiaalia tai monen materiaalin sekoitusta. Vesitila rakentuu pienemmissä kattiloissa levyjen väliin rakennetusta kammioista taikka putkistoista. Suuremman kokoluokan kattiloissa vesitila on lähes poikkeuksetta rakennettu putkielementeistä, jotka kiertävät palotilaa. Palamiskaasujen poistoaukkoa kutsutaan savukanavaksi, joka pienemmissä kattiloissa (omakotitalon, maatilan) johtaa suoraan savupiippuun. Suuremmissa kattiloissa savukaasuja käytetään hyödyksi esim. johtamalla savukaasu turbiinin läpi, jolloin saadaan sähköä taikka savukaasusta otetaan lämpöä talteen johtamalla se lämmönvaihtimeen tai savukaasupesuriin.

Leijupetikattila on yksi yleisimmistä kattilatyypeistä, joita rakennetaan uusiin voimalaitoksiin. Lähes poikkeuksetta leijupetiä käytetään, kun kysymyksessä on pelkästään lämmön-, prosessihöyryn- tai niiden yhteistuotantoon tuleva kattila. Normaalia arinarakenteista kattilaa käytetään pienen kokoluokan kattiloissa sekä paikoissa, joissa poltettavaksi saattaa tulla lähes mitä vaan polttokelpoista. Normaali arinarakenne on yleisesti käytössä jätteenpoltossa. Poltinpoltoa hyödynnetään pääasiassa kivihiilellä taikka öljyllä tuotettavan energian saannissa. Lisäksi on muutamia kattilarakenteita, joita käytetään teollisuudessa. Soodakattila on selluloosan valmistuksessa syntyneen mustalipeän ainesosien erotukseen tarkoitettu kattila. Normaaleja kattilarakenteita käytetään myös kemianteollisuuden päästöjen vähennykseen, jolloin poltinrakenteisella kattilalla voidaan polttaa kemiallisessa prosessissa syntyneitä kaasuja. (Raiko, Kurki-Suonio, Saastamoinen & Hupa 1995, 393–477.)

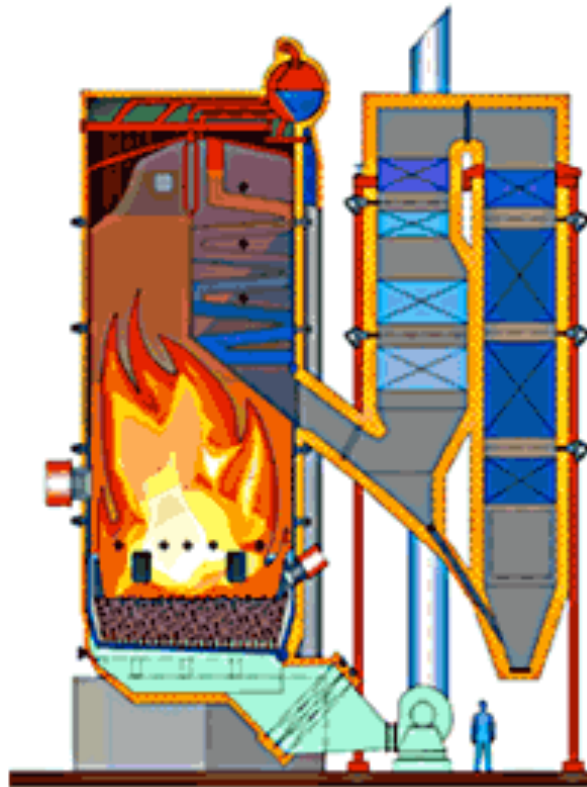
Polttoaineen ominaisuuksilla on suuri merkitys valittaessa kattilatyyppejä. Palakoolla määritetään kattilan pohjan/ arinarakenteen kokoa. Palakoossa suuri vaikuttava tekijä on palan käyttäytyminen poltettaessa. Kevyet palat saattavat lähteä leijaillemaan palamattomana kattilassa, kun taas suurien kappaleiden ongelmana on niiden osittainen palamattomuus. Polttoaineen reaktiopinta on kääntäen verrannollinen palakokoon. Tällöin pienempi palakoko nopeuttaa ja tehostaa palamista. Kosteus vaikuttaa suuresti poltettavan materiaalin lämpöarvoon ja suurilla kosteusheitoilla saattaa olla isoja vaikutuksia kattilaan syötettävän polttoaineen määrässä. Kun kosteus menee yli 60–62 %:n, alkaa olla tarvetta sekoittaa poltettavaan materiaaliin jotain parempilämpöarvoista polttoainetta. Polttoaineesta haihtuvien määrä vaikuttaa suoraan kattilaan kertyvän tuhkan määrään. Pieni vaihtuvien osuus merkitsee luonnollisesti suurta jäännöshiilen osuutta ja päinvastoin. Tätä kautta haihtuvien osuus vaikuttaa myös arinan pinta-alan ja erityisesti eri vaiheille varattavien pinta-alaosuuksien mitoittamiseen. Tuhkan sulamiskäyttäytymisellä on vaikutusta tulipesämuurauksien syöpymiseen ja sinne kertyvän kiinteän tuhkan määrään. Sulamislämpötilat ovat yleisesti yli 1000°C. Pedin lämmöt vaihtelevat riippuen polttotavasta 600–900 °C:eseen, joten tuhkan sulamislämpö on välillinen ongelma monissa kattiloissa. (Raiko, Kurki-Suonio, Saastamoinen & Hupa 1995, 393-425.)

4.1.1 LEIJUPETIKATTILA

Leijupoltosta on tullut eräs tärkeimmistä keinoista polttaa ympäristöystävällisesti kiinteitä polttoaineita. Leijutustekniikkaa on alettu hyödyntämään 1970-luvulla, ja Suomi on polttosovellusten kehittäjänä maailman johtavia maita. Leijupolto on hyvin sovellettavissa huonolaatuaisille polttoaineille, joiden poltto muilla menetelmillä on hankalaa. Leijupolton etuina saavutetaan halpa rikinpoisto sekä vähäiset palamisen päästöt. Polttoaineen nopeat ja suuret laatuvariaatiot ovat mahdollisia leijupoltossa. Suuretkin polttoaineen kosteudet ovat mahdollisia leijupetikattilalla poltettaessa. (Koskelainen, Saarela & Sipilä 2006, 289.) (Kuva 4.)

Leijupoltoa on kahta erilaista tyyppiä. Kupliva leijukerros (kerrosleiju) tai kiertoleijukerros (kiertoleiju) ovat leijupolton muodot. Leijukerroksen lämpötila leijupoltossa vaihtelee välillä 750–950 °C. Leijukerroksen ylälämpötilan määrää

palavan aineen tuhkan pehmenemislämpötila. Leijupoltolla saavutetaan tehoksi n. 3–6 MW/m², puhuttuna pedin pinta-alasta. Leijupedissä polttoilmasta noin puolet tuodaan leijutusarinan kautta ja loput puhalletaan yläpuoliseen jälkipalotilaan. Kuplivassa leijupedissa polton nopeus on luokkaa 1–3 m/s ja kiertoleijulla saavutetaan 8–10 m/s nopeus poltettavan materiaalin pienuuden vuoksi (halkaisija yleensä alle 0,5mm). (Raiko, Kurki-Suonio, Saastamoinen & Hupa 1995, 417.)



Kuva 4: Leijupetikattila (Putkimaa Oy).

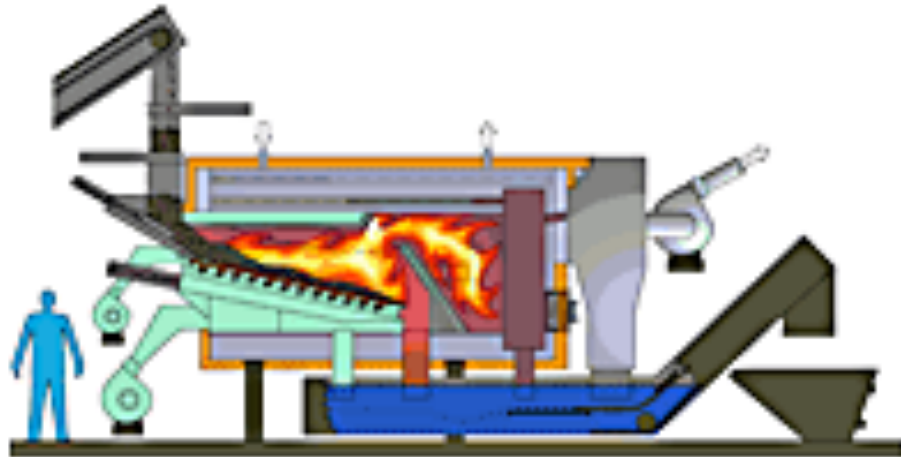
Leijupedin toiminnassa leijumistila saavutetaan puhaltamalla kaasua sopivalla nopeudella rakeisen materiaalikerroksen läpi. Leijutustekniikassa puhutaan partikkelin vapaasta putoamiskiihtyvyydestä (terminaalinopeus), millä määritetään maksimileijutusnopeus. Tämä taas vaihtelee poltettavan materiaalin mukaan. Leijutuksen alkaessa eli nopeudella u_{mf} leijukerros hiukkasten jatkuva kosketus toisiinsa häviää, jolloin hiukkaset alkavat liikkua toisiinsa nähden. Leijutusnopeuden kasvaessa leijukerroksessa alkaa esiintyä kaasukuplia, jotka nousevat ylöspäin.

Ominaista kuplivalle leijukerrokselle on selkeä leijukerroksen pinta. Leijutusnopeuden lähestyessä terminaalinopeutta leijukerroksen kuplat häviävät sekä kerroksen selkeä pinta ja kupliva leijutila muuttuvat turbulenttiseksi leijutilaksi. Tälle tilalle on ominaista merkittävä hiukcashävikki kerroksen pinnasta. Kaasun nopeutta nostettaessa yli leijukerroshiukkasten terminaalinopeuden alkaa yhä suurempi osa hiukkasista kulkeutua kaasun mukana ylöspäin virtauksessa. Virtaavan kiintoainemateriaalin säilyttämiseksi järjestelmään on reaktorin jälkeen sijoitettu kiintoaine-erotin, jonka avulla hiukkaset saadaan erotettua kaasusta ja palautettua takaisin reaktoriin. (Raiko, Kurki-Suonio, Saastamoinen & Hupa 1995, 418.)

4.1.2 ARINAKATTILA

Arinapolttokattila on ollut käytössä jo teollistumiskauden alusta lähtien. Arinarakenteiset voidaan jaotella useisiin ryhmiin alkaen pienistä omakotitalokattiloista aina suuriin yhdyskuntajätekatiloihin. Teholuokat vaihtelevat 15 kW:sta - 80 MW:in asti, omakotitalonkattilasta yhdyskuntajätekatilaan. Nykyisin leijupetipoltto on ohittanut arinapolton yli 5 MW:n laitoksissa, mutta pienemmissä teholuokissa arinapoltto on edelleen yleisin kattilatyypin kiinteiden polttoaineiden poltossa. Arinakattilarakenteet ja niiden koko määräytyy poltettavan materiaalin kosteudesta, palakoosta, haihtuvasta määrästä ja tuhkan sulamiskäyttäytymisestä. (Helynen, Hongisto, Hämäläinen, Korkiakoski, Kurkela, Kytö, Laurikko, Mattila, Mäkinen, Peltola, Rosenberg, Sipilä, Viinikainen & Vanttola 2004, 237–239) (Kuva 5.)

Polttoaineen palaminen perustuu samoihin polttomenetelmiin kuin muutkin kattilatyypit. Vaiheiksi jaettuna poltto tapahtuu kosteuden poistamisella, pyrolyysilla ja haihtuvien palamisella sekä jäännöshiilen palamisella. Kaikki vaiheet tapahtuvat yksittäisessä polttoainekappaleessa pääasiassa peräkkäin, mutta arinalla on samanaikaisesti eri palamisvaiheissa olevia kappaleita. Arinakattilalla poltetaan pääasiassa erilaisia biopolttoaineita, turvetta, hiiltä sekä jätepolttoaineita. Jätepolttoaineeksi lasketaan tehdas- ja yhdyskuntajätteet sekä lietteet. Arinakattilassa poltettavat materiaalit ovat yleisesti kosteudeltaan kuivempia kuin leijupedissä poltettavat materiaalit. (Raiko, Kurki-Suonio, Saastamoinen & Hupa 1995, 393.)



Kuva 5: Arinakattila (Putkimaa Oy).

Arinakattiloita on valmistettu monilla erilaisilla rakenteilla. Arinarakenteet voidaan jaotella viiteen päätyyppiin, jotka ovat:

- kiinteä tasoarina
- kiinteä viistoarina
- mekaaninen viistoarina
- ketjuarinat
- erikoisarinat, kuten jätteenpolttarina

Arinat ovat usein päätyyppien yhdistelmiä. Lisäksi arinat eroavat toisistaan arinamateriaalin jäähdytyksen osalta. Mekaanisissa arinaratkaisuissa käytetään hydraulisesti liikuteltavia arinarautoja, joilla saadaan aikaiseksi polttoaineen sekoittumista. Viistoarinoiden tarkoituksena on siirtää polttoainetta arinalla painovoiman avustuksella. Sen kaltevuus on yleensä 35–38°. Arinaraudan materiaali on tyypillisesti valurautaa, jonka lämmönkestävyyttä on voitu lisätä kromiseostuksella. Palamisilma syötetään yleisesti arinan alta (primääri-ilma) ja kattilan ylemmästä osasta (sekundaari-ilma). Sekundaari-ilmalla poltetaan palamiskelpoisia kaasuja, jotka ovat haihtuneet pedistä. (Raiko, Kurki-Suonio, Saastamoinen & Hupa 1995, 399–400.)

4.1.3 POLTINPOLTTO

Poltinpolttoa on käytetty jo 1900-luvun alkupuolella, ja 1950-luvun 100 MW:n laitoskoot ovat kasvaneet yli kymmenkertaisiksi tähän päivään mennessä. Poltinpoltto on mahdollistanut suuret laitoskoot, joissa voidaan tuottaa sähköä ja lämpöä yhteistuotannossa. Poltinpoltossa laitoskoot 50–100 MW ovat minimiyksikkökojoja, joilla ruvetaan pääsemään taloudelliseksi energiantuotannossa. Nykyisin leijupoltosta on saatu taloudellisempaa alle 500 MW:n laitoskokoluokissa. (Raiko, Kurki-Suonio, Saastamoinen & Hupa 1995, 382–383.)

Pölypoltto on poltinpoltton yleisin muoto suurissa voimalaitoksissa. Poltintyyppit jaotellaan kahteen pääryhmään, sekoituspolttimiin ja suihkupolttimiin. Suihkupolttimessa pölyseos sytytetään kuumilla savukaasuilla, jotka tulevat kiertovirtauksen ansiosta tulipesästä takaisin antaen tarvittavan energian. Sekoituspoltin toimii lähes samalla tavalla. Siinä sytytys toteutetaan drallisiipien avulla, jotka aiheuttavat primäärisuihkuun takaisinvirtausta. (Hellgren, Heikkinen & Suomalainen 1996, 61–62.)

Polttoaineena käytetään pääasiassa hiiltä, mutta myös turvetta ja jauhettua puuta on käytössä. Poltinpoltossa on kaksi erillistä polton toteutustapaa: sulapesäpoltto ja kuivapesäpoltto. Periaatteeltaan sulapesäpoltossa yritetään saada lämpötila niin korkeaksi, että tuhka voidaan poistaa sulana kattilasta. Kuivapesäpoltossa tuhka taas poistetaan kuivana lentotuhkana. Sulapesäpolttoa käytetään, kun polttoaineessa on vähän haihtuvia ainesosia ja korkea lämpöarvo. Kuivapesäpolttoa käytetään, kun haihtuvien aineiden määrä on yli 20 %. Poltinpoltossa käytettävän polttoaineen on oltava kosteudeltaan alle 60 %, ja lämpöarvon ollessa 5-7 MJ/kg tarvitaan jo tukipolttoainetta. Polttoaineiden tärkeitä ominaisuuksia ovat:

- energiasisältö
- haihtuvien määrä
- jauhautuvuus
- tuhkan sulamisominaisuudet

Jauhautuvuus käsitetään aineen ominaisuutena eli miten se jauhautuu vakio-olotilassa.

Kaikki nämä ominaisuudet ovat vaikuttavia tekijöitä tulipesän mitoituksessa. (Raiko, Kurki-Suonio, Saastamoinen & Hupa 1995, 383.)

Polttoaineen esikäsitteilyllä on eroja riippuen poltettavasta materiaalista. Kivihiili varastoidaan ulkona n. 10–50 mm palakoossa, josta se siirretään voimalaitoksen kuljettimille jatkokäsitteilyä varten. Hiili kulkee siilojen kautta hiilimylyyn, jossa se kuivataan ja jauhetaan. Hiilipölyn koko vaihtelee jauhustavasta riippuen < 75-150 µm:n ja joissain tapauksissa kappalekoko saattaa jäädä hieman suuremmaksi. Turvetta ja puuta käsiteltäessä prosessi muuttuu hieman, jolloin kuivatus toteutetaan kaasulla tai erillisessä savukaasukuivurissa. (Raiko, Kurki-Suonio, Saastamoinen & Hupa 1995, 383.)

Pölypoltossa päästöjen hallinnassa ei pystytä vaikuttamaan kuin NO_x – päästöihin. Niidenkin muodostumisessa suuri osuus on polttoaineen ominaisuuksilla, esim. hiilessä ja turpeessa on suuri typen osuus (0,5-3,5 %), mikä vaikuttaa kokonaispäästöissä merkittävästi NO_x arvoon. Polttimia on kehitetty erityisesti NO_x päästöjä silmällä pitäen. N₂O -päästöt pysyvät matalina, koska poltinpoltolla saadaan aikaan korkeat palamislämpötilat. (Raiko, Kurki-Suonio, Saastamoinen & Hupa 1995, 383.)

4.2 JÄRVIRUO´ON SOVELTUVUUS ERI KATTILOIHIN

Järviruo´on muutamat erilaiset polttamismuodot mahdollistavat sen soveltamisen erilaisiin kattilatyyppeihin. Koska ruokoa saadaan paalattua, ovat sen käyttömuodot laajentuneet. Ruokopaaleista saa valmistettua brikettejä sekä pellettiä pienempien kattiloiden tarpeisiin. Suuremmissa kattilarakenteissa lähes ainut mahdollisuus hyödyntää järviruokoa energiana on sen silputtu muoto. Jätteenpolttokattiloissa voidaan polttaa myös pitkää tavaraa. Tässä työssä perehdytään suuremmissa voimalaitoksissa oleviin kattilarakenteisiin. Silputun ruo´on pitää olla lyhyttä, sillä monissa voimalaitoksissa ongelmia saattaa muodostua kuljetinlaitteiston tai seulan kanssa. Ruoko, sitkeänä kasvina, on ongelmallinen kuljetinlaitteistoille, joissa on suppilonmallisia säiliöitä, ruuvikuljettimia ja verkko- tai kiekoseula, jossa on tiheä

kiekkojen väli. Suppilonmallisissa säiliöissä pitkäksi jäänyt ruoko saattaa ruveta holvaamaan (jää tyhjän päälle eikä painu oman painonsa avulla alas), ja näin polttoaineen syöttö saattaa vaarantua. Ruuvikuljettimissa ongelmaksi saattaa muodostua ruuvien etenemä, johon ruoko ei mahdu. Tällöin ruoko saattaa jäädä pyörimään kuljettimen ulkokehälle. Kiekkoseula erottelee kattilalle menevät kappaleet niin, että liian suuret kappaleet eivät päädy kattilaan asti vaan joutuvat uudelleen käsittelyyn.

Leijupetikattiloissa käytetään polttoainetta pienessä muodossa kappalekoon vaihdellessa purun (2mm) ja palaturpeen (jopa 300mm) välillä. Järviruoksoin soveltaminen leijupetikattilaan onnistuu, kun se on silputtua. Parhaiten järviruoksoin poltto onnistuu, kun sitä sekoitetaan muihin polttoaineisiin. Sekoitusta varten järviruokosilpun kappalekoon on oltava alle 50 mm. Pienenä kappaleena järviruoko on helppo sekoittaa esim. hakkeen joukkoon, jota kokeiltiin mm. koepolton yhteydessä Fortumin Paimion lämpölaitoksella. Leijupetikattilassa järviruoksoin polton (seosaineena) onnistuminen on hyvä. Leijupetikattilassa ongelmaksi saattaa muodostua kuivan järviruoksoin poltto. Kuivana järviruoko on hyvin kevyttä ja se saattaa erottua muusta polttoaineesta leijutuksen yhteydessä. Ongelmaksi voi muodostua järviruoksoin palaminen liian korkealla kattilassa. Ruoko saattaa lähteä leijumaan, mikä näkyy kattilan yläosan lämmön nousuna. Pahimmassa tapauksessa järviruoko palaa vielä, kun se menee sähkösuotimeen tai multisykloniin. Kyseisissä laitteissa lämpö ei saa olla liian suuri. Varsinkin sähkösuodin kärsii jos sinne joutuu palavaa materiaalia. Kosteana järviruoko painaa enemmän, joten leijupedin alla olevat puhaltimet eivät välttämättä jaksaa nostaa ruokoa erilleen muusta polttoaineesta. Märän tavaran poltossa muodostuu enemmän palamatonta materiaalia, jolloin laitteistolta vaaditaan enemmän tehoa. Märän materiaalin poltossa saattaa aiheutua ongelmia pedin lämmön pysymisessä tarpeeksi suurena. Liian matalalle tippunut pedin lämpö saattaa aiheuttaa pedin romahtamisen, mikä oli lähellä Paimion Lämpölaitoksella suoritettussa koepoltossa.

Arinapoltossa voidaan soveltaa hieman leijupetipoltoa suurempaa kappalekoko. Kappalekoko riippuu arinatyyppistä ja siitä mitä siinä poltetaan. Suurissa

arinakattiloissa voitaisiin polttaa järviruokoa jopa täysimittaisena. Jätteenpolttokattilat ovat tässä hyvä esimerkki, kattiloissa voidaan polttaa jopa nojatuolin kokoisia kappaleita. Järviruo´on polttoa kokeiltiin Kotka Energian arinakattilassa. Jätteenpolttokattiloissa voisi polttaa järviruokoa täysimittaisena. Muissa arinakattiloissa ongelmaksi muodostuu pienemmät rakenteet, jolloin kattilaan ei voida syöttää liian pitkiä kappaleita. Järviruoko on pieni kooltaan, kun puhutaan yksittäisestä korresta. Pieni koko auttaa arinakattiloissa kappaleen palamisessa loppuun asti. Suurissa kappaleissa jää osa palamatta, koska kappale on arinalla vain tietyn ajan ennen kuin kattilaan työnnetään uutta polttoainetta. Arinapoltoissa ei muodostu samanlaisia ongelmia kuin leijupedissä. Leijupedin suuret ilmanpuhallusnopeudet saattavat nostaa palavan järviruo´on irti muusta polttoaineesta, arinakattilassa palamisilman puhallusnopeudet ovat huomattavasti pienemmät kuin leijupedissä. Arinapoltoissa poltettava materiaali on pääsääntöisesti kuivempaa kuin leijupoltossa. Kuiva polttomateriaali mahdollistaa täydellisemmän palamisen arinalla. Kuiva järviruoko auttaisi muunkin polttoaineen palamista, koska sen palaminen alkaa jo kun muut polttoaineet vasta haihduttavat kosteuttaan.

Poltinpoltoissa järviruo´on käyttö aiheuttaa enemmän työtä esikäsitteilylle. Järviruoko pitäisi saada pieneksi silpuksi taikka poltettavan ruo´on pitäisi olla todella kuivaa. Luonnonmukaisia aineita poltetaan poltinpoltoilla vähän, ja niissä käytettävät aineet ovat valmiiksi soveltuvia poltinpoltoon. Turpeen tai hiilen sekaan voisi sekoittaa järviruokoa jos sen saa tarpeeksi pieneen muotoon ennen murskaimia. Hiilenpolttolaitoksessa on hiilelle murskain, jolla saadaan hiili pölyksi. Tällaiselle murskaimelle mennessä liian pitkä järviruoko saattaa jäädä pyörimään murskaimien ympärille johtuen ruo´on sitkeydestä. Turve on valmiiksi pölymäisessä muodossa, joten senkin sekaan laitettuna järviruo´on pitäisi olla pieninä palasina. Poltinpolto oli ensimmäisenä suunnitelmissa, kun mietittiin järviruo´on polttoa isoissa kattiloissa, tällöin paikkana olisi ollut Fortumin Naantalın hiilivoimalaitos. Koepolto Naantalissa kaatui poltettavan materiaalin vähyyteen.

5 KOEPOLTTO PAIMION LÄMPÖLAITOKSELLE

5.1 KOEPOLTTOPAIKAN ETSINTÄ

Koepolton suunnittelu alkoi sopivan paikan etsimisellä keväällä 2006. Järviruo'on polttoa oli jo kokeiltu Kotkassa, jossa sitä oli poltettu jätteenpolttokattilassa. Koepoltolle oli projektin alkaessa sovittu paikka, joka oli Naantalın hiilivoimalaitos. Fortum Naantalın voimalaitoksen käyttöpäällikkö Ari Anttilan kanssa käydyn keskustelun jälkeen päädyttiin tulokseen, ettei koepolton suorittaminen Naantalissa ole järkevää materiaalin vähyyden vuoksi. Käytössä olevan järviruo'on määrä olisi palanut Naantalın kattilassa vain hetken ja näin koepoltosta saatavat tulokset olisivat jääneet vähäisiksi. Seuraava ongelma Naantalissa olisi muodostunut järviruo'on palakoon suhteen. Naantalissa palakoon olisi pitänyt olla alle 40 mm ettei se olisi aiheuttanut ongelmia polttoaineen syöttöjärjestelmän murskaimissa. Tässä vaiheessa ei ollut vielä selvillä keinoa ruokokasan silppuamiselle. Syksyllä 2006 alettiin selvittämään muita koepolttopaikkoja. Turku Energian Orikedon kaukolämpölaitokselle saatiin lupa mennä suorittamaan koepoltto. Turku Energian laitostekoko (52 MW) on huomattavasti pienempi kuin Naantalın, mutta sielläkin polttoaineen tarve oli liian suuri käytettävään järviruo'omäärään nähden. Orikedolla järviruo'oa olisi onnistuttu polttamaan arviolta muutama tunti. Tämä aika ei olisi riittänyt havaintojen tekoon ja laitoksen päällikkö kertoi kattilassa olevan suuret muuraukset, jotka luovuttavat energiaa, vaikka polttoaineen energiataso laskisi huomattavasti. Palakoon olisi pitänyt olla Orikedollakin pieni (n. 50 mm) johtuen kuljettimista. Orikedolla tavara annostellaan kahmarin avulla syöttöruuveille, ja ruuvin kierreosan etenemä ei olisi sallinut liian pitkiä kappaleita. Liian pitkät järviruo'on palaset olisivat saattaneet aiheuttaa tukosta ruuvikuljettimen jälkeiselle verkkoseulalle. Orikedon käyttöpäällikkö antoi Fortumin Paimion lämpölaitoksen toimitusjohtajan numeron ja neuvoi ottamaan tähän yhteyttä koepolttojen osalta. Paimion laitoksen polttoaineen kulutus on n. 4 kertaa pienempi kuin Orikedolla. Paimion lämpölaitoksen toimitusjohtaja Vihervuori oli hieman epäluuloinen polton onnistumisen suhteen, mutta antoi luvan koepoltolle. Paimion laitoksessa alusta asti mukana olleet käyttömiehet uskoivat, että poltto saataisiin suoritettua jopa hyvin

korkeilla polttoaineen sekoitusprosentteilla. Laitoksessa oli kokeiltu käyttömiesten mukaan monia erilaisia polttoon kelpaavia aineita.

Alkujaan koepolttoon oli varattu n. 100 m³ järviruokoa, joka oli Askaisten Livonsaassa pellolle varastoituna. Poltettavaksi tarkoitettu järviruoko oli rakennuskäytöstä nippujen siistimisestä jäänyttä tavaraa. Materiaali oli irtokasana pellolla. Kun sitä lopulta mentiin muokkaamaan polttoon soveltuvaksi, oli kasa pienentynyt silmämääräisesti kolmasosaan siitä mitä se oli ollut alkusyksystä. Ruoko oli kerännyt ilmasta kosteutta ja siinä oli pienimuotoinen lumipeite päällä.

Paimion koepolton lisäksi suoritettiin Perniön lämpölaitoksella polttokoe huhtikuussa 2007. Perniön lämpölaitos on kolmanneksen Paimion laitoksen koosta, sen tehon ollessa 3 MW:a. Perniön kattila on myös rakenteeltaan erilainen. Perniön lämpölaitoksella on arinarakenteinen kattila.

5.2 FORTUM PAIMION LÄMPÖLAITOS OY

Paimion lämpölaitos tuottaa kaukolämpöä ympäristön rakennuksiin. Yksi suurimmista kaukolämmön käyttäjistä Paimiossa on sairaala. Paimion biokattila on lähtenyt toimintaan vuoden 2002 lopulla. Tätä ennen kaukolämpö tuotettiin öljykattiloiden avulla. Öljykattilat ovat vieläkin käytössä biokattilan rinnalla mikäli kaukolämmön kulutus kasvaa suureksi tai jos biokattilassa ilmenee jotain ongelmia. Paimion alueella kaukolämmön kulutus on kasvanut viime vuosina huomattavasti ja näin ollen tulee tarvetta suuremmalle teholle kaukolämpöjärjestelmässä. Laitoksen käyttömiesten mukaan Paimioon on puhuttu toista biokattilaa vanhan rinnalle, jotta päästäisiin öljykattiloiden käytöstä pois.

Paimion kattila on leijupetikattila, jonka nimellisteho on 9 MW:a. Lisäksi savukaasupesurista saadaan parhaimmillaan 2 MW:a lisätehoa kaukolämpöjärjestelmään. Laitoksessa on lisäksi 3 öljykattilaa, joiden tehot ovat: kattila 1 = 8 MW:a, kattila 2 = 8 MW:a ja kattila 3 = 4 MW:a. Paimion lämpölaitoksen pääpolttoaineena on puuhake, mutta laitoksella poltetaan lisäksi Paimiossa olevalta puutavarateollisuudelta tulevaa sahanpurua sekä välillä

palaturvetta. Öljykattilaa yritetään käyttää mahdollisimman vähän polttoaineen korkean hinnan ja savukaasuista aiheutuvien päästöjen vuoksi.

Paimion laitos koostuu useammasta kuljettimesta ennen kattilaa, ja kattilan jälkeen on sähkösuodin sekä savukaasupesuri. Laitoksen toiminta alkaa, kun rekka-auto tuo poltettavaa materiaalia punnituslaitteiston läpi ja kippaa tavaran polttoainevaraston edessä olevalle kentälle. Kentältä polttoaine siirretään pienellä kauhakuormaajalla polttoainevarastoon. Mikäli polttoaineita sekoitetaan keskenään se voidaan tehdä kauhakuormaajalla taikka polttoainevaraston 3:n linjan rinnakkaisella käytöllä. Polttoainevarasto on jaettu kolmelle linjalle. Näin mahdollistetaan eri polttoaineiden sijoittelu rinnakkain syöttölaitteille. Rinnakkain käyttöä tarvitaan, kun kattilaan päätyy huonoa polttoainetta. Tällöin saadaan otettua paremmin palavaa materiaalia toiselta linjalta. Kun jokin toinen linja otetaan käyttöön, kestää 20 minuuttia, että kyseinen polttoaine pääsee kattilaan asti. Tämä riittää usein korjaamaan huonosti palavaa seosta. Polttoainevarastossa hihnakuljettimet siirtävät polttoainetta lähemmäksi pyörivää ruuvikuljetinta. Ruuvikuljetin siirtää polttoaineen hihnakuljettimille, jotka johtavat polttoainevarastosta kattilalaitoksen puolelle. Kattilalaitoksen puolella hihnakuljetin päättyy niin, että polttoaine tippuu kiekoseulalle. Tästä suurimmat kappaleet ohjautuvat ulos lavalle, missä voidaan erotella mahdolliset polttoon kelpaamattomat ainekset pois. Ennen kiekoseulaa on suuri magneetti, jolla saadaan polttoaineesta metalliesineet pois.

Kiekoseulalta polttoaine tippuu suppiloon, jonka pohjalta ruuvikuljettimet vievät sen kattilaan johtavalle aukolle. Koko järjestelmä on automatisoitu siten, että se ohjaa itse itseään. Järjestelmässä on tunnistimia, jotka valvovat polttoaineen määrää erikohdissa. Mikäli jossain on vajetta niin kuljettimet lähtevät kuljettamaan polttoainetta eteenpäin. Häätapauksia varten järjestelmän saa otettua käsiajolle. Järjestelmän ongelma käyttömiesten mukaan on se, että kuljettimet on suunniteltu hakkeelle ja näin ollen pieniä vaikeuksia on esiintynyt muiden polttoaineiden kanssa. Ongelma saataisiin käyttömiesten mukaan ratkaistua useammalla kattilaan johtavalla kuljettimella. Näin saataisiin nopeasti muutettua polttoainetta mikäli poltossa esiintyy ongelmia. (Kuva 6.)



Kuva 6: Kiekkoseula toiminnassa.

5.3 KOEPOLTON JÄRJESTELYT

Koepoltolle saatiin sovittua sopiva päivä, jota jouduttiin lopulta siirtämään muutaman kerran kattilassa esiintyneiden ongelmien vuoksi. Järviruoko piti silputa ennen koepolttoa. Silppuamista oli kokeiltu aikaisemmin Halikon koepolttojen yhteydessä, joten nyt osattiin arvioida aika, jonka ruokokasan silppuaminen tarvitsee. Silppuaminen sovittiin suoritettavaksi perjantaina 10.11.2006 ja koepoltot piti suorittaa seuraavan viikon maanantaina. Silppuaminen toteutettiin samalla koneella kuin Halikossakin tutun urakoitsijan avustamana. Traktoriurakoitsija Väinö Sauhula toi koneensa Askaisten Livonsaareen perjantaiamulla. Järviruokoa syötettiin koneeseen kahden miehen voimin. Apulainen saatiin Turun ammattikorkeakoulun Paraisten toimipisteestä. Mies oli ollut järviruokoprojektissa mukana ja hänellä oli jäänyt hieman tunteja tekemättä. Työt päästiin aloittamaan melkein heti paikalle päästyämme. Koneurakoitsija Sauhula alkoi siirtämään ruokokasaa lähemmäksi silppuria toisella traktorilla. Traktorissa oli trukkipiikit, joilla sai hyvin siirrettyä jäistä

ruokokasaa. Työ olisi ollut todella paljon raskaampaa ellei ruokokasaa olisi saatu siirrettyä lähemmäksi silppuria. (Kuva 7.)



Kuva 7: Koneurakoitsija Sauhula siirtämässä ruokokasaa.

Järviruoko syötettiin koneeseen käsin työntämällä se murskaimen syöttöaukkoon. Syöttämisessä piti olla tarkkana ettei laittanut käsiään liian pitkälle laitteeseen. Koneen rullat olisivat saattaneet jäädä kiinni hanskaan taikka takin hihaan ja napata käden murskaimelle. Ruokoa syötettiin koneeseen vuorotellen siten, että toinen toimi tavaran syöttäjänä syöttöaukolla ja toinen nosteli ruokoa käsin tai talikolla syöttöaukon reunoille. (Kuva 8.)

Kostea ja jäinen järviruoko meni todella hyvin pieneksi silppurissa. Palakoko pysyi alle 50 mm:n, keskimääräisen palakoon ollessa 25 mm:ä. Nyt silppuamisessa ei esiintynyt samanlaisia ongelmia kuin Halikossa. Kostea ja jäinen ruoko ei mennyt kokonaisuudessaan murskaimen läpi, vaan meni kokonaisuudessaan todella hyvin silpuksi. Silppuamisessa ainoaksi ongelmaksi muodostui paikka, jossa järviruokokasa oli

varastoituna. Pellosta irtosi paljon jäisiä savikökkäreitä, jotka haittasivat silppuamista aiheuttamalla tukoksia syöttölaitteella. Koneurakoitsija Sauhulan mukaan jäiset savikökkäret aiheuttavat murskaimen terissä nopeampaa kulumista.



Kuva 8: Järviruokan syöttämistä silppurille.

Järviruokakasasta jätettiin pieni osa pellolle, koska siinä olisi tullut todella paljon savea mukana ennen kuin sen olisi saanut siirrettyä silppurille. Kun kasaa käytiin katsomassa ensimmäisen kerran, niin sen kokoarvio oli n. 30 m³. Järviruoko painui kasaan vielä lavalle joutuessaan. Siirtolava oli vuokrattu Kuljetusliike Gunn Oy:ltä, joka hoiti lavan Askaisista Paimion lämpölaitokselle. Lavalla silpun määrän arvioitiin olevan n. 15 m³ ja se oli painunut tiiviiksi lavan pohjalle. Samalla kertaa kokeiltiin silputa isännän omaa kuivaa ruokoa, jonka oli tarkoitus tulla hänen taloonsa lattian eristeeksi.

Lavan siirto Paimioon saatiin onnistumaan vielä samana iltana. Paimion lämpölaitoksen päivystäjän kanssa sovittiin, että tuleva kuorma saadaan vielä punnittua saman tien, kun se saapuu Paimioon. Auto toi lavan Paimioon perjantai-illalla, ja auto punnittiin sekä mennessä että tullessa. Näin saatiin arvio poltettavan

järviruo'on määrästä. Päivystäjä otti samalla kuormasta näytteen, joka laitettiin heti uuniin. Uunin avulla saadaan selvitettyä poltettavan materiaalin kosteus lämmittämällä materiaalia tietyssä lämpötilassa. Näyte punnitaan ennen uuniin laittamista ja heti sen jälkeen. Näin saadaan selville materiaalista haihtuneen kosteuden määrä. Punnitustuloksia vertailemalla saadaan laskettua kyseisen materiaalin kosteusprosentti. Järviruokokasa jätettiin kentälle, jossa säilytetään Paimion lämpölaitoksen muukin poltettava materiaali. Voimalaitoksen polttoaine on varastoituna ulkona ilman sadesuojaa. Ulkona polttoaineeseen tarttuva kosteus ei haittaa polttoa, sillä polttoprosessissa on sähkösuotimen jälkeen savukaasupesuri, jossa polttoaineen mukana tullut kosteus saadaan hyödynnettyä suoraan lämpönä kaukolämpöverkossa.

Koepoltto oli tarkoitus aloittaa maanantaina 13.11.2006. Kun pääsin laitokselle maanantaiaamuna, oli laitos alhaalla. Peti oli romahtanut viikonloppuna epätasaisen polttoaineen vuoksi ja näin ollen jouduimme siirtämään koepolttoa myöhemmäksi. Paimion laitoksella oli samainen ongelma useamminkin, joten koepoltto päästiin suorittamaan 2 viikkoa aiottua myöhemmin. Laitoksen epätasaisen käynnin syyksi käyttömiehet arvioivat polttoaineen tuoreuden. Polttoaine oli kosteudeltaan n. 50 %, mutta sen tuoreus aiheutti ongelmia. Liian tuoreessa polttoaineessa kosteus on syvällä materiaalissa, joten kattilalta vaaditaan enemmän tehoja, jotta poltettavasta materiaalista saadaan kosteus haihdutettua. Syvällä oleva kosteus aiheuttaa pedin lämmönlaskua ja näin ollen koko peti saattaa romahtaa.

5.4 KOEPOLTTO PAIMION LÄMPÖLAITOS OY:SSÄ

Koepoltto päästiin suorittamaan tiistaina 28.11.2006. Polttoaine oli saanut ulkona päälleen pienen lumipeitteen. Työ aloitettiin sekoittamalla järviruokoa hakkeen ja sahanpurun sekaan. Seoksen järviruokopitoisuus oli n. 30 %:a. Arvio oli käyttömiesten silmämääräinen arvio, perustuen heidän 4:n vuoden kokemukseensa kyseisessä laitoksessa. Järviruo'on kosteus oli suuri, sen ollessa 70 %:a. Hake-sahanpurosekoituksen kosteus oli 50 %:n luokkaa. Kun lasketaan materiaalien määrät

ja kosteudet yhteen, saadaan kattilaan menevän polttoaineseoksen kokonaiskosteudeksi n. 56 %:a. (Taulukko 2.) Järviruokoa oli päivystäjän arvion mukaan hieman yli 10 m³ ja se oli hyvin tiiviiksi pakkautunutta, mikä selittää kuorman painon, joka oli 2400 kg. Seos tehtiin syöttöasema nro 3:lle, joka otettiin käyttöön heti. Käyttömiehen arvio seoksen kattilaan pääsystä oli 15 minuuttia siitä, kun polttoaineseos rupesi ottamaan järviruokopitoista seosta kuljettimille. Todellinen aika oli lähemmäksi tuntia, koska asemalla oli muuta polttoainetta menossa kuljettimille.

Materiaali	Määrä m ³	Kosteus %
Järviruokosilppu	10	70
Hake - sahanpuruseos	20	50
Polttavaseos	30	56

Taulukko 2: Poltettavien materiaalien määrät ja kosteudet.

Polttoaineen menemistä kuljettimelle tarkkailtiin syöttöasemalta katsomalla milloin ruuvi alkoi siirtämään järviruokoseosta. Seoksen kattilalle menoa pääsi tarkkailemaan luukusta, mistä näki polttoaineen putoavan kattilaan. Järjestelmästä otettiin saatavat arvot ylös ennen kuin seoksen vaihtuminen tapahtui. Järjestelmän valvontaruudulta nähtiin:

- kattilan lämmöt
- savukaasunlämpö
- tulevan ja lähtevän veden lämmön
- kiertävän veden tilavuusvirran
- primääri – ja sekundääri – ilman tilavuusvirtaukset
- polttoaineen syöttöruuvien nopeuden (%)
- savukaasun happipitoisuuden (%)
- savukaasun takaisinkierrätys määrän
- kattilan alla olevan öljypolttimen lämmön ja paineen

Peruspolttoaineella, tässä tapauksessa hake-sahanpuru yhdistelmä, ajettaessa

valvomon tietokoneen näyttö ilmoitti bio-tehoksi 5,6 MW. Peruspolttoaineen teho otettiin heti, kun oli saatu syöttöasema lastattua polttoaineella, jossa oli järviruoko mukana. Kello oli tällöin 10:29. Kokonaisenergia laitoksessa käsittää kattilasta saatavan energian sekä kattilan savukaasuista, savukaasupesurilta saatavan tehon. Energia laskettuna kattilalle tulevan ja sieltä poistuvan veden mukaan:

$$\dot{Q} = \dot{m} \times C_p \times \Delta T$$

$$m = 199,5 m^3 / h$$

$$\rho = 998 \frac{kg}{m^3}$$

$$C_p = 4,19 kJ / kgK$$

$$T_1 = 115,6^\circ C$$

$$T_2 = 92,1^\circ C$$

$$\dot{Q} = \frac{199101 kg}{60 \text{ min} \cdot 60 s} \cdot 4,19 kJ / kgK \cdot (115,6 - 92,1)^\circ C$$

$$\dot{Q} = 5445,689 kJ / s \approx 5,45 MW$$

Tehoarvot poikkeavat hieman toisistaan (n. 2,5 %). Tämä ero tulee todennäköisesti lämpökeskuksen valvontajärjestelmään ohjelmoidusta kaavasta, jossa BIO-tehon laskemispisteet otetaan hieman eri kohdista saaduilla arvoilla.

Laitoksessa kuluu polttoainetta n. 150 m³, ulkolämpötilan ollessa hieman plussanpuolella. Tämän mukaan laskettuna polttoaineesta saatava teho:

$$\dot{Q} = m \cdot \rho \cdot C_p$$

$$m = 150 \text{ m}^3$$

$$C_p = 13 - 15 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}} (\text{hakkeelle})$$

$$\rho = 210 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} (\text{hakkeelle})$$

Tiheys (ρ) ja ominaislämpökapasiteetti (C_p) ovat keskimääräisiä arvoja hakkeelle.

Ominaislämpökapasiteetiksi valitsin $14 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}$, joka on keskimääräinen annetuista

arvoista ($13 - 15 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}$).

$$\dot{Q} = 150 \frac{\text{m}^3}{\text{vrk}} \cdot 210 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 14 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}$$

$$\dot{Q} = 441000 \frac{\text{MJ}}{\text{vrk}}$$

$$\dot{Q}_s = \frac{441000 \frac{\text{MJ}}{\text{vrk}}}{24 \text{ h} \cdot 60 \text{ min} \cdot 60 \text{ s}} = 5,10 \text{ MW}$$

Polttoaineesta saatava teho jää pienemmäksi kuin veteen siirtynyt teho. Pienempi teho polttoaineesta saadaan kasvatettua laitoksessa olevan savukaasupesurin avulla. Valvomon ruudulta katsottuna savukaasupesurin teho on 1,04 MW. Tämä nostaa laitoksen kokonaistehon suuremmaksi kuin polttoaineesta saatavalla energialla olisi mahdollista.

Kun oli kulunut n. 40 minuuttia järviruokoseoksen lastaamisesta syöttöasemalle, seosta alkoi tulla näkyviin kattilaan johtavalla tarkistusluukulla. (Kuva 9.) Koska syöttöasemalla oli ollut muunlaista seosta aikaisemmin, niin kattilaan meni vielä tässä vaiheessa epätasaista seosta. Ensimmäiset arvot järviruokoseoksen poltosta otettiin vasta 20 minuutin jälkeen siitä, kun seosta alkoi mennä kattilaan. Järviruokoseoksen mennessä kattilaan antoi valvomon näyttö BIO-tehoksi 5,4 MW, kello oli 11.26.

Savukaasupesurilla otettiin tällä hetkellä 0,96 MW tehoa. Energia laskettuna kattilalle tulevan ja sieltä poistuvan veden mukaan:

$$m = 199,8 \frac{m^3}{h}$$

$$T_1 = 114,8^\circ C$$

$$T_2 = 91,2^\circ C$$

$$\dot{Q} = \frac{199400kg}{60 \text{ min} \cdot 60s} \cdot 4,19kJ / kgK \cdot (114,8 - 91,2)^\circ C$$

$$\dot{Q} = 5477,09kJ / s \approx 5,48MW$$

Järviruokoseoksella laskettu teho oli suurempi kuin järjestelmän teho (n. 1,5 %).

Polttoaineesta saatava teho:

$$m = 150m^3$$

$$C_p = 13 - 15 \frac{MJ}{kg} \text{ (hakkeelle, järviruo'olle)}$$

$$\rho = 210 \frac{kg}{i - m^3} \text{ (hakkeelle)}$$

$$\rho = 33 \frac{kg}{i - m^3} \text{ (järviruo'olle)}$$

$$\dot{Q} = 150 \frac{m^3}{vrk} \cdot \left(0,7 \cdot 210 \frac{kg}{i - m^3} + 0,3 \cdot 33 \frac{kg}{i - m^3}\right) \cdot 14 \frac{MJ}{kg}$$

$$\dot{Q} = 329490 \frac{MJ}{vrk}$$

$$\dot{Q}_s = \frac{329490 \frac{MJ}{vrk}}{24h \cdot 60 \text{ min} \cdot 60s} = 3,81MW$$

Polttoaineen antama teho oli huomattavasti pienempi kuin pelkkää haketta poltettaessa. Kattilaan menevän polttoaineen määrää ei pystytä muuten arvioimaan kuin näytöllä olleesta syöttöruuvien nopeudesta, joka oli ilmoitettu prosentteina.

Pelkkää haketta poltettaessa mittauksen aikana ruuvit pyörivät 22 % teholla ja järviruokoseosta poltettaessa ruuvit pyörivät 20 % teholla. Tehoista voidaan päätellä kattilaan menneen vähemmän polttoainetta järviruokoseosta poltettaessa. Polttoaineen syöttö määräytyy kattilan tehon tarpeen mukaan, ja kattilaa säädetään kaukolämpöverkon tehon tarpeen mukaan.



Kuva 9: Kattilaan menevässä polttoaineessa rupeaa näkymään järviruo'on palasia.

Koepoltossa otettiin tuloksia ylös 15–20 minuutin välein. Näin saatiin polttokokeelle enemmän tuloksia, joita voidaan vertailla keskenään. Järviruo'on polton ja hakkeen polton vertailukelpoisuutta ei voida pitää luotettavana, koska poltossa alkoi ilmenemään ongelmia pedin lämpöjen kanssa. Alla taulukoituna tehot eri vaiheissa polttokoetta. (Taulukko 3.) (Liite 1 & 2.)

Polttoaine	klo	Teho (järjestelmä)	Teho (laskettu)
hake	10:29	5,6 MW	5,45 MW
hake	11:02	5,3 MW	5,12 MW
hake + järviruoko	11:26	5,4 MW	5,48 MW
hake + järviruoko	11:37	5,3 MW	5,10 MW
hake + järviruoko	11:55	5,7 MW	5,56 MW
hake + järviruoko + palaturve	12:13	5,0 MW	4,66 MW
hake + järviruoko + palaturve	12:21	5,2 MW	5,01 MW
hake + palaturve	12:35	2,8 MW	2,52 MW

Taulukko 3: Energiat, polton eri vaiheissa.

Kun järviruokoseosta oli poltettu n. 30 min (klo 12), havaittiin pedin lämpöjen laskevan ja tällöin sammutettiin 3. asema ja aloitettiin palaturpeenajo toiselta syöttöasemalta. Pedin lämmön laskun oletettiin johtuvan polttoaineen kosteudesta, ja pedin lämpöä yritettiin nostaa kuivan palaturpeen avulla. Kellon ollessa 12:10 laitettiin kattilan alla oleva öljypoltin päälle. Öljypoltin tarkoituksena on antaa lisätehoa pedille ja saada näin kosteutta haihtumaan nopeammin polttoaineesta. Myös polttoaineen syöttöä kattilalle ruvettiin ohjaamaan manuaalisesti tietokoneohjelman avulla, ja polttoaineen syöttö laskettiin 5 %:in. Sekundääri-ilman virtaus laskettiin alas ja lisättiin primääri-ilman virtausta, joka puhaltaa pedin alle. Kello 12:30 laitos oli mennyt alas ja jouduttiin käynnistämään öljykattilat tarvittavan tehon saamiseksi. Peti ei ollut kuitenkaan romahtanut vaan se kyti hiljaa. Koepolton voi todeta tässä vaiheessa päättyneeksi.

Kattila pysyi päällä kokoajan päivän aikana, ja peti ei romahtanut missään vaiheessa. Noin kello 15:00 laitos lähti toimimaan ilman öljypoltinta ja öljykattilat voitiin ajaa alas. BIO-kattilan tehojen laskuun ei ollut käyttömiesten mukaan yksittäistä syytä. Poltettavan järviruokoon suuri kosteus oli todennäköisesti osasyynä kattilan alasmenoon. Käyttömiehet epäilivät kattilan käytöksen johtuvan liian tuoreesta hakkeesta, jonka kosteus oli n. 50 %. Todennäköisin syy oli tuore hake ja liian kostea

järviruoko yhdistettyinä poltossa.

5.5 POLTON AIKANA HAVAITUT ONGELMAT

Polttokoetta suoritettaessa ongelmia olisi saattanut syntyä monissa eri vaiheissa ja voimalaitoksen komponenteissa. Pienemmässä kattilassa järviruokoa poltettaessa ongelmia tuli sen kulkemisessa polttoainevarastolta kattilalle. Siellä järviruoko oli silputtu kuivana ja kappalekoko vaihteli suuresti. Suurin ongelma aiheutui järviruokoon holvaantumisesta suppilonmallisessa säiliöissä.

Paimion lämpölaitoksella suoritettussa polttokokeessa ainoaksi ongelmaksi osoittautui kattilan alas meneminen. Kattilan pedin lämmöt alkoivat laskemaan puolen tunnin jälkeen siitä, kun järviruokoseos alkoi menemään kattilaan. Noin tunti polton aloittamisesta kattila oli mennyt alas, kuitenkin peti ei romahtanut. Kattila saatiin elvytettyä 2,5 tunnin työn päätteeksi, elvytyksen apuna käytettiin pedin alla olevaa öljypoltinta sekä manuaalisia säätötoimenpiteitä kattilan ajamisessa. Lopullista syytä pedin lämpöjen laskuun ei voida sanoa, sillä seoksessa ollut hake oli ilmeisesti tuoretta. Tuoreessa hakkeessa sen sisältämä kosteus on syvällä ja näin ollen kosteuden poistaminen poltettavasta materiaalista vaatii enemmän tehoa ja aikaa. Paimion lämpölaitoksen kattila oli ollut muutaman viikon aikana useamman kerran alhaalla, johtuen hakkeesta, joka oli tullut laitokselle samasta paikasta kuin koepolttopäivänä käytetty hake. Järviruokoon kosteudella oli omat vaikutuksensa, kosteuden ollessa 70 % olisi tavaran pitänyt antaa kuivua jossain ennen polttoa. Kuivumiselle ulkona oli vähäiset mahdollisuudet johtuen alkutalven sateisista keleistä. Paimion laitoksen käyttömiesten mukaan normaalisti pystytään polttamaan materiaalia, minkä kosteus on yli 50 %, kuitenkin alle 60 %.

Järviruokoon polttoprosessissa olisi voinut kuvitella olevan muita ongelmia kuin kattilan alas meneminen. Suurin tarkkailun alaisena ollut osio oli järviruokoon kulkeminen kuljetinlaitteistolla. Kuljetinlaitteistoilla ei kuitenkaan aiheutunut ongelmia. Kuljetinlaitteiston ongelmat vältettiin järviruokoon hyvällä sekoittamisella muuhun polttoaineeseen, ruokosilpun pienellä kappalekoolla, silpun kosteudella, joka lisää ruokoon painoa sekä kuljetinlaitteistolla, joka liikuttaa polttoainetta väkisin

eteenpäin linjastolla. Kuljetinlaitteistossa oli vain 1 kohta, jossa polttoaine liikkui omalla painollaan. Se oli kiekko-seulan alapuolella oleva säiliö, josta polttoaine siirtyi ruuvikuljettimilla kattilaan johtavalle syöttöaukolle. Tämä olisi ollut ainoa kohta, jossa järviruohon aiheuttamaa holvaantumista olisi saattanut esiintyä.

6 KOEPOLTTO PERNIÖN LÄMPÖLAITOKSELLE

6.1 PERNIÖN LÄMPÖLAITOS

Perniön lämpölaite on lähtenyt kunnolla toimintaan vuonna 2002. Laitoksella tuotetaan kaukolämpöä ympäristön kohteisiin. Laitoksen biokattila on teholtaan 3MW:a ja vara - / lisävoimana käytetään 4MW:n öljykattilaa. Laitoksen käyttömies Erkki Rinteen mukaan öljykattila on harvoin päällä, koska biokattilalla on saatu tuotettua talvellakin tarpeeksi energiaa. Kesällä kuumimpaan aikaan ei ole ollut järkevää ajaa biokattilaa, koska tehon tarve on ollut alhainen. Kesällä on ajettu öljykattilalla pienimpiä tehoja, koska biokattilan toiminta ei ole paras mahdollinen pienillä tehoilla ajettaessa.

Kaukolämpöasiakkaina on kunnan rakennuksia, Perniön keskustassa sijaitsevia taloyhtiöitä sekä muutama omakotitalo. Kaukolämpöasiakkaiden lisäämisen esteenä ovat kasvavat siirtoverkon pituudet. Kaikki tämän hetkiset asiakkaat ovat Perniön keskustan alueella, joten kaikki lämmitettävät rakennukset on saatu verkkoon yhden suuremman siirtojohtojohdon avulla. Asiakkaiden kaukolämmön käytön huipputehot ajoittuvat aamulle klo 8 – 9, arkiviikolla, viikonloppuisin käyttö on hieman pienempää johtuen julkisten rakennusten pienemmästä energiantarpeesta.

Perniön lämpölaitoksella polttoaineena käytetään pääasiassa puu- ja metsätähteenhaketta. Välillä on kokeiltu muitakin polttoaineita mm. palaturvetta ja sahanpurua. Polttoaine hankitaan laitoksen lähiympäristön kohteista. Järviruo'on polttokokeen suoritusta Perniön laitokselta oli kysely jo 2006, joten laitokselta sai helposti luvan koepolton suorittamiseen. Perniön laitoksella on tarkoituksena polttaa ruokohelpeä hakkeen seassa. Ruokohelpeä on viljeltynä melkein 30 hehtaaria 3:lla eri maatilalle Perniössä ja lämpölaite on sitoutunut ostamaan ruokohelven viljelijöiltä energiakäyttöön.

6.2 KOEPOLTON JÄRJESTELYT

Koepolton järjestelyt saatiin sovitettua hyvin nopealla tahdilla, koska laitoksella oltiin vastaanottavaisia koepolttoa ajatellen. Poltettava järviruoko saatiin Laukanlahdelta, lyhteen muodossa. Ruokokasa siirrettiin Salon kaupungin avustamana Perniön laitokselle perjantaina 13.4.2007, materiaalia oli noin $20m^3$. Koepoltolle sovittiin aloituspäiväksi seuraavan viikon torstai, jolloin paikalle saatiin pyöröpaalimurskain. Pyöröpaalimurskain saatiin paikalle Erkki Rinteen toimesta, joka halusi samalla testata laitokselle tuotujen ruokohelpipaalien murskausta. Murskaus aloitettiin torstaiamulla klo 8.30, murskaamalla ensin ruokohelpipaalit. Paalien murskaus kävi nopeasti, aikaa 9 paalin murskaamiseen meni noin 20 minuuttia. Järviruokoa murskatessa meni kauemmin, koska tavara oli lyhteen muodossa, jolloin sen lastaaminen kesti kauemmin. Silppuamistuloksesta voidaan sanoa paalitavaran menneen paremmin poltettavaan muotoon kuin lyhdetavaran. Järviruoko jäi kooltaan vaihtelevaksi, palakoon ollessa 20-600 mm, ruokohelpi jäi maksimipituudeltaan alle 100 mm:in. (Kuva 10.)



Kuva 10: Paalimurskain toiminnassa.

Murskaus tapahtuma saatiin vietyä kuitenkin hyvin läpi ja tämän pohjalta voidaan todeta paalimurskaimen toimineen hyvin. Järviruokoon osalta olisi ollut toivottavaa, että poltettava materiaali olisi ollut paalien muodossa, jolloin murskaus tulos olisi ollut parempi.

Murskauksen jälkeen poltettava järviruoko sekoitettiin lastausasemalle hakkeen sekaan. Järviruokoa oli arviolta 30 % tilavuudelta verrattuna hakkeeseen. Painoprosentti oli huomattavasti pienempi. Koepoltto oli tarkoitus aloittaa saman tien, mutta lastausasemalla oli jäljellä $10m^3$ haketta joten järviruokohakkeesta olisi ruvennut menemään kattilaan vasta myöhemmin illalla. Erkki Rinteen kanssa sovittiin koepolton alkavan vasta seuraavana aamuna.

6.3 KOEPOLTTO PERNIÖN HAKELÄMPÖ OY:SSÄ

Koepoltto aloitettiin perjantaiamulla 20.4.2007. Laitoksen hoitaja oli käynyt laittamassa ruokohakkeesta sisältävän lastausaseman päälle klo 6.00. Arvion mukaan kokeessa käytettävää seosta lähti palamaan kattilassa klo 7.00. Koepolton alkaessa valvomon näyttö antoi kattilan tehoksi 1.3 MW:a. Tässä vaiheessa siirtolinjaan lähti hieman yli 100 °C vesi, kysymyksessä oli lämpimänveden kulutuksen suhteen huippuaika. (Kuva 11.)



Kuva 11: Järviruokohakkeeseos tippumassa arinan alkupäähän.

Koepolton alkuun tarkkailtiin järviruokoa sisältävän seoksen kulkemista kuljetinlaitteistolla. Järjestelmässä oli 3 erilaista hihnakuuljetinta, jonka jälkeen polttoaine tippuu arinan alkupäähän. Kattilaan menevää seosta annosteltiin 2:n luukun avulla, jotka aukesivat kattilan polttoaineen tarpeen mukaan. Ainoa kohta, jossa polttoaine liikkui omalla painollaan oli juuri kattilan alkuosa, missä polttoaine päätyi arinarautojen päälle. Tämä kohta osoittautuikin ongelmalliseksi muutamaa otteeseen. Kattilan vesien lämpötilaa tarkkailtiin ja niiden pohjalta laskettiin seoksesta saatavaa lämpötehoa. Lisäksi kirjattiin ylös tietokoneen antama teho kattilalle. Alla on laskettuna tehoja mittauksen eri vaiheissa. (Taulukko 4.) (Liite 3 & 4.)

Polttoaine	klo	Teho (järjestelmä)	Teho (laskettu)
hake + järviruoko	8.30	1.2 MW	1.218 MW
hake + järviruoko	8.50	1.3 MW	1.299 MW
hake + järviruoko	9.10	1.3 MW	1.296 MW
hake + järviruoko	9.30	1.3 MW	1.267 MW
hake + järviruoko	9.50	1.4 MW	1.348 MW
hake + järviruoko	10.10	1.4 MW	1.423 MW
hake + järviruoko	10.30	1.4 MW	1.422 MW

Taulukko 4: Tehoja polton eri vaiheissa.

Klo 10.35 havaittiin kattilaan tulevan polttoaineen epätasaista paloa arinan alkupäässä. Epätasaisuus johtui järviruokohakeseoksen holvaantumisesta arinan syöttöpalkin takapuolella. Tukos havaittiin katsomalla kattilaan näkölasin kautta. (Kuva 12.) Takareunassa oli selvästi havaittavissa pidempi pätkä, missä ei esiintynyt paloa. Ensimmäisestä holvaantumistapauksesta selvittiin nostamalla syöttöpalkkia yhden pykälän ylöspäin, eli noin 5 cm. Lisäksi ensimmäistä arinarautaa liikuteltiin käsikäytöllä, että saatiin tukkeutunut kohta paremmin liikkeelle. Tämän jälkeen jatkettiin mittaustulosten kirjaamista. (Taulukko 5.)

Polttoaine	klo	Teho (järjestelmä)	Teho (laskettu)
hake + järviruoko	10.50	1.4 MW	1.376 MW
hake + järviruoko	11.05	1.3 MW	1.263 MW
hake + järviruoko	11.25	1.2 MW	1.163 MW
hake + järviruoko	11.40	1.3 MW	1.294 MW
hake + järviruoko	12.00	1.3 MW	1.284 MW
hake + järviruoko	12.20	1.3 MW	1.337 MW
hake + järviruoko	12.40	1.2 MW	1.230 MW

Taulukko 5: Tehoja polton eri vaiheissa.

Klo 12.40 havaittiin jälleen tukos arinan alkupäässä. Syöttöpalkkia nostettiin jälleen pykälän verran ylöspäin ja tukos aukesi. Mittaustulosten kirjaaminen jatkui. (Taulukko 6.)

Polttoaine	klo	Teho (järjestelmä)	Teho (laskettu)
hake + järviruoko	13.00	1.5 MW	1.507 MW
hake + järviruoko	14.00	1.4 MW	1.403 MW
hake + järviruoko	15.00	1.4 MW	1.383 MW
hake + järviruoko	15.30	1.3 MW	1.291 MW
hake + järviruoko + öljy	15.45	1.1 MW	1.126 MW

Taulukko 6: Tehoja polton eri vaiheissa.

Muutaman tunnin onnistuneen polton jälkeen biokattilan teho rupesi laskemaan ja öljykattila lähti päälle. Tämä on Erkki Rinteen mukaan normaalia toimintaa kattilalle, kun sitä ajetaan pienillä tehoilla. Öljykattila käynnistyy automaattisesti, kun menoveden lämpötila on pysynyt alhaalla riittävän kauan. Pienillä tehoilla ajaessa polttoaineen pitäisi olla todella hyvää, ja nyt seos aineena ollut puuhake oli saanut jonkin verran kosteutta pintaansa. Tämän jälkeen päädyttiin ratkaisuun, että laitetaan toinenkin syöttöasema päälle, ettei yön aikana tule turhia hälytyksiä

holvaantumisilmiön takia. Lisäksi syöttöpalkkia nostettiin vielä pykälän verran ylöspäin.



Kuva 12: Perniön arinakattila, kuvassa näkyy näkölasit 4 kpl.

Koepolttoa jatkettiin lauantaiamulla klo 9.00. Yön aikana ei ollut esiintynyt suurempia ongelmia. Vain kerran tehot olivat lähteneet laskemaan alaspäin. Tämä ongelma oli hoitunut lisäämällä pedin alle tulevan ilman määrää ja tämän säädön oli hoitanut laitoksen automaatiojärjestelmä. Ulkona ilma oli hieman pakkasen puolella, joten verkkoon syötettiin tehoa 1.5-1.7 MW. Lauantain seurannan aikana ei havaittu ongelmia. Kummatkin syöttöasemat olivat päällä, joten järviruokoa oli seoksessa noin 10 % seoksen koko tilavuudesta. Lauantaipäivällä öljykattila lähti käyntiin muutaman kerran. Mittaustuloksia ei kirjattu, koska oli jo saatu selville polton onnistumiseen vaikuttavat seikat. Erkki Rinne kertoi odottaneensa enemmän ongelmia, koska poltettava järviruoko jäi silppuamisen jäljiltä turhan pitkäksi. Pienemmässä muodossa järviruokosilppu ei Rinteen mukaan olisi aiheuttanut mitään ongelmia, sillä kattilaan päästessään järviruoko paloi nopeasti.

6.4 KOEPOLTTON AIKANA HAVAITUT ONGELMAT

Ongelmat muodostuivat siellä missä niitä osattiin odottaakin. Kattilan alkupäässä oli aukko, josta polttoaineen pitää kulkea omalla painollaan eteenpäin. Tämä aukko osoittautui ongelmaksi useampaankin otteeseen, koska poltettava seos holvaantui syöttöaukolla. Tämä ongelma olisi saatu ratkaistua pienemmällä järviruokosilpulla, mikä olisi mahtunut paremmin kulkemaan arinan alkupäähän. Missään vaiheessa ei kuitenkaan jouduttu tilanteeseen, jossa tukoskohta olisi ruvennut palamaan. Palo arinan ulkopuolella olisi aiheuttanut hälytyksen laitoksella ja polttoaineen syöttö olisi katkennut kokonaan.

Poltettava järviruoko oltaisiin saatu pienempään muotoon mikäli se olisi ollut paalattuna taikka olisi käytetty erilaista murskainkonetta. Pyöröpaalimurskain oli saatavissa nopealla aikataululla ja sellaista ei ollut aikaisemmin järviruokoprojektin puitteissa testattu. Samalla päästiin näkemään, että kyseinen murskain toimii nopeasti ja hyvin paalien kanssa. Kuitenkin havaittiin holvaantumisongelma isommassa laitoksessa. Aiemmin holvaantumishavaintoja tuli Halikon, maatilakattilassa suoritettujen, koepolttojen yhteydessä.

Muita ongelmia ei ilmennyt Perniössä suoritettujen koepolttojen yhteydessä. Pienillä kattilallaan kohdistuneilla säädöillä saatiin pidempikin järviruoko palamaan. Mikäli polttoa ajattelisi pidempi aikaiseksi, pitäisi kattilassa suorittaa Erkki Rinteen mukaan pieniä säätötoimenpiteitä mm. kattilan puhallusilmojen kanssa. Kattilan syöttöpalkin väliä säädellään tehon tarpeiden mukaan, talvella sen ollessa täysin auki. Talvella laitos käy välillä ylitehoilla, joten kyseisellä laitteistolla ei voitaisi polttaa järviruokoa talvella. Järviruokoon tiheys on liian pieni, joten siitä saatavaa energiaa varten pitäisi järviruokopitoista seosta syöttää kattilaan suurempia määriä.

7 JÄRVIRUOON POLTTAMINEN VOIMALAITOS- KATTILOISSA

7.1 LAITTEISTOVAATIMUKSET

Järviruoko energiakäytössä on ideana mielenkiintoinen johtuen sen suuresta määrästä rannikoillamme. Mielenkiintoa lisää sen nopea uusiutuminen ja sen poistamisesta aiheutuva hyöty vesistöille. Järviruoko sitkeänä kasvina aiheuttaa omat ongelmansa, kun sitä pitäisi muokata poltettavaan muotoon. Lisäksi sitkeys aiheuttaa ongelmia ahtaissa paikoissa, jossa järviruoko voi muodostaa itsessään tulpan muulle polttoaineelle. Tietyissä tapauksissa järviruokoa voitaisiin polttaa sellaisenaan käsittelemättä, suoraan rannalta polttopaikalle kuljetettuna. Monissa potentiaalisissa polttopaikoissa pitäisi järviruon olla tietyssä muodossa.

Kuljetinlaitteistot voimalaitoksissa suunnitellaan aina laitospohjaisesti riippuen mitä materiaalia kyseisessä laitoksessa aiotaan polttaa. Kuljetinlaitteistoissa on eroja niin laitteistojen kuin eri komponenttien määrässäkin. Laitoksen layout määrittelee kuljetinlaitteiston sijoittelun. Kuljetinlaitteistoja on rakennettu monilla eri tavoilla. Jotkin laitteistot sisältävät vain muutaman erilaisen kuljettimen, kun taas toisissa laitoksissa saattaa olla jopa 10 perättäistä komponenttia ennen kuin polttoaine päätyy kattilaan asti. Jotkin voimalaitokset on rakennettu muiden laitosten yhteyteen, esim. sahojen, paperitehtaiden ja teollisuuden tarpeita ajatellen. Näissä ratkaisuihin puhutaan usein monimutkaisista laitteistoratkaisuista, koska ne on usein rakennettu jälkikäteen sinne missä on ollut tilaa. Uudet voimalaitokset on yleisesti suunniteltu siten, että kuljetinlaitteistotkin saadaan mahdollisimman yksinkertaisiksi ja näin minimoidaan ongelmia aiheuttavien komponenttien määrää.

Järviruon polttoa ajatellen nykyisiä kuljetinlaitteistoratkaisuja voidaan hyväksikäyttää, mutta se asettaa järviruon esikäsittelylle vaatimuksia. Kunhan järviruoko on tarpeeksi pienessä muodossa, se soveltuu lähes minkälaiselle kuljetinlaitteelle tahansa. Lähdetään liikkeelle järviruon lastaamisesta

voimalaitoksen ensimmäiselle kuljettimelle. Monien voimalaitosten polttoaineen tuonti on suunniteltu siten, että auto voisi suoraan kipata polttoaineen syöttöasemalle. Mikäli näin ei ole, on polttoaine mahdollista siirtää syöttöasemalle kauhakuormaajan avulla. Syöttöasemalle päästyään polttoaine lähtee liikkumaan laitoksen laitteistojen mukana. Tähän tarkoitukseen voisi soveltaa monen voimalaitoksen syöttöasemalle olevaa hihnakuuljetinta. Hihnakuuljettimet ovat suoraan soveltuvia järviruo'on kuljettajiksi, kunhan hihnassa on riittävän korkeat pykälät, jotka siirtävät ruokoa eteenpäin. Matalilla pykälillä ongelmia saattaisi muodostua järviruo'on sitkeydestä aiheutuvan holvaantumisen muodossa. Tällöin liian korkea ruokokasa syöttöasemalla ei siirtyisi vaan hihnakuuljetin kaapisi alta polttoainetta ja ylempänä oleva polttoaine jäisi paikoilleen. Polttoaineen syöttöaseman mallina voisi myös käyttää Orikedon lämpölaitoksella olevaa kahmarisysteemiä, missä suuri koura tarttuu polttoaineeseen. Orikedolla polttoaine kipataan säiliöön mistä kahmari käy siirtämässä polttoaineen välivarastoon, josta se siirtyy ruuvikuuljettimilla eteenpäin. Kahmarisysteemi toimisi niin silputun kuin silppuamattomankin järviruo'on kanssa. Syöttöasemalta polttoaineen siirtoon toisille hihnakuuljettimille järviruo'koa poltettaessa pitäisi käyttää repijää, joka ottaa polttoainekasasta vähän kerrallaan. Repijällä välttyttäisiin liian suurista kasoista seuraavalla kuljettimella. (Kuva 13.)



Kuva 13: Repijä siirtämässä polttoainetta.

Kuljetinlaitteiston koko määräytyy laitoksen koosta. Jo muutamalla kuljettimella voitaisiin päästä viemään polttoaine kattilan läheisyyteen. Ennen kattilalle menoa polttoaineen pitäisi mennä seulan läpi, että päästäisiin eroon ylimääräisistä materiaaleista, joita polttoaineen seassa saattaa olla. Järviruokoa poltettaessa verkkoseulan käyttö ei onnistu, koska ruoko voi tukkia seulan mikäli poltettavaan materiaaliin on jäänyt pidempiä korren palasia. Kiekkoseula on soveltuva järviruokoa poltettaessa, sillä siinä liian pitkät kappaleet ohjautuvat suoraan pois polttoprosessista, tukkimatta järjestelmää. Kiekkoseulan alla olevasta säiliöstä polttoaine voisi siirtyä hihnakuljettimen avustuksella kattilan syöttöaukolle taikka tässä pisteessä voisi jo soveltaa ruuvikuljetinta, koska liian pitkät järviruokoon pätkät on jo eroteltu muusta polttoaineesta. Kattilan syöttöaukolla kuljettimet voisivat olla ylempänä niin, että polttoaine tipahtaisi kattilaan.

Kattilarakenteissa on eroja, joten järviruokoa ei voi suositella tietyille rakennemallille. Eri tyypin kattiloihin voi soveltaa ruokoa poltettavaksi eri muodoissa. Leijupetikattilassa järviruokoon tulisi olla pientä silppua. Leijupetikattilassa liian pieni kappalekoko ja kuiva materiaali saattaisi aiheuttaa sen, että järviruokokappaleet lähtisivät leijaillemaan, leijutusnopeuden ollessa liian suuri. Tämä aiheuttaisi ongelmia kattilan pedin lämpöjen osalta, koska materiaali palaisi ylempänä kattilassa. Mikäli puhallusnopeus olisi suuri, voisi järviruokosilppu palaa vasta kattilan yläosassa ja mahdollisesti poistua kattilasta liian kuumana, aiheuttaen ongelmia esim. sähkösuotimessa. Arinakattilassa järviruokoon kappalekoko ei olisi niin merkittävä johtuen siitä, että arinakattiloiden rakenteet on yleensä suunniteltu isompien kappaleiden polttoon. Tästä esimerkkinä voisi pitää jätteenpolttokattiloita. Arinakattilassa puhallusnopeudet ovat huomattavasti pienempiä kuin leijupedissä. Tästä johtuen on hyvin pieni todennäköisyys sille, että pienemmät järviruokoon kappaleet lähtisivät leijaillemaan kattilassa. Poltinpolttoon järviruokomateriaalin pitäisi olla todella pieneksi silputtua. Poltinpoltto on epätodennäköisin muoto järviruokoon poltolle, koska se vaatisi esikäsittelyä enemmän kuin muut polttomuodot.

7.2 POTENTIAALISET POLTTOPAIKAT JA –MUODOT

Järviruon poltolle olisi Turunkin alueella monia sopivia paikkoja. Lähes kaikki alueella olevat leijupetikattilat polttavat haketta tai turvetta. Näiden paikkojen polttoaineissa voitaisiin käyttää järviruokoa seosaineena. Ainoaksi ongelmaksi saattaisi muodostua laitostenhoitajien ennakkoluulot kyseiselle materiaalille. Ennakkoluuloja syntyy, koska järviruokoa ei ole poltettu isommissa laitoksissa suuria määriä ja näin ollen sen poltolle ei ole olemassa vaadittua toimintavarmuutta. Hyvät polttokokemukset jo yhdestä paikasta saattaisivat avata useampia mahdollisuuksia järviruon poltolle. Polttomuotona leijupetikattiloissa olisi silputtu järviruoko. Leijupetikattilaan niin kuin muihinkin kattila tyyppeihin voitaisiin soveltaa pelletöityä järviruokoa. Pelletti polttoainetta on käytössä suuremmissa laitoksissa. Orikedon lämpölaitoksella oltiin vastaanottavaisia kokeilemaan järviruon polttoa, mutta polttokoetta ei suoritettu siellä polttomateriaalin vähyden takia. Orikedolla olisi myös ollut vaatimuksia poltettavan materiaalin kappalekoon suhteen, kappalekoko olisi saanut olla enintään 50 mm.

Turun jätteenpolttolaitos soveltuisi suoraan järviruon poltolle, koska siellä poltetaan yhdyskuntajätettä. Jätteen seassa järviruoko palaisi melkein missä muodossa tahansa, eikä olisi ongelmia palakoon suhteen. Arinakattilassa poltetaan yleisesti kuivempaa materiaalia kuin leijupedissä, joten järviruoko pitäisi polttaa pian sen keräämisen jälkeen taikka varastoida johonkin missä se olisi sateelta suojassa. Suurta arinakattilaa on käytetty järviruon poltossa Kotka Energian laitoksella. Kotkasta tuloksena oli saatu se, että järviruoko oli palanut hyvin. Perniön koepolton yhteydessä todettiin järviruon soveltuvan hyvin arinakattilaan, kunhan vaan materiaali saadaan polttokelpoiseen muotoon.

Poltinpolttoa ajatellessa Naantalın hiilivoimalaitos nousisi esille. Naantalissa oltiin vastaanottavaisia järviruon koepolton yhteydessä, mutta laitoksen koko oli liian suuri poltettavalle järviruolle. Naantalın laitokselle järviruoko soveltuisi poltettavaksi silppuna. Suurempien järviruokoerien polttaminen tämän kokoluokan laitoksessa olisi hyvä asia laitoksen kannalta. Laitokselta saataisiin energiaa

muutenkin kuin hiilen avulla.

7.3 JÄRVIRUOON POLTON KUSTANNUKSET

Järviruo'on poltosta syntyvät kokonaiskustannukset koostuvat sen esikäsittelystä sekä kuljetuksesta voimalaitokselle. Esikäsittely käsittää järviruo'on keräämisen esim. jään päältä. Suoraan voidaan sanoa järviruo'on hinnan muodostuvan korkeaksi, kun ajatellaan sen energiakäyttöä. Puuhakkeen hinta vaihtelee 12 – 16 €/MWh, ja tämä on tuotetun MWh:in hinta eli siitä pitäisi laskea pois kattilan antama hyötysuhde. Tähän hintaan on lähes mahdotonta päästä lähitulevaisuudessa. Järviruo'osta saatavan energian hintaan vaikuttavat korkeat keräämiskustannukset, tämän hetkiset jatkokäsittelyn ongelmat ja kuljetuskustannukset. Järviruo'on keräämiseen vaikuttavat laitteistot, joita on olemassa sekä talven muodostuminen Etelä-Suomessa. Tämän hetken keräämislaitteet ovat suunniteltu rakennuskäyttöä silmällä pitäen, joten keräämisnopeus on hidas energiakäyttöä ajatellen. Mikäli järviruoko pelletöitäisiin, tulisi sen kuljetuskustannukset suhteessa halvemmaksi koska sen tiheys kasvaa. Lisäksi etelässä ongelmia aiheuttaa lyhyt talviaika, jolloin pääsisi keräämään ruokoa jään päältä.

Mikäli keräämis- ja kuljetusprosessit saataisiin automatisoiduimmiksi valmiilla kokonaisratkaisuilla, saataisiin kustannuksia tulemaan reilustikin alaspäin. Lisäksi järviruo'on keräämisen muita vaikutuksia pitäisi huomioida, kun ajatellaan kustannuksia. Ympäristönsuojelu kalakantoineen ja rehevöityneiden ruovikoiden osalta on merkittävässä asemassa järviruokoa kerätessä. Tämän perusteella voitaisiin sanoa, että järviruo'on keräämiselle pitäisi myöntää jonkin näköistä tukea, koska sen vaikutukset ovat monimuotoisia ja vaikuttavat rannikoidemme tulevaisuuteen.

8 YHTEENVETO

Tutkimuksena järviruo'on poltto voimalaitoskokoluokan kattiloissa oli mielenkiintoinen johtuen aiheesta, mikä saattaa auttaa luontoamme ja samalla tuoda uusia näkökantoja energian tuottamiseen. Järviruo'olla tehdyt polttokokeet eivät menneet niin kuin aluksi oltiin suunniteltu, mutta saatiin kuitenkin tuloksia järviruo'on polttamisesta.

Kattilan alas meno Paimiossa oli iso juttu, mutta syytä ei voi laittaa pelkästään järviruo'on poltolle. Kokemuksena koepoltosta voidaan sanoa, että oletettuja ongelmia ei tullut. Aluksi uskoin suurimpien ongelmien aiheutuvan voimalaitoksen kuljetinlaitteiden kanssa. Kuljetinlaitteistot pelasivat Paimiossa sekä Perniössä hyvin eikä poltettava materiaali aiheuttanut ongelmia kuin pienissä osa-alueissa prosessia. Paimiossa ongelmaksi muodostui poltettavan materiaalin suuri kosteus. Perniön laitoksella pitkäksi jäänyt järviruoko aiheutti holvaantumisongelmaa kattilaan mennessään. Koepoltosta olisi ollut mukava saada muitakin tuloksia kuin mitä oli havainnoitu. Tuhkamäärät ja savukaasujen koostumus olisivat olleet mielenkiintoista tietoa työn pohdintaa ajatellen. Tällaisten asioiden havainnointia varten olisi pitänyt olla paljon enemmän poltettavaa materiaalia sekä erilaisia ulkoisia mittalaitteita.

Järviruo'on polton soveltuminen voimalaitoskokoluokan kattiloihin näyttää mahdolliselta. Erilaiset kattilarakenteet vaativat erimuodoissa poltettavaa järviruokoa. Suomesta löytyy lukuisia erilaisia kattilarakenteita, joissa järviruokoa voitaisiin polttaa vaikka suoraan rannalta kerättynä muun polttoaineen joukossa. Jos järviruokoa alettaisiin polttomaan yhdessä laitoksessa ja poltto olisi onnistunut pidemmällä aikavälillä, voisi se avata uusia polttopaikkoja alueilla, missä järviruokoa olisi helposti saatavissa. Pienillä modifikaatioilla saataisiin nykyisistä kattilarakenteista muokattua sellaisia, että niissä voisi polttaa pelkästään järviruokoa. Kunhan materiaalin muoto on oikea, on sen käyttömahdollisuudet energian tuottamisessa täynnä kehityskelpoisia ideoita.

Tällä hetkellä puhutaan energiateollisuudessa polttoainemateriaalin hupenemisesta, ja mietitään paljonko puuta voidaan polttaa ilman sen aiheuttamaa materiaalivajetta muussa puuhun perustuvassa teollisuudessa. On hienoa, että yritetään kehittää perinteisten biopolttoaineiden rinnalle uusia mahdollisuuksia. Ruokohelpi on jo viljelty kasvi, jota hyödynnetään energianlähteenä, voisiko sama tapahtua järviruokolle? Järviruokoa kasvaa rannikoillamme suuret määrät ja se on nopeasti uusiutuva kasvi. Rannikoillamme on siis paljon käyttämätöntä energiaa, mikä kannattaisi hyödyntää. Näin toivottavasti tapahtuu tulevaisuudessa, kunhan järviruoko saadaan hinnaltaan vertailukelpoiseksi muihin polttoaineisiin nähden. Nykyisillä esikäsittelylaitteilla hintaa ei saada kovin alas. Kun laitteista saadaan kehitettyä paremmin järviruokoon käsittelyyn sopivia, luulisi järviruokosta saatavan energian hinnankin tulevan alaspäin. Suurilta järviruokoalueilla saataisiin todennäköisesti tuotettua energiaa suhteellisen halvalla. Mikäli järviruokoon poltolla saavutettaisiin ympäristöhaittojen vähenemistä, tulisi sen poltto kannattavaksi jo yhteiskunnallisestikin.

9 LÄHTEET

Kirjallisuus

Hellgren, M., Heikkinen, L. & Suomalainen, L. 1996. Energia ja ympäristö. Helsinki: Opetushallitus.

Helynen, S., Hongisto, M., Hämäläinen, J., Korhikoski, M., Kurkela, E., Kytö, M., Laurikko, J., Mattila, L., Mäkinen, T., Peltola, E., Rosenberg, R., Sipilä, K., Viinikainen, S. & Vanttola, T. 2004. Energian käytön ja tuotannon teknologiset näkymät, 211–312. Teoksessa Kara, M., Helynen, S., Mattila, L., Viinikainen, S., Ohlström, M. & Lahnalampi, M. Energia Suomessa. Tekniikka, talous ja ympäristövaikutukset. Helsinki: Edita Prima Oy.

Isotalo, I., Kauppi, P., Ojanen, T., Puttonen, P. & Toivonen, H. 1981. Järviruoko energiakasvina. Tuotosarvio, tekniset mahdollisuudet ja ympäristönsuojelu. Helsinki: Vesihallitus.

Koskelainen, L., Saarela, R. & Sipilä, K. 2006. Kaukolämmön käsikirja. Helsinki: Energiateollisuus ry.

Raiko, R., Kurki-Suonio, I., Saastamoinen, J. & Hupa, M. 1995. Poltto ja palaminen. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Vymazal, J. & Kropfelová, L. 2005. Growth of Phragmites australis and Phalaris arundinacea in constructed wetlands for wastewater treatment in the Czech Republic. Ecological engineering 25, 606–621.

Elektroniset lähteet

Lounais-Suomen ympäristökeskus 2006. Ruo'on korjuu. [05.02.2007]
Saataavissa: www.ruoko.fi > Korjuu

Lounais-Suomen ympäristökeskus 2006. Järviruoko – energiakasvi?. [05.02.2007]
Saataavissa: www.ruoko.fi > Järviruoko

Lounais-Suomen ympäristökeskus 2006. Ruovikoiden vaikutukset vesistöihin. [05.02.2007] Saataavissa: www.ruoko.fi > Vesien suojelu

Putkimaa Oy 1999. Arinakattilat. Saataavissa: www.putkimaa.fi > Biopolttoainelaitokset > Arinakattila

Putkimaa Oy 1999. Leijupetikattilat. Saataavissa: www.putkimaa.fi > Biopolttoainelaitokset > Leijupetikattila

Klo	T meno °C	T paluu °C	Tilavuusvirta m ³ /h
10:29	92,1	115,6	199,5
11:02	92,7	114,7	200,4
11:26	91,2	114,8	199,8
11:37	93,6	115,5	200,6
11:55	90,7	114,6	200,2
12:13	82,5	102,5	200,4
12:21	68,4	89,9	200,7
12:34	63	73,8	200,9

Klo	T meno °C	T paluu °C	Tilavuusvirta m ³ /h
8:30	100,7	58,9	25,1
8:50	101,5	57,1	25,2
9:10	96,1	55,2	27,3
9:30	97,0	56,6	27,0
9:50	97,9	56,0	27,7
10:10	98,3	55,6	28,7
10:30	92,4	57,9	35,5
10:50	88,8	59,9	41,0
11:05	87,5	60,9	40,9
11:25	88,3	61,8	37,8
11:40	91,0	62,5	39,1
12:00	91,9	62,8	38,0
12:20	90,3	62,0	40,7
12:40	88,1	62,2	40,9
13:00	94,2	63,3	42,0
14:00	88,2	59,5	42,1
15:00	87,4	59,0	41,5
15:30	86,9	60,5	42,1
15:45	83,3	60,7	42,9

