

Lappeenrannan teknillinen yliopisto

School of Energy Systems

Energiatekniikan koulutusohjelma

BH10A0200 Energiatekniikan kandidaatintyö ja seminaari

Pyrolyysiöljyn käyttökohteet ja
-teknologiat Suomessa

Työn tarkastaja: Professori Tapio Ranta

Työn ohjaaja: Professori Tapio Ranta

Lappeenranta 2.5.2016

Tommi Siponen

TIIVISTELMÄ

Tommi Siponen

Pyrolyysiöljyn käyttökohteet ja -teknologiat Suomessa

School of Energy Systems

Energiatekniikan koulutusohjelma

Kandidaatintyö 2016

33 sivua, 3 kuvaa, 1 taulukko, 1 liite

Hakusanat: pyrolyysiöljy, bioöljy, käyttökohteet

Tässä kandidaatintyössä käsitellään pyrolyysiöljyn käyttökohteita Suomessa. Tarkoitus on luoda katsaus suomalaisen pyrolyysiöljyn ominaisuuksista, käytöstä sekä näihin liittyvistä haasteista. Työssä tarkastellaan myös pyrolyysiöljyn tutkittuja käyttömuotoja ja -tekniikoita. Lisäksi selvitetään missä ja miten pyrolyysiöljyä Suomessa tällä hetkellä käytetään.

Pyrolyysiöljyä valmistetaan kaasuttamalla ja sen jälkeen lauhduttamalla biomassaa hapettomissa olosuhteissa. Suomessa pyrolyysiöljyä valmistetaan ainoastaan Fortumin Joensuun voimalaitokseen integroidussa bioöljylaitoksessa. Vuosituotantokapasiteetti on noin 50 000 tonnia. Fortum käyttää pyrolyysiöljyä kahdella eri laitoksella: Joensuussa voimalaitosalueella sekä Espoon Vermossa. Lisäksi Savon Voima ostaa pyrolyysiöljyä Fortumilta käyttäkseen sitä Iisalmen Kivirannankujan lämpökeskuksessa. Fortum on modifioinut fossiilisia polttoaineita käyttäneet kattilat pyrolyysiöljylle sopiviksi. Savon Voiman pyrolyysiöljyä käyttävä kattila on rakennettu alun perin kyseisen polttoaineen käyttämiseen. Myös Ruotsissa on testattu Fortumin pyrolyysiöljyä E.ON:in Karlshamnin voimalaitoksessa.

Suomen tavoite siirtyä fossiilisten polttoaineiden käytöstä yhä enemmän uusiutuvaan energiaan edistää biopolttoaineiden yleistymistä. Maailmanmarkkinahinnan lisäksi raskaan ja kevyen polttoöljyn verotus vaikuttaa niiden käytön kustannuksiin. Biomassasta valmistettu pyrolyysiöljy on osoittautunut toimivaksi vaihtoehdoksi näille polttoaineille.

SISÄLLYSLUETTELO

Tiivistelmä

Sisällysluettelo

Symboli- ja lyhenneluettelo	4
1 Johdanto	5
2 Pyrolyysiöljyn valmistus	7
3 Haasteet	8
3.1 Pyrolyysiöljyn ominaisuudet	8
3.2 Varastointi ja kuljetus.....	11
4 Tutkitut käyttökohteet ja –tekniikat	14
4.1 Lämpölaitokset	15
4.2 Yhteiskäyttö voimalaitoksissa	15
4.3 Dieselmoottorit.....	15
4.4 Kaasuturbiinit	16
5 Suomalaisen pyrolyysiöljyn käyttökohteet	17
5.1 Fortum	17
5.2 Savon Voima	18
5.3 Vienti	19
6 Käyttökohteiden analysointia	20
7 Meneillään oleva tutkimus	23
8 Taloudellisuus	25
9 Yhteenveto	28
Lähdeluettelo	30

Liite 1. Periaatekuva Joensuun pyrolyysilaitoksesta

SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO

Alaindeksit

e sähköteho

Lyhenteet

CHP Sähkön ja lämmön yhteistuotanto (*Combined Heat and Power*)

POK Kevyt polttoöljy

POR Raskas polttoöljy

1 JOHDANTO

Ilmaston lämpenemisen seurauksena maailmassa pyritään jatkuvasti löytämään keinoja lisätä uusiutuvan energian käyttöä ja bioenergia on tärkeä osa tätä kehitystä. Erityisesti Suomessa biomassaa on käytettävissä paljon ja se uusiutuu verrattain nopeasti. Bioenergian käyttö vähentää merkittävästi kasvihuonekaasupäästöjä verrattuna fossiilisiin polttoaineisiin ja hillitsee näin ilmastonmuutosta. Samoin se on kestävä osaratkaisu jatkuvasti kasvavaan energiatarpeeseen maapallolla. Yksi bioenergian muodoista on bioöljy, joka on biomassasta muodostettua nestemäistä polttoainetta. Pyrolyysiöljy taas on yksi bioöljyn muoto, joka on viime aikoina saanut huomiota niin maailmalla kuin Suomessakin.

Pyrolyysiöljy on tummanruskeaa, viskoosista nestettä, joka on valmistettu biomassasta pyrolyysimenetelmällä. Pyrolyysimenetelmässä biomassaa kaasutetaan nopeasti erittäin kuumissa ja hapettomissa olosuhteissa, minkä jälkeen se lauhdutetaan nesteeksi. Pyrolyysiöljyn tuotantolaitoksia on maailmalla useita ja lisäksi Suomeen on valmistunut eri tahojen yhteistyönä pyrolyysiöljyn tuotantolaitos Fortum Oyj:n Joensuun CHP-voimalaitoksen yhteyteen. Kyseisen laitoksen tekniset ratkaisut ovat saaneet myös kansainvälistä huomiota.

Tässä kandidaatintyössä esitellään nopeapyrolyysimenetelmällä valmistetun bioöljyn nykyisiä ja mahdollisia käyttökohteita. Työssä esitellään erilaisia pyrolyysiöljyn loppukäyttöön soveltuvia tekniikoita. Lisäksi tarkastellaan Suomen tämänhetkistä tilannetta pyrolyysiöljyn käytön suhteen. Selvitetään, mitkä toimijat Suomessa tällä hetkellä pyrolyysiöljyä käyttävät ja mihin tarkoitukseen. Työssä keskitytään käyttöteknologioiden lisäksi nimenomaan Suomen pyrolyysiöljyn loppukäyttöön. Työ ei käsittele käyttöä maailmanlaajuisella tasolla. Myöskään pyrolyysiöljyn tuotantoteknologioihin ei perehdytä tarkasti. Lisäksi työssä tuodaan esille pyrolyysiöljyn fysikaalisista ja kemiallisista ominaisuuksista aiheutuvia haasteita sekä mahdollisia ratkaisuja niille. Lopuksi käsitellään pyrolyysiöljyn käytön taloudellisia näkökohtia verrattuna fossiilisiin polttoöljyihin.

Työn tavoite on vastata siihen, millaiset ovat käyttömahdollisuudet pyrolyysiöljylle Suomessa. Nykyisiä käyttökohteita tarkastelemalla pyritään selvittämään missä kohteissa

ja miten laajasti pyrolyysiöljyä voidaan käyttää. Samalla pyritään saamaan selville millaisia haasteita uusiin käyttökohteisiin mahdollisesti liittyy ja miten niihin voidaan vastata. Pyrolyysiöljyn markkinat ovat Suomessa vasta kehittymässä eikä varmaa tietoa tulevasta käytöstä ole. Osana bioenergian tuotannon kasvattamista onkin hyvä selvittää millä ehdoilla pyrolyysiöljyn käyttöä voidaan Suomessa lisätä.

Työn pääasialliset lähteet ovat vertaisarvioidut tieteelliset artikkelit. Lisäksi pyrolyysiöljyn käytöstä eri yhtiöissä on tietoja saatu yhtiöiden omista julkaisuista, alan lehdistä sekä sähköpostitse yhtiöiden edustajilta.

2 PYROLYYSIÖLJYN VALMISTUS

Pyrolyysiöljy on bioöljyä, jota valmistetaan kaasuttamalla biomassa hapettomissa olosuhteissa. Sen jälkeen kaasu lauhdutetaan nesteeksi. Nopeassa pyrolyysissä biomassa kuumennetaan alle kahdessa sekunnissa korkeaan lämpötilaan. Tyypillinen lämpötila on noin 500 °C. Tilan on oltava hapeton palamisen estämiseksi. (Solantausta et al. 2012, 233)

Suomessa pyrolyysiöljyä valmistetaan toistaiseksi ainoastaan Fortum Oyj:n Joensuun CHP-voimalaitoksen yhteyteen rakennetussa bioöljylaitoksessa. Laitoksen ja siihen tarvittavan tekniikan suunnittelu sekä kehitys tehtiin yhteistyössä Fortumin, Metson, UPM:n ja VTT:n kesken. Maailmanlaajuisestikin erityisen kyseisestä laitoksesta tekee se, että se on integroitu kiinteästi CHP-laitokseen. Pyrolyysireaktioon tarvittavan lämmön bioöljylaitos saa voimalaitoksen leijutushiekasta. Periaatekuva Joensuun bioöljylaitoksesta on esitetty liitteessä 1. (Fortum, 2012)

Myös biojalostusyhtiö Green Fuel Nordic Oy on julkistanut suunnitelmat usean pyrolyysimenetelmällä bioöljyä tuottavan laitoksen rakentamisesta Suomeen. Suunnitelman mukaan ensimmäinen laitos sijaitsee Iisalmessa (Green Fuel Nordic, 2012). Myös muita laitoksia on suunnitteilla Itä-Suomeen. Ympäristöluvut on myönnetty sekä Iisalmessa, että Lieksassa sijaitseville laitoksille. (Green Fuel Nordic, 2016)

3 HAASTEET

Tässä kappaleessa on esitelty pyrolyysiöljyn fysikaalisia ja kemiallisia erityispiirteitä ja niiden aiheuttamia haasteita ja muita huomionarvoisia seikkoja. Pyrolyysiöljy eroaa koostumukseltaan merkittävästi fossiilisista polttoöljyistä. Tämän johdosta pyrolyysiöljyyn investoitaessa on syytä huomioida sen vaatimukset polttoaineena, jotta loppukäyttö olisi mahdollisimman tehokasta.

Pyrolyysiöljyn ominaisuuksia käsiteltäessä käytetään vertailukohtana kevyttä polttoöljyä (POK) ja raskasta polttoöljyä (POR), koska niiden käyttökohteet ovat todennäköisesti samankaltaiset, kuin mihin pyrolyysiöljyä käytetään. Toisin sanoen pyrolyysiöljyllä korvataan energiantuotannossa todennäköisemmin juuri näitä polttoaineita.

3.1 Pyrolyysiöljyn ominaisuudet

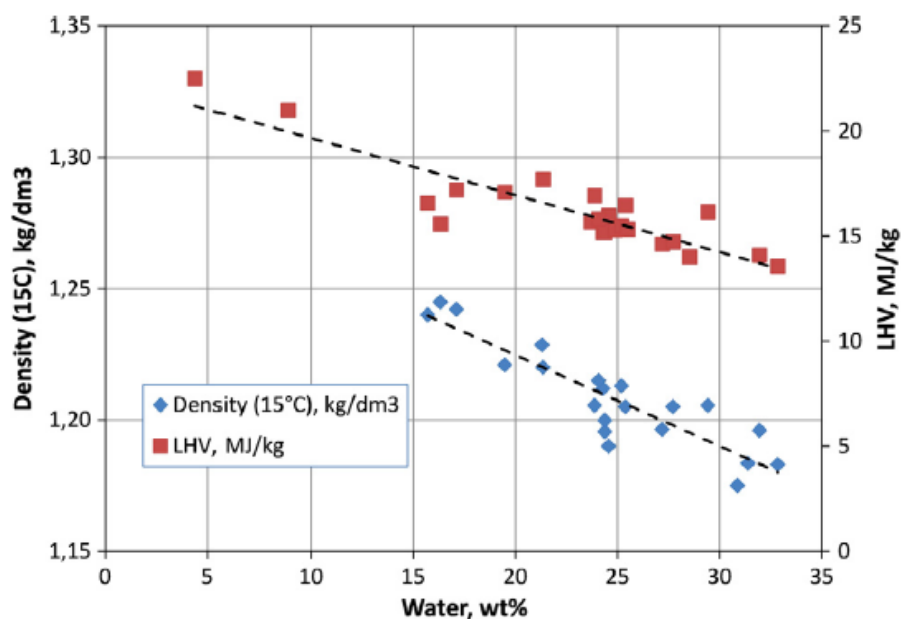
Pyrolyysiöljy eroaa fossiilisista polttoöljyistä fysikaalisilta ominaisuuksiltaan ja kemialliselta koostumukseltaan. Eri polttonesteiden fysikaalisia ominaisuuksia on vertailu Chiaramonti et al (2005, 1060) mukaan kootussa taulukossa 1. Erityisesti huomionarvoisia ominaisuuksia tässä vertailussa on pyrolyysiöljyn korkea vesipitoisuus, sekä matala lämpöarvo. Pyrolyysiöljyllä on myös korkea kiintoainepitoisuus sekä kevyttä polttoöljyä suurempi viskositeetti.

Taulukko 1: Eri polttonesteiden fysikaalisia ominaisuuksia (Chiaramonti et al, 2005, 1060)

Ominaisuus	Pyrolyysiöljy	Kevyt polttoöljy	Raskas polttoöljy
vesipitoisuus [massa-%]	20–30	0,025	0,1
Kiintoainepitoisuus [massa-%]	<0,5	0	0,2-1,0
Tuhkapitoisuus [massa-%]	<0,2	0,01	0,03
Kinemaattinen viskositeetti [cSt]	15–35 (40 °C)	3,0–7,5	351 (50 °C)
Tiheys (15°C) [kg/dm ³]	1,10–1,30	0,89	0,94–0,96
Alempi lämpöarvo [MJ/kg]	13–18	40,3	40,7
pH [-]	2-3	neutraali	-

Pyrolyysiöljyn lämpöarvo on alle puolet fossiilisten polttoöljyjen lämpöarvosta. Selkein tästä aiheutuva vaikutus polttolaitteistoon on suurempi vaadittu tilavuusvirta, mikäli halutaan saavuttaa sama teho. Tämä taas joudutaan ottamaan huomioon suunniteltaessa suuttimia ja polttokammiota. Samoin on tarpeellista miettiä säiliöiden ja putkien mitoitusta. (Lehto et al, 2014, 181)

Pyrolyysiöljyn lämpöarvo vaihtelee vesipitoisuuden mukaan. Kuvassa 1 on esitetty pyrolyysiöljyn lämpöarvo ja tiheys vesipitoisuuden funktiona. Kyseisen öljyn raaka-aineena on käytetty mäntyä sekä metsätähdehaketta (Lehto et al, 2014, 181).



Kuva 1 Pyrolyysillä valmistetun bioöljyn tiheys (sininen) ja alempi lämpöarvo (punainen) vesipitoisuuden funktiona (Lehto et al, 2014, 181)

Pyrolyysiöljyä pidetään lähtökohtaisesti homogeenisena aineena. Kuitenkin valmistuksen jälkeen eli kuljetuksen ja varastoinnin aikana pyrolyysiöljyyn saattaa muodostua eri faaseja. Mikäli öljy ei poltettaessa ole tarpeeksi homogeenistä, voi se aiheuttaa merkittäviä ongelmia polttolaitteistossa. Faasien erottumisen syytä on monia eikä niitä kaikkia voida täysin estää. Niiden vaikutuksia voidaan kuitenkin pyrkiä minimoimaan. Raaka-aineena käytetyn biomassan ominaisuudet vaikuttavat tuotetun pyrolyysiöljyn faasien erottumiseen. (Oasmaa & Peacocke 2010, 19)

Käytetyn biomassan kemiallinen koostumus voi edistää tuotetun pyrolyysiöljyn kerrostumista. Huonolaatuinen raaka-aine voi aiheuttaa erillisen pintakerroksen muodostumisen öljyn pinnalle. Ylin faasi on alempaa osaa harvempaa ja siinä on vähemmän happea ja vettä. (Lehto et al. 2013, 15)

Pyrolyysiöljyn suuri vesipitoisuus edistää kerrostumista. Vesipitoisuus voi olla peräisin käytetystä raaka-aineesta, mutta se kasvaa myös pyrolyysiöljyn ikääntymisen seurauksena. Säilytyksen aikana bioöljyssä tapahtuu reaktioita, joissa muodostuu vettä. Jos vesipitoisuus nousee 30 prosenttiin painosta, aiheuttaa se faasien kerrostumisen.

Myös veden tarkoituksellinen lisääminen pyrolyysiöljyyn aiheuttaa saman ilmiön. (Lehto et al. 2013)

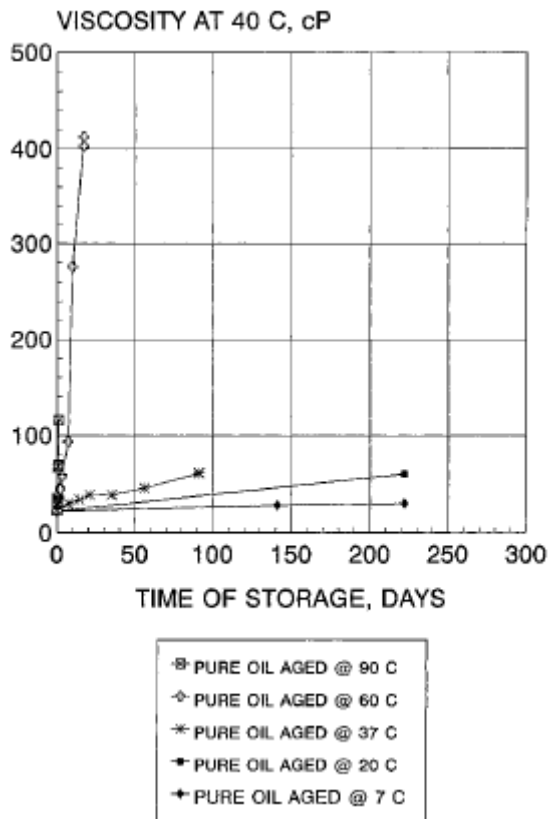
Korkea vesipitoisuus huonontaa pyrolyysiöljyn laatua poltossa. Faasien erottuminen lisäksi se laskee lämpöarvoa ja vaikuttaa negatiivisesti palamisominaisuuksiin. Pienissä määrin vedellä on myös joitain hyviä puolia. Se laskee pyrolyysiöljyn viskositeettia ja parantaa pisaroitumista. Lisäksi se auttaa kattilan lämpötilaprofiilin laskemisessa ja tasapainottamisessa. Tällä on tärkeä vaikutus NO_x – päästöjen muodostumisen vähentämisessä. (Lu et al, 2009, 1377)

3.2 Varastointi ja kuljetus

Pyrolyysiöljyn kulku tuotannosta loppukäyttöön tulee järjestää niin, että siinä otetaan huomioon sen edellä mainitut ominaisuudet. Tarkoituksenmukaisilla säilytysolosuhteilla pyritään minimoimaan sellaisten reaktioiden tapahtuminen, jotka heikentävät pyrolyysiöljyn polttoon liittyviä ominaisuuksia. Näin voidaan ehkäistä hyötysuhteen heikkenemistä sekä parantaa materiaalien kestämistä.

Pyrolyysiöljyillä on korkea kiintoainepitoisuus. Pyrolyysiöljyn siirtämisessä tulee varmistaa, että esimerkiksi pumpput ja suuttimet eivät häiriinny kiintoainepitoisuuden takia. Fortumin tekemissä testeissä havaittiin, että hiekka tai muu vastaava kova kiinteä aine bioöljyssä (>0,05 wt%) aiheutti merkittävää kulumista pumpussa ja suuttimissa. Suuttimet jouduttiin vaihtamaan 1000 käytetyn litran jälkeen. (Lehto et al, 2013, 64)

Pyrolyysiöljyn viskositeetti kasvaa ikääntymisen seurauksena. Viskositeetin kasvu korreloi vahvasti varastointilämpötilan sekä lämpötilamuutosten kanssa. Varastointi viileämmässä lämpötilassa vähentää merkittävästi viskositeetin kasvua. Viskositeetin kasvun suhdetta lämpötilaan on esitetty kuvassa 2. Nähdään, että alle 40 °C lämpötilassa varastoidun pyrolyysiöljyn viskositeetti kasvaa erittäin maltillisesti verrattuna tutkimuksessa käytettyihin korkeampiin lämpötiloihin (Diepold & Czernik, 1997, 1085). Vastaavia tuloksia eri raaka-aineilla ovat esittäneet myös Oasmaa et al (1997, 35–39).



Kuva 2 Pyrolyysiöljyn viskositeetin kasvu varastoitaessa eri lämpötiloissa (Diepold & Czernik, 1997, 1085)

Valmistuksen jälkeen pyrolyysiöljy säilyttää homogeenisyyden varastoitaessa suotuisissa olosuhteissa puolesta vuodesta vuoteen. Pyrolyysiöljyn kerrostumista eri faaseihin voidaan ehkäistä sekoituksella. Tähän voidaan käyttää esimerkiksi säiliöön sijoitettuja potkureita. (Oasmaa & Peacocke, 2010, 19–20)

Mikäli pyrolyysiöljyä lämmitetään, tulee käyttää maltillisia lämpötiloja sekä epäsuoraa lämmönsiirtoa. Esimerkiksi vesikäyttöistä lämmönsiirrintä on mahdollista käyttää lämmittämiseen. Suora lämmitys voi aiheuttaa kiinteän koksen muodostumista polttoaineen ylikuumenemisen takia. Pumppausta varten pyrolyysiöljyn lämpötila olisi suositeltavaa pitää 40 °C ja 80 °C välillä, jolloin ehkäistään viskositeetin nousua sekä ei-toivottuja reaktioita pyrolyysiöljyssä. (Lehto et al, 2013, 65)

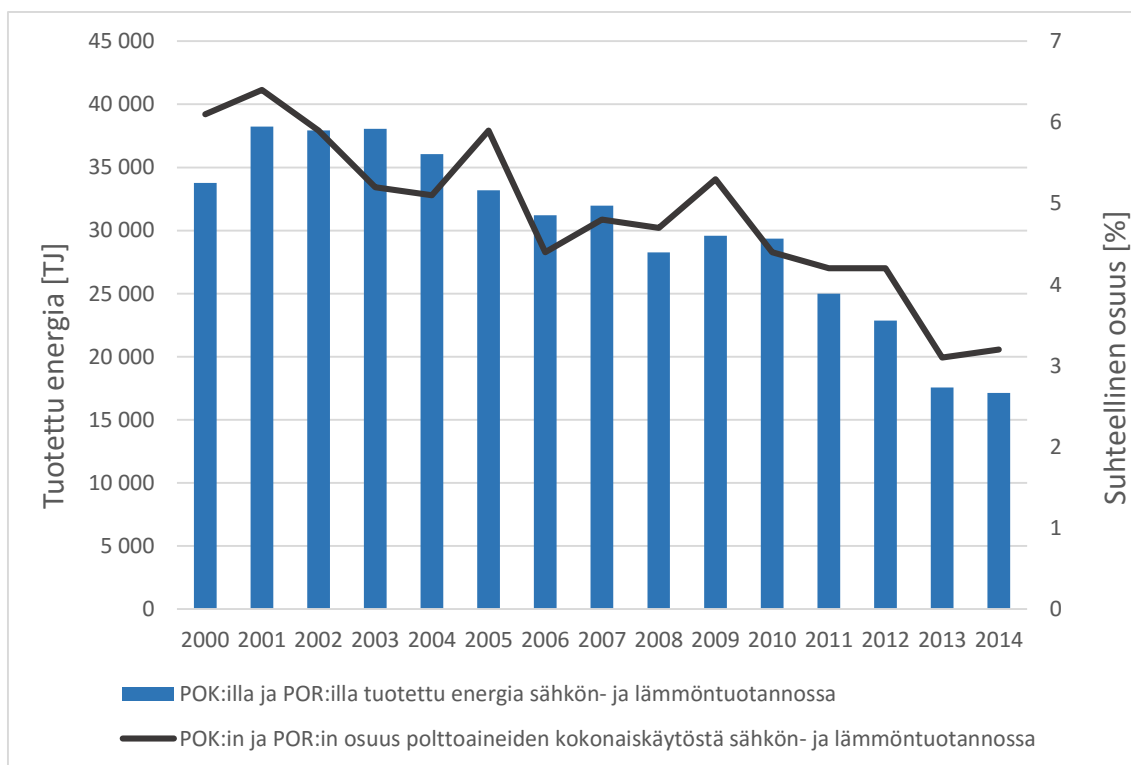
Pyrolyysiöljyn säilytyksessä ja kuljetuksessa tärkeimmät huomioon otettavat ominaisuudet ovat siis viskositeetti, stabiilius ja syövyttävyys. Tarkoituksena on pitää

polttoaine mahdollisimman stabiilina ja minimoida sen koostumuksen muuttuminen. Syövyttävyyteen varautuminen tarkoitukseen sopivilla materiaaleilla mahdollistaa laitteiston kestävyuden. Esimerkiksi Green Fuel Nordic suosittelee pyrolyysiöljyn varastointiin ruostumatonta tai haponkestävää terästä tai vaihtoehtoisesti terästä, joka on päällystetty matalaa pH:ta kestäväällä muovipinnoitteella (Green Fuel Nordic, 2013). Lisäksi siirrettäessä pyrolyysiöljyä tulee huomioida myös kiintoainepitoisuus erityisesti pumppujen osalta. Mitä parempi on säilytyksen taso valmistuksesta varastoinnin ja kuljetuksen kautta loppukäyttöön asti, sitä tehokkaampi ja parempi poltto pyrolyysiöljyllä saadaan aikaan.

4 TUTKITUT KÄYTTÖKOHTEET JA –TEKNIIKAT

Pyrolyysiöljy on bioöljy, jolla voidaan korvata muita polttoaineita ympäristörasituksen vähentämiseksi. Käytännössä tämä tarkoittaa joko raskaan tai kevyen polttoöljyn, mukaan lukien dieselöljy, korvaamista. Tutkimusta on tehty eri vaihtoehtojen kartoittamiseksi ja tarvittavan tekniikan kehittämiseksi. Tässä kappaleessa on esitetty kohteita, joissa fossiilisia polttonesteitä on mahdollista korvata pyrolyysiöljyllä. Tarkastelun kohteena ovat pyrolyysiöljyn poltto lämpölaitoksissa, yhteispoltto fossiilisten polttoaineiden kanssa voimalaitoksissa sekä pyrolyysiöljyn käyttäminen dieselmoottoreissa ja kaasuturbiineissa.

Kuvassa 3 on esitetty fossiilisen öljyn käyttö sähkön ja lämmön tuotannossa Suomessa vuosina 2000–2014. Kuvaajasta huomataan, että fossiilisen öljyn käyttö vähenee jatkuvasti. Tämä tarjoaa käyttökohteita pyrolyysiöljylle, kun POK:in ja POR:in tuottamalle energialle tarvitaan korvaajia. Tiedot on saatu Tilastokeskuksen StatFin-tietokannasta.



Kuva 3 POK:illa ja POR:illa tuotettu energia Suomen sähkön ja lämmön tuotannossa sekä vastaava prosenttiosuus kaikista polttoaineista (Tilastokeskus, 2015)

4.1 Lämpölaitokset

Pyrolyysiöljyä on mahdollista käyttää fossiilisen polttoöljyn tilalla tuottamaan energiaa lämpölaitoksille. Tämä on toistaiseksi ainoa teollinen käyttömuoto pyrolyysiöljylle Suomessa. Tarkempi kuvaus pyrolyysiöljyn käytöstä lämpölaitoksilla Suomessa on esitetty kappaleessa 5.

4.2 Yhteiskäyttö voimalaitoksissa

Biopolttoaineiden yhteiskäytöllä fossiilisia polttoaineita käyttävissä voimalaitoksissa on monia etuja. Tällaisilla laitoksilla on hyvä kokonaishyötysuhde. Lisäksi investointikustannukset ovat matalammat kuin täysin biomassalla käyvässä voimalaitoksissa, sillä fossiilista öljyä käyttäneissä laitoksissa on valmiina öljyn syöttöön ja polttamiseen liittyvät järjestelmät. Näitä voidaan tosin joutua muokkaamaan pyrolyysiöljylle sopiviksi. Jo olemassa olevien laitosten osalta myös lupakäsittely on nopeampaa ja byrokratia vähenee verrattuna kokonaan uuteen laitokseen. (Lehto et al, 2013, 57–58, Chiaramonti et al. 2005, 1079–1080)

4.3 Dieselmoottorit

Pyrolyysiöljyn käyttöä dieselmoottorissa on tutkittu Suomessa VTT:n ja Wärtsilän yhteistyönä. Testissä kolmea eri moottoria ajettiin pyrolyysiöljyllä. Moottoreina olivat 4.8 kW yksisylinterinen testimoottori, 60 kW nelisylinterinen Valmet 420 DS ja 410 kW Vasa 1832 (yksi 18 sylinteristä). Tutkimuksissa suurimmaksi ongelmaksi nousi öljyn korkea kiintoainepitoisuus. Tämä takia Wärtsilä ei myöskään jatkanut kehitystyötä. Tuloksista havaittiin kuitenkin, että terminen hyötysuhde oli lupaava 44,9 %. Havaittiin myös, että dieselöljyä tarvittiin pilot-polttoaineeksi ja pyrolyysiöljy vapautti lämpöä nopeasti. Vaikka vesipitoisuus heikentää syttymistä, tasapainottaa se myös lämpötilaprofiilia ja vaikuttaa vähentävästi NO_x-päästöjen muodostumiseen. (Chiaramonti et al. 2005, 1063–1065)

Pyrolyysiöljy aiheutti merkittävää materiaalien kulumista moottoreissa. Selkeimmin tämä näkyi polttoaineen syötössä, jossa suutin kului nopeasti ja silmin havaittavasti jo kahden tunnin ajossa. Erityisesti suuri tiheys ja matala lämpöarvo ovat asioita, jotka

täytyy ottaa huomioon suunniteltaessa polttoaineensyöttöjärjestelmää. Kiintoainepitoisuus sen sijaan on saatava erittäin matalaksi tehokkaan toiminnan saavuttamiseksi. (Chiaramonti et al. 2005, 1064–1072)

4.4 Kaasuturbiinit

Pyrolyysiöljyn käyttöä kaasuturbiinin polttokammiossa on tutkittu eri kokoluokan laitteistoilla. Pyrolyysiöljyä testattiin 2,5 MW_e modifioidussa kaasuturbiinissa niin, että polttoaineena käytettiin pelkästään pyrolyysiöljyä. Lisäksi on testattu pyrolyysiöljyn ja dieselin polttamista 75 kW_e kaasuturbiinissa. Pyrolyysiöljy vastasi noin 39 prosenttia tuotetusta lämpöenergiasta. Myös muita tutkimuksia pyrolyysiöljyn käytöstä kaasuturbiineissa on tehty. Polttoaineena on myös käytetty pyrolyysiöljyn ja etanolin sekoitusta, josta pyrolyysiöljyä oli 80 tilavuusprosenttia. (Chiaramonti et al. 2005, 1077)

Tutkimuksissa selvitettiin useita seikkoja, jotka tulee ottaa huomioon käytettäessä pyrolyysiöljyä kaasuturbiineissa. Viskoosin pienentämiseksi polttoaineen esilämmitys (70–90 °C) on tarpeellista. Tarpeellista on myös suodatus tuhka- ja kiintoainepitoisuuksien pienentämiseksi. Lisäksi materiaalivalinnoissa täytyy huomioida polttoaineen syövyttävyyys. (Chiaramonti et al. 2005, 1078)

Kaasuturbiinisysteemin polttokammio vaatii muokkaamista pyrolyysiöljyn ominaisuuksia silmällä pitäen. Polttokammiotyypit, joiden modifioiminen on helpompaa, ovat suositeltavia valintaa tehdessä. Pyrolyysiöljyn matalan lämpöarvon johdosta polttoaineen tilavuusvirta on suurempi, mikä tulee ottaa huomioon erityisesti suuttimien suunnittelussa. Standardisuuttimen käyttö ei salli tarvittavaa virtausta ja aiheuttaa ruiskutuksen laadun huononemista. Mikäli suutin ei ole modifioitu, aiheuttaa se merkittävää tehon menetystä. (Chiaramonti et al. 2005, 1079)

Poltto tulee aloittaa sekä lopettaa fossiilisella polttoöljyllä. Alkuvaiheessa polttoöljy lämmittää polttokammiota helpottaen näin pyrolyysiöljyn syttymistä. Polton lopussa se taas poistaa pyrolyysiöljyn muodostamaa likaa ja kerrostumia pinnoilta. Jossain testeissä havaittiin likajäämiä polttokammion sekä turbiinin siipien pinnoilla. Nämä haittatekijät aiheutuivat todennäköisesti huonolaatuisesta palamisesta, jonka syistä ei saatu varmuutta. (Chiaramonti et al. 2005, 1079)

5 SUOMALAISEN PYROLYYSIÖLJYN KÄYTTÖKOHTEET

Pyrolyysiöljyllä on tällä hetkellä Suomessa vain muutamia käyttökohteita, mikä johtuu todennäköisesti siitä, että tuotteena sillä ei Suomessa vielä ole vakiintuneita markkinoita ja lisäksi tuotanto on rajoittunut tällä hetkellä vain yhteen laitokseen. Tässä kappaleessa on esitelty pääpiirteissään pyrolyysiöljyä käyttävät teolliset kohteet Suomessa. Tämän lisäksi pyrolyysiöljyä voidaan käyttää pienissä määrin tutkimustarkoituksiin. Jatkuvat käyttäjät koostuvat kahdesta yhtiöstä: Fortum ja Savon Voima. Tiedot ovat peräisin yhtiöiden avoimista julkaisuista, alan lehdistä sekä sähköpostiyhteydenpidosta yhtiön edustajien kanssa.

Suomessa pyrolyysiöljyllä korvataan kevyttä ja raskasta polttoöljyä lämpölaitoksilla joko jatkuvatoimisesti tai huippukuorman aikana. Pyrolyysiöljyä poltetaan Fortumin osalta kahdella laitoksella ja Savon Voimalla yhdellä. Kaikki käytetty polttoaine on Fortumin Joensuun pyrolyysilaitoksella valmistettua. Lisäksi pyrolyysiöljyä on viety Ruotsiin EO.N:in Karlshamnin voimalaitokselle.

5.1 Fortum

Fortum käyttää itse Joensuun voimalaitoksella tuottamaansa pyrolyysiöljyä. Osa pyrolyysiöljystä käytetään lämpölaitoksella Joensuun voimalaitosalueella (Fortum, 2015). Myös Espoossa sijaitsevassa Vermon lämpökeskus käyttää polttoaineenaan Fortumin Otso-bioöljyä. Kahta Vermon kattilaa uudistettiin vuonna 2013 pyrolyysiöljyn käytölle sopiviksi. (Fortum, 2013b.)

Joensuun voimalaitoksen yhteydessä on pyrolyysiöljyllä toimiva lämpökattila, jonka teho on 10 MW. Vertailun vuoksi CHP-laitoksen lämpöteho on 140 MW lämpöä ja 52 MW sähköä. Pyrolyysiöljyä käyttävä kattila on ns. retrofit: se oli alun perin kevyellä polttoöljyllä toimiva lämpökeskus. Kattilaa on sen jälkeen muokattu uuden polttoaineen tarpeita vastaaviksi. Kaikki pyrolyysiöljyn kanssa kosketuksissa olevat osat on uusittu polttoaineelle sopivaksi. Muilta osin kattilan osat ovat pysyneet ennallaan. (Hämäläinen, 2016)

Vermon pyrolyysiöljykattila oli alun perin lämpökeskus, joka käytti polttoaineenaan maakaasua ja raskasta polttoöljyä. Kattilan teho on 50 MW eli se on Fortumin kahdesta pyrolyysiöljyn käyttökohteesta suurin. Pyrolyysiöljyn käyttöä varten on tehty samat toimenpiteet kuin Joensuun kattilassa eli polttoaineen kanssa kosketuksissa olevat osat on vaihdettu vastaamaan pyrolyysiöljyn ominaisuuksia. Muita muutoksia ei ole tehty. (Hämäläinen, 2016)

5.2 Savon Voima

Fortum toimittaa pyrolyysiöljyä Savon Voimalle ensimmäisenä sopimuskumppaninaan Suomessa. Savon Voima käyttää pyrolyysiöljyä kaukolämmön tuotantoon raskaan ja kevyen polttoöljyn asemesta (Fortum, 2013). Tarkoituksena on käyttää pyrolyysiöljyä tehoaikeiden aikaan tilanteissa, jossa tuotantoa normaalisti tuettaisiin fossiilisella polttoöljyllä. Käyttöpaikkana on Iisalmen Kivirannankujan lämpökeskus, jossa koepolttoja bioöljylle tehtiin kesällä 2015. Koepolttojen perusteella prosessilaitteisiin jouduttiin Savon voiman mukaan tekemään ”joitakin muutoksia”. Sitä, miten isoja kyseiset muutokset ovat, ei mainita. Savon Voiman mukaan tavoitteena on siirtyä bioöljyn tuotannolliseen käyttöön talven 2015–2016 aikana. (Fortum, 2015b)

Iisalmen lämpökeskuksella on kaksi kattilaa, joista 2005 valmistunut käyttää edelleen raskasta polttoöljyä. Uusi vuonna 2012 valmistunut kattila on lähtökohtaisesti suunniteltu käyttämään myös bioöljyä. Kattilan teho on bioöljyllä hieman yli 10 MW. Savon Voiman mukaan kattila oli investointina noin 200 000 euroa kalliimpi, kuin perinteinen öljykattila. Vastaavasti vanhan kattilan muuttaminen bioöljylle sopivaksi olisi maksanut muutamia satoja tuhansia euroja. (Niskanen, 2014, 27)

Savon Voiman motiivit pyrolyysiöljyn käytön aloittamiseen liittyvät sekä tuotannon kehitykseen, että valtion energiapolitiikkaan. Iisalmen kaukolämmön tuotantoon on tarvittu lisää kapasiteettia ja lisäksi varaudutaan raskaan polttoöljyn käytön lopettamiseen 2018 osin lakimuutosten vuoksi. (Niskanen, 2014, 27). Artikkelissa viitataan valtioneuvoston asetukseen polttoaineteholtaan alle 50 megawatin energiantuotantoyksiköiden ympäristönsuojeluvaatimuksista, jossa määrätään muun muassa päästöjen raja-arvoista polttoainekohtaisesti. Savon Voiman mukaan asetuksen

seurauksena se olisi joutunut vaihtamaan raskaan polttoöljyn kalliimpaan kevyeen polttoöljyyn. Säädestä sovelletaan uusille laitoksille välittömästi ja olemassa oleville laitoksille 1.1.2018 alkaen. (VNa 24.10.2013/750)

Bioöljyn käyttö vähentää myös tarvetta päästöoikeuksien ostamiselle. Tästä on erityisesti hyötyä, jos oletetaan, että päästöoikeuksien hintataso nousee tulevaisuudessa.

5.3 Vienti

Fortum on toimittanut pyrolyysiöljyä myös Suomen ulkopuolelle. Saksalainen energiayhtiö E.ON on ostanut Fortumilta Joensuussa tuotettua pyrolyysiöljyä käyttääkseen sitä Karlshamnin voimalaitoksellaan Ruotsissa. Karlshamnin voimalaitos tuottaa sähköä huippu- ja varavoimalaitoksena. Pyrolyysiöljyllä korvataan raskasta polttoöljyä. Yhteensä Karlshamnin laitoksen kattiloiden teho on noin 1000 MW. pyrolyysiöljyä on toimitettu vuoden 2015 aikana neljä säiliöautollista eli 160 tonnia. (Fortum, 2015c)

Merkittävää Karlshamnista suomalaisen pyrolyysiöljyn käytön osalta tekee sen kokoluokka. Kun Suomessa pyrolyysiöljyä on käytetty pienemmän mittakaavan lämpölaitoksissa, Karlshamnin laitos on teholtaan merkittävästi suurempi. Suoritetun koepolttojakson aikana öljyä poltettiin huomattavalla 175 MW teholla. E.ON:in edustajan mukaan ” Bioöljyn koepolttojakso antoi vahvistusta sille, että jatkossa voisimme korvata osan raskaasta polttoöljystä biopolttoaineilla.” Pyrolyysiöljyn tuotteistamisen kannalta on tärkeää, että sen käytettävyydestä myös isommissa voimalaitoksissa saadaan näyttöä. (Fortum, 2105c)

6 KÄYTTÖKOHTEIDEN ANALYSOINTIA

Tässä kappaleessa pohditaan tarkemmin pyrolyysiöljyn nykyisiä käyttökohteita ja niiden ominaisuuksia. Näiden pohjalta pyritään selvittämään millaisissa kohteissa ja miten pyrolyysiöljyn käyttö Suomessa on käytännössä mahdollista.

Kattiloiden modifioinnista pyrolyysiöljylle sopiviksi voidaan päätellä jotain perustuen Fortumin kokemuksiin. Molemmissa tapauksissa vanhat kattilat on muokattu uusia käyttötarpeita vastaaviksi sen sijaan, että olisi päädytty investoimaan kokonaan uusiin kattiloihin. Pyrolyysiöljyn polttaminen kattiloissa on saatu toimimaan, joten sekä raskasta, että kevyttä polttoöljyä käyttävät kattilat ovat muokattavissa pyrolyysiöljyn käyttöön sopiviksi. Syövyttävyyden takia polttoaineen kanssa kosketuksissa olevat osat joudutaan vaihtamaan, mutta muuten kattilat eivät näiden tietojen perusteella vaadi merkittäviä muutoksia. Kattilat ovat verrattain pieniä, jolloin voidaan olettaa, että niiden muokkaaminen on sekä teknisesti helpompaa, että taloudellisesti edullisempaa, kuin suurien yksiköiden. Investointien euromääräiset kulut eivät tarkkailtavissa tapauksissa ole yleisessä tiedossa.

Savon Voiman investoinnissa on otettu huomioon kappaleessa 3.1 mainittuja pyrolyysiöljyn ominaisuuksia. Koska pyrolyysiöljy on syövyttävää, on putkistojen materiaali haponkestävää. Öljypumput ja säiliö on ”rakennettu bioöljyn tarpeiden mukaisiksi.” Tällä tarkoitetaan todennäköisesti sitä, että esimerkiksi pumppujen täytyy käsitellä fossiilista öljyä suurempia tilavuusvirtoja alhaisen lämpöarvon takia. Samoin säiliön on kestettävä polttoaineen syövyttävä vaikutus. Säiliössä on kaksi potkurisekoitinta, jotka sekoittavat bioöljyä varastoinnin aikana. Tällä pyritään pitämään polttoaine homogeenisenä. (Niskanen, 2014, 27)

Kattilan ja sen komponenttien osalta toimenpiteet pyrolyysiöljyn käytön aloittamiseksi ovat siis Savon Voiman osalta yhtenevät Fortumin kanssa. Kun pyrolyysiöljyn ominaisuudet ovat tiedossa, voidaan niihin varautua melko yksinkertaisesti. Tärkeintä on polttoaineen kanssa kosketuksissa olevien pintojen kestävyys syövyttävää vaikutusta vastaan. Myös säilytys tulee hoitaa niin, että säiliössä olevaa pyrolyysiöljyä sekoitetaan ja minimoidaan näin faasien muodostuminen. Mitoituksen ja komponenttien osalta on myös huomioitava pyrolyysiöljyn matala lämpöarvo ja muut palamisominaisuudet.

Tarkasteltavien tapausten perusteella vaikuttaisi kuitenkin siltä, että investoiminen pyrolyysiöljyn käyttöä varten Suomessa on teknisesti ja taloudellisesti toteutettavissa ilman merkittäviä ongelmia. Jatkossa tarvitaan siis lähinnä hienosäätöä toiminnan optimoimiseksi.

Toisin kuin Fortumin tapauksessa Savon Voima käyttää pyrolyysiöljyä kattilassa, joka on alun perin suunniteltu myös kyseistä käyttötarkoitusta varten. Investointina pyrolyysiöljyä käyttävä kattila oli perinteistä öljykattilaa kalliimpi. Hintaero on kuitenkin pienempi kuin tilanteessa, jossa vanha kattila muokataan uuteen käyttötarkoitukseen. Näin ollen oli loogista rakentaa kattila alusta alkaen bioöljylle sopivaksi, olettaen tietenkin, että uudelle kattilalle oli tarvetta. Voidaan myös olettaa, että kokonaan uusi kattila on jonkin verran tehokkaampi pyrolyysiöljyn polttamisessa, kuin muokattu raskas- tai kevytöljykattila. Tällä tavoin tarvittavat vaatimukset pyrolyysiöljyn käyttöä varten voidaan ottaa huomioon jo suunnitteluvaiheessa ja koko kattila rakentaa sen mukaan. Oletettavasti retrofit-ratkaisussa ei aivan kaikkia osa-alueita voida optimoida vastaavalla tavalla.

Fortumin ja Savo Voiman kokemusten perusteella pyrolyysiöljyn käyttäminen lämmöntuotantoon on mahdollista sekä uusissa kattiloissa, että tarkoitusta varten muokatuissa raskasta tai kevyttä polttoöljyä käyttäneissä kattiloissa. Pyrolyysiöljyn käyttö erityisesti huippukuormalaitoksissa fossiilisen polttoöljyn tilalla vaikuttaa siis olevan toimiva ratkaisu. Näin myös huippukulutuksen aikaiseen tehontarpeeseen voidaan vastata biopolttoaineilla. Tämä vähentää sekä ympäristövaikutuksia, että tuottajan tarvetta päästöoikeuksien hankkimiseen.

Savon Voiman suorittaman koejakson perusteella sillä on nyt mitattua käytännön tietoa pyrolyysiöljyn käyttäytymisestä kattilassa. Prosessilaitteisiin on tehty muutoksia tuloksien perusteella. Nämä tiedot voivat hyödyttää tulevaisuudessa, mikäli uusia kohteita pyrolyysiöljyn käytölle harkitaan. Pyrolyysiöljy on tuotteena Suomessa vielä uusi, joten tutkimustietoa sen kotimaisesta käytöstä tarvitaan. Tämä on eduksi pyrolyysiöljyn käytön yleistymisessä, joskin kyseessä on osin luottamuksellista tietoa.

Suomalaisen pyrolyysiöljyn menekkiin liittyen koepoltot Ruotsissa Karlshamnin laitoksella ovat myös tärkeä osa POK:in ja POR:in korvaamista pyrolyysiöljyllä. Mikäli

pyrolyysiöljyä alettaisiin käyttää suuremmilla tehoilla, kuten Karlshamnissa on tehty, tarkoittaisi se nopeampaa kasvua tuotteen menekille. Ruotsissa tehdyt kokeilut antavat näyttöä pyrolyysiöljyn käytön mahdollisuudesta yli 175 MW tehoilla.

Tuotannon puolella Fortumin Joensuun laitos on toistaiseksi Suomen ainoa pyrolyysiöljyn valmistaja. Toinen mahdollinen tulevaisuuden pyrolyysiöljyn tuottaja on Green Fuel Nordic, jonka suunnittelemista laitoksista kahdelle on myönnetty ympäristöluvat. Mikäli yhtiö onnistuu tavoitteessaan uusien pyrolyysiöljyä tuottavien laitosten rakentamisessa, kasvattaa se merkittävästi pyrolyysiöljyn tuotantokapasiteettia Suomessa. Tämä saattaisi myös osaltaan edistää POK:in ja POR:in korvaamista pyrolyysiöljyllä. Fortum ei ainakaan toistaiseksi ole ilmaissut aikovansa laajentaa pyrolyysiöljyn tuotantoa muille laitoksille.

7 MENEILLÄÄN OLEVA TUTKIMUS

Joensuun pyrolyysilaitoksen suunnittelun ja rakentamisen lisäksi projektin yhteistyötahot Fortum, UPM ja Valmet jatkavat kehitystä pyrolyysiin perustuvien biopolttoainetuotteiden valmistamiseksi. Joensuun laitoksen toteutus näiden toimijoiden sekä VTT:n yhteistyönä oli onnistunut, joten uusi hanke on loogista jatkoa tälle kehitykselle

Fortum, UPM ja Valmet ovat käynnistäneet viisivuotisen hankkeen, jonka pyrkii kehittämään pyrolyysitekniikalla valmistettuja pitkälle jalostettuja biopolttoaineita. Hankkeen tarkoitus on luoda tekniikka, jossa pyrolyysillä voidaan valmistaa korkean jalustusarvon lignoselluloosapohjaisia polttoaineita. Nämä polttoaineet sopisivat liikennepolttoainekäyttöön. (Fortum 2014)

Hankkeen nimeksi on annettu LignoCat (*Lignocellulosic fuels by Catalytic pyrolysis*) (Fortum 2014). Onnistuessaan se laajentaisi pyrolyysireaktioon pohjautuvien biopolttoaineiden käyttömahdollisuuksia myös liikenteen biopolttoaineeksi. Lisäksi luotaisiin uutta tekniikkaa, jolla kyetään jalostamaan pyrolyysiöljyä entistä pidemmälle. Samalla se myös vahvistaisi Suomalaisen osaamisen asemaa pyrolyysiöljyn tuotannon ja käytön suhteen. Koska kyseessä on vasta kehitysvaiheessa oleva teknologia, ovat myös sen potentiaaliset hyödyt pitkän aikatahtäimen tavoitteita.

Liikenteen energianlähteiden siirtymisellä fossiilisista polttoaineista biopolttoaineisiin on merkittävä vaikutus ympäristörasitteeseen. Liikenne on maailman merkittävimpiä päästölähteitä. Suomessa liikenteen osuus kaikesta öljyllä tuotetusta energiasta on noin 40 prosenttia (Motiva, 2015). Näin ollen myös markkinat liikenteen öljyn korvaajille ovat suuret. Toisaalta markkinoilla on jo liikenteen biopolttoaineita. Tulevaisuuden kehitykseen vaikuttaa myös se, mihin suuntaan autojen energiantuotannon trendit kehittyvät. Sähköautojen yleistyminen vie osaltaan markkinoita myös muilta öljyn korvaajilta. Todennäköistä on kuitenkin sekä bio- että sähköautojen yleistyminen. Myös 2015 aloittaneen Suomen hallituksen yksi hallitusohjelman tavoite on kasvattaa uusiutuvien polttoaineiden osuus liikenteessä 40 prosenttiin vuoteen 2030 mennessä (Valtioneuvoston kanslia, 2015, 24). LignoCat-projektin onnistumisella saavutettaisiin ympäristöhyötyä ja edistettäisiin osaltaan teknologian kehittymiseen nestemäisten

biopolttoaineiden tuotannossa. Myös saatava tutkimustieto on merkittävää uusien tuotteiden kehittämisessä

8 TALOUDELLISUUS

Pyrolyysiöljyn käytön taloudellisuuteen liittyy pyrolyysiöljyn tuotantokustannusten ja hinnan lisäksi olennaisesti POK:in ja POR:in hinta ja niiden käytöstä aiheutuvat kustannukset. Vastaavasti pyrolyysiöljyn hintaan vaikuttavat sen valmistuksen kustannukset. Pyrolyysiöljyn valmistuksen suurimmat kustannuksiin vaikuttavat tekijät ovat raaka-aineen hinta sekä laitoksen investointi. Laitoksen hintaan vaikuttaa erityisesti sen koko sekä mahdollisuus integroida se olemassa olevaan voimalaitokseen (Starck, 2011). Pyrolyysiöljyn valmistukseen liittyvät tarkat kustannukset ja muut taloudelliset seikat ovat luottamuksellista tietoa eikä niistä tässä työssä tehdä tarkempaa analyysiä

Investoitaessa pyrolyysiöljyn käyttöön merkittävä harkintaan vaikuttava tekijä on fossiilisten polttoöljyjen hinnat. Tällä hetkellä raakaöljyn ja sitä kautta POK:in ja POR:in hinnat ovat erittäin alhaalla. Hinta on laskenut muutaman vuoden aikana jopa yli 70 % (Ölly- ja biopolttoaineala ry, 2016a) Raakaöljyn hinnan kehitys on esitetty kuvassa 3. Alhainen öljyn hinta heikentää osaltaan bioöljyyn investoimisen houkuttelevuutta. Kuitenkin huomattava tekijä fossiilisten polttoöljyjen kustannuksissa ovat niihin liittyvät verot. Veron suuruus on kasvanut jatkuvasti, koska tavoitteena on siirtyä yhä enemmän ympäristöystävällisempiin polttoaineisiin. Lisäksi veroa (pois lukien arvonlisävero) maksetaan tilavuuden, eikä ostohinnan mukaan. Näiden verojen määrä käyttäjälle ei siis pienene öljy hinnan laskiessakaan. (L 29.12.1994/1472)



Kuva 4 Raakaöljyn maailmanmarkkinahinnan kehitys (USA:n dollaria barrelilta), (Ölly- ja biopolttoaineala ry, 2016b)

Fossiilisten polttoaineiden verotus ja päästöraajat tulevat oletettavasti nousemaan myös jatkossa. Lisäksi öljyn hinnan voidaan olettaa nousevan jälleen tulevaisuudessa. Viimevuotiset muutokset hinnoissa ovat olleet poikkeuksellisen suuria. Investointeja harkitessa myös polttoaineen hinnan vakaus voi olla huomioon otettava tekijä. Ainakin Savon Voiman tapauksessa ”kotimaisesta puuperäisestä materiaalista jalostettavan bioöljyn hinnan ennustettavuus ja hintatason vakaus puhuivat valinnan puolesta” (Niskanen, 2014, 28). Pyrolyysiöljyn hinnan voidaan olettaa olevan merkittävästi vakaampi kuin fossiilisten öljyjen hintojen. Tällöin myös investointilaskelmien herkkyyksianalyyseissä määritettävät vaihtelut ovat pienempiä. Fossiilisten öljyjen markkinahintaan vaikuttavat merkittävästi esimerkiksi tuottajamaiden politiikka sekä kyseisten alueiden mahdolliset konfliktit. Vastaavasti myös suurvaltapolitiikka vaikuttaa koko maailman öljyn hintaan. Suomalainen pyrolyysiöljy valmistetaan biomassasta, joka on taloudellisesti edullisinta tuottaa lähialueilta tuodusta materiaalista. Suomalaisen kokopuun, hakkeen tai metsätähdehakkeen hintakehityksen ennustettavuus ja tasaisuus edistää siis pyrolyysiöljyn houkuttelevuutta.

Polttoaineen hinnan lisäksi päästöoikeudet vaikuttavat polttoaineen kustannustehokkuuteen. EU:n sisäiseen päästökauppajärjestelmään kuuluu hiilidioksidin päästöoikeudet, jotka vaikuttavat kevyen ja raskaan polttoöljyn käytön kustannuksiin (Energiavirasto, 2016). Ympäristönsuojeluun liittyvän politiikan kiristymiseen ja sitä kautta päästöoikeuksien hinnan nousuun tulevaisuudessa on myös syytä varautua uusien ilmastotavoitteiden myötä.

9 YHTEENVETO

Pyrolyysiöljy on bioöljyä, jota tuotetaan kaasuttamalla biomassaa pyrolyysireaktiossa kuumissa ja hapettomissa olosuhteissa. Pyrolyysiöljyllä on mahdollista korvata fossiilisia polttoaineita, pääasiassa kevyttä ja raskasta polttoöljyä. Fossiilisen polttoöljyn korvaaminen biomassasta valmistetulla pyrolyysiöljyllä vähentää merkittävästi ympäristöön kohdistuvaa rasitetta ja edistää Suomen tavoitteita hiilidioksidipäästöjen vähentämisestä. Fortum tuottaa pyrolyysiöljyä ainoana valmistajana Suomessa Joensuun CHP-laitokseen integroidussa bioöljylaitoksessa. Tuotannon kapasiteetti on 50 000 tonnia vuodessa. Myös biojalostusyhtiö Green Fuel Nordic aikoo rakentaa Suomeen biojalostamoita tuottamaan pyrolyysiöljyä.

Pyrolyysiöljy eroaa ominaisuuksiltaan merkittävästi fossiilista polttoöljyistä, joita sillä pyritään korvaamaan. Pyrolyysiöljyn lämpöarvo on alle puolet raskaan ja kevyen polttoöljyn lämpöarvosta. Lisäksi sillä on korkea vesi- ja kiintoainepitoisuus sekä kevyttä polttoöljyä korkeampi viskositeetti. Pyrolyysiöljyllä on taipumusta muodostaa varastoitaessa eri faaseista koostuvia kerroksia. Faasien erottuminen heikentää pyrolyysiöljyn ominaisuuksia polttoaineena. Komponenttien kestävyys vaikuttaa lisäksi pyrolyysiöljyn syövyttävyyttä. Pyrolyysiöljyn erityispiirteet on otettava huomioon pyrolyysiöljyn käytössä ja varastoinnissa.

Faasien erottumista varastoinnin aikana voidaan minimoida maltillisella varastointilämpötilalla sekä aktiivisella sekoituksella. Matalaa pH:ta kestävät materiaalit säiliöissä, putkissa ja tarvittavissa komponenteissa suojaavat syövyttävyydeltä. Matala lämpöarvo vaatii fossiilista polttoöljyä suuremman tilavuusvirran, mikäli halutaan tuottaa yhtä paljon energiaa. Myös muut ominaisuudet voivat aiheuttaa erityistarpeita komponenttien osalta.

Pyrolyysiöljyn käyttöä useilla eri tekniikoilla on tutkittu ja näin saatu tietoa sen käyttäytymisestä polttoaineena eri kohteissa. Suomessa pyrolyysiöljyä käytetään POK:in ja POR:in korvaajana lämpölaitoksilla joko jatkuvassa ajossa tai tehohuippujen aikaan. Fortum käyttää pyrolyysiöljyä kahdella eri laitoksella: Joensuussa voimalaitosalueella sekä Espoon Vermossa. Lisäksi energiayhtiö Savon Voima ostaa pyrolyysiöljyä

Fortumilta käyttääkseen sitä Iisalmen Kivirannankujan lämpökeskuksessa. Myös Ruotsissa on testattu Fortumin pyrolyysiöljyä E.ON:in Karlshamnin voimalaitoksessa.

Fortum on muokannut pyrolyysiöljyä käyttävät kattilat vanhoista fossiilisilla polttoaineilla toimivista kattiloista. Joensuussa sijaitseva kattila toimi alun perin kevyellä polttoöljyllä ja Vermossa käytettiin raskasta polttoöljyä ja maakaasua. Savon Voiman pyrolyysiöljyä käyttävä kattila sen sijaan on rakennettu alun perin kyseiselle polttoaineelle sopivaksi. Kaikissa mainituissa kattiloissa on otettu huomioon pyrolyysiöljyn ominaisuudet. Yleensä ottaen joko uuden kattilan rakentaminen tai vanhan modifioiminen pyrolyysiöljyn käyttöä varten on verrattain helposti toteutettavissa.

Suomessa pyritään jatkuvasti vähentämään fossiilisten polttoaineiden käyttöä. Tämän kehityksen myötä niiden käyttö on myös entistä kalliimpaa. POK:in ja POR:in hinta on verrannollinen raakaöljyn hintaan, joka on hetkellisesti merkittävän edullinen. Kuitenkin jatkuvasti kiristynvä fossiilisten polttoöljyjen verotus rohkaisee vaihtamaan niiden käytön biopolttoaineisiin. Pyrolyysiöljy on todistetusti toimiva vaihtoehto raskaan ja kevyen polttoöljyn käytön vähentyessä. Lämpölaitokset ovat osoittautuneet toimivaksi käyttökohteeksi. Tulevaisuuden mahdollisuuksia ovat lisäksi pyrolyysiöljyn jalostus niin, että sitä voitaisiin käyttää useammissa kohteissa, kuten liikennepolttoaineena.

LÄHDELUETTELO

- Chiaromonti D., Oasmaa A., Solantausta Y., 2005. Power generation using fast pyrolysis liquids from biomass. *Renewable & sustainable energy reviews* [verkkolehti], no. 11. Saatavissa: Elsevier ScienceDirect
- Diopold, G., Czernik, S., 1997. Additives To Lower and Stabilize the Viscosity of Pyrolysis Oils during Storage. *Energy & Fuels* [Verkkolehti] no. 11. Saatavissa: ACS Publications
- Niskanen M., 2014, Iisalmen kaukolämmityksessä siirrytään bioöljyyn. *Energiauutiset*, 1/2014
- Energiavirasto, 2016. Yleistä päästöoikeuksista. [Energiaviraston www-sivuilta] Saatavissa: <http://www.energiavirasto.fi/yleista-paastokaupasta> [Viitattu 14.4.2016]
- Fortum 2012. Fortum Oyj lehdistötiedote 7.3.2012 [Fortumin www-sivuilla] Saatavissa: <http://www.fortum.com/fi/media/pages/fortum-rakentaa-ensimmaisen-teollisen-mittakaavan-integroidun-biooljylaitoksen-joensuuhun-1.aspx>
- Fortum, 2013a. Fortum Oyj lehdistötiedote 11.10.2013 [Fortumin www-sivuilla] Saatavissa: <https://www.fortum.fi/fi/media/Pages/fortum-toimittaa-biooljya-savon-voimalle.aspx>
- Fortum, 2013b. Vermon lämpökeskus tuottaa kaukolämpöä Fortum Otso-bioöljyllä. [Fortumin www-sivuilla] Päivitetty 26.11.2013. Saatavissa: <http://www.fortum.com/countries/fi/yksityisasiakkaat/kaukolampo/tutustu-kaukolampoon/tulevaisuuden-lampo/vermon-lampokeskus/pages/default.aspx> [Viitattu 28.12.2015]

Fortum 2014. Fortum Oyj lehdistötiedote 11.3.2014 [Fortumin www-sivuilla]
Saatavissa: <https://www.fortum.fi/fi/media/pages/fortum-upm-ja-valmet-kehittavat-yhdessa-edistyneiden-biomassapohjaisten-polttoaineiden-valmistustekniikkaa.aspx>

Fortum, 2015a. Bioöljy. [Fortumin www-sivuilla] Päivitetty 26.5.2015. Saatavissa:
<http://www.fortum.com/fi/energiantuotanto/polttoaineet/biooljy/pages/default.aspx>
[Viitattu 28.12.2015]

Fortum 2015b. Fortum Oyj lehdistötiedote 20.8.2015. [Fortumin www-sivuilla]
Saatavissa: <http://www.fortum.com/fi/media/pages/savon-voima-korvaa-kaukolammontuotannossa-polttoöljya-fortumin-kotimaisella-biooljylla.aspx>

Fortum 2015c. Fortum Oyj lehdistötiedote 1.9.2015 [Fortumin www-sivuilla]
Saatavissa: <https://www.fortum.fi/fi/media/pages/fortumilta-ensimmainen-vientiera-suomalaista-biooljya-eonlle-ruotsiin.aspx>

Green Fuel Nordic, 2012. Tiedote 23.02.2012 [Green Fuel Nordicin www-sivuilla]
Saatavissa: <http://www.greenfuelnordic.fi/fi/page/23?newsitem=3>

Green Fuel Nordic, 2013. Kuinka modifioidaan olemassa oleva laitos bioöljylle soveltuvaksi [Green Fuel Nordicin www-sivuilla] Saatavissa:
http://www.greenfuelnordic.fi/resources/public//media/download/White%20Papers//2013-09-Kuinka-modifioidaan-olemassa-oleva-laitos-bio%C3%B6ljylle-soveltuvaksi_v1.0.pdf [Viitattu 21.4.2016]

Green Fuel Nordic, 2016. Tiedote 15.01.2016 [Green Fuel Nordicin www-sivuilla]
Saatavissa: <http://www.greenfuelnordic.fi/fi/page/23?newsitem=48>

Hämäläinen J., Tuotepäällikkö, pyrolyysiöljy, Fortum Oyj, 2016. Sähköpostit
14.12.2015 – 26.1.2016

Lehto, J., Oasmaa, A., Solantausta, Y., Kytö, M., Chiaramonti, D., 2013. Fuel oil quality and combustion of fast pyrolysis bio-oils. Espoo: VTT. VTT Technology 87. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2013/t87.pdf>

Lehto J., Oasmaa A., Solantausta Y., Kytö M., Chiaramonti D., 2014. Review of fuel oil quality and combustion of fast pyrolysis bio-oils from lignocellulosic biomass. Applied Energy [Verkkolehti] no. 116. Saatavissa: Elsevier ScienceDirect

Motiva, 2015. Liikenteen energiankulutus ja pakokaasupäästöt. [Motivan www-sivuilta] Päivitetty 27.11.2015. Saatavissa: http://www.motiva.fi/liikenne/perustietoa_liikenteesta_ja_ymparistosta/liikenteen_energiankulutus_ja_pakokaasupaastot [Viitattu 13.4.2016]

Qiang L., Li W., Zhu X., 2009. Overview of fuel properties of biomass fast pyrolysis oils. Energy Conversion and Management [Verkkolehti] no. 50. Saatavissa: Elsevier ScienceDirect

Oasmaa, A., Leppämäki E., Koponen P., Levander J., Tapola E., 1997. Physical characterisation of biomass-based pyrolysis liquids – Application of standard fuel oil analyses. Espoo: VTT. VTT:n julkaisut 306. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/publications/1997/P306.pdf>

Oasmaa, A., Peacocke, C., 2010. Properties and fuel use of biomass-derived fast pyrolysis liquids. A Guide. Espoo: VTT. VTT:n julkaisut 731. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/publications/2010/P731.pdf>

Solantausta A., Sipilä K., Lindfors C., Lehto J., Autio J., Jokela P., Alin J., Heiskanen J., 2012. Bio-oil Production from Biomass: Steps toward Demonstration. Energy & Fuels [Verkkolehti], no. 29. Saatavissa: ACS Publications

Starck J., 2011. Nopeaan pyrolyysiin perustuvan bioöljyn tuotantolaitoksen liiketoiminnallinen malli ja kannattavuuslaskenta Savonlinnan seudulla. Diplomityö, Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Saatavilla:
<https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/72113/nbnfi-fe201109275594.pdf?sequence=3>

Tilastokeskus, 2015. Sähkön ja lämmön tuotannon polttoaineet, TJ. [Tilastokeskuksen www-sivuilla] Päivitetty 29.10.2015. Saatavissa:
http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__ene__salatuo/020_salatuo_tau_102.px/?rxid=ade404a8-4c3b-44d4-b9db-0107e239305f [Viitattu 26.4.2016]

Valtioneuvoston kanslia, 2015. Pääministeri Juha Sipilän hallituksen strateginen ohjelma. Hallituksen julkaisusarja 10/2015. Edita Prima 2015, ISBN 978-952-287-181-7. Saatavissa:
http://valtioneuvosto.fi/documents/10184/1427398/Ratkaisujen+Suomi_FI_YHDISTETTY_netti.pdf/801f523e-5dfb-45a4-8b4b-5b5491d6cc82

L 29.12.1994/1472. Laki nestemäisten polttoaineiden valmisteverosta

VNa 24.10.2013/750. Valtioneuvoston asetus polttoaineteholtaan alle 50 megawatin energiantuotantoyksiköiden ympäristönsuojeluvaatimuksista

Öljy- ja biopolttoaineala ry, 2106a. Öljytuotteiden maailmanmarkkinahintojen kehitys. [Öljy- ja biopolttoaineala ry:n www-sivuilta] Saatavissa:
https://docs.google.com/spreadsheets/d/1MnrDYPNhXOucVRe9tMF_x1WshYP46q1o5Oq2TnHnJiA/pub?single=true&gid=6&output=html [Viitattu 14.4.2016]

Öljy- ja biopolttoaineala ry, 2106b. Raakaöljyn hintakehitys. [Öljy- ja biopolttoaineala ry:n www-sivuilta] Saatavissa: <http://www.oil.fi/fi/tilastot-1-hinnat-ja-verot/13-raakaoljyn-hintakehitys> [Viitattu 19.4.2016]

LIITE 1. PERIAATEKUVA JOENSUUN PYROLYYSILAITOKSESTA

