

LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN YLIOPISTO

LUT School of Energy Systems

Energiatekniikan koulutusohjelma

BH10A0201 Energiatekniikan kandidaatintyö ja seminaari

Kattilatekniikat biopolttoaineille alle 5 MW teholuokassa

Boiler Options for Bio Fuels under 5 MW Thermal Power

Työn tarkastaja: Tkt Teemu Turunen-Saaresti

Työn ohjaajat: Tkt Teemu Turunen-Saaresti ja Tkt Aki Grönman

Lappeenranta 14.4.2015

Tapio Putkonen 0370830

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan teknillinen yliopisto
LUT School of Energy Systems
Energiatekniikan koulutusohjelma

Tapio Putkonen

Kattilatekniikat biopolttoaineille alle 5 MW:n teholuokassa Boiler Options for Bio Fuels under 5 MW Thermal Power

Kandidaatintyö

14.4.2015

27 sivua, 10 kuvaa, 2 liitettä

Tarkastaja: TkT Teemu Turunen-Saaresti

Ohjaajat: TkT Teemu Turunen-Saaresti ja TkT Aki Grönman

Hakusanat: arinakattila, biopolttoaine, leijukerroskattila, uusiutuva energia, biokattila

Keywords: grate boiler, bio fuel, bubbling fluidized bed boiler, renewable energy, bio boiler

Tässä kandidaatintyössä on tarkoituksena kertoa mahdollisista eri biopolttoaineista ja niiden polttamiseen kehitetyistä kattilatekniikoista alle 5MW:n kokoluokassa. Eri kattilatyyppejä esitellään ja vertaillaan niiden toiminta-arvojen ja investointihintojen perusteella. Lisäksi työssä esitellään näiden kattilatyyppeiden kotimaisia polttokattilavalmistajia ja -myyjiä tarkastellun tehoalueen rajoissa.

Työssä käsitellään vain pienitehoisia biopolttoainekattiloita, jolloin kattilaratkaisut rajoittuvat lähinnä arina- ja leijukerroskattiloihin. Kaasutuskattilat rajattiin työn ulkopuolelle työn rajatun laajuuden takia. Kaasutuskattiloilla on myös Suomessa vähän ja niiden tarjonta on pientä. Kattiloista on pyritty selvittämään niiden paineluokat ja tuotetun veden tai höyryn lämpötila.

Kattilavalmistajilta kerättiin tietoa kyselyillä ja internetsivujen avulla. Valmistajien ja toimittajien halukkuus kertoa omista tuotteistaan vaihteli jonkin verran. Tämän takia myös tiedon määrä tuotteista vaihtelee yrityksien välillä.

Sisällysluettelo

1 Johdanto	4
2 Biopolttoaineet	6
2.1 Polttoaineet ja niiden ominaisuudet	7
3 Arinakattila	8
3.1 Jaottelu.....	8
3.2 Toimintaperiaate.....	9
3.3 Soveltuvat polttoaineet	12
3.4 Kattilavalmistajat.....	12
3.4.1 Actorit Oy	12
3.4.2 Ariterm	12
3.4.3 Biofire	13
3.4.4 Enerkon	14
3.4.5 Hansa Power	15
3.4.6 Hesesteel	15
3.4.7 Kardonar.....	15
3.4.8 KPA Unicon.....	16
3.4.9 Laatukattila.....	17
3.4.10 Nakkila Group.....	17
3.4.11 NordAutomation Oy	17
3.4.12 Renewa.....	18
3.4.13 Tulostekniikka.....	18
3.4.14 Vapor Boilers	19
4 Pölypoltin	20
4.1 Jaottelu.....	20
4.2 Valmistajat.....	21
4.2.1 KPA Unicon.....	21
5 Leijukattila	22
5.1 Leijukerroskattila.....	22
5.2 Soveltuvat polttoaineet	24
5.3 Kattilavalmistajat.....	24
5.3.1 KPA Unicon.....	24
5.3.2 Renewa.....	25
5.3.3 Vapor Boilers	25
6 Kattiloiden vertailu	26
7 Yhteenveto ja johtopäätökset	28
Lähdeluettelo	29

LIITE I. Arinakattiloiden tiedot taulukoituna

LIITE II. Leijukerroskattiloiden tiedot taulukoituna

1 JOHDANTO

Fossiilisten polttoaineiden korvaaminen muilla polttoaineilla on tämän ajan tärkeitä energiapoliittisia tavoitteita. Erityisen tärkeää on vähentää hiilen ja öljyn käyttöä. Tähän tarkoitukseen biopolttoaineet soveltuvat hyvin, sillä ne ovat suhteellisen halpoja ja Suomessa niitä on tarjolla erittäin paljon. Biopolttoaineiden käyttöä tullaan tulevaisuudessa luultavasti lisäämään varsinkin sähkön ja lämmön yhteistuotannossa.

Biopolttoaineiden lisäämistä puoltaa myös Suomessa metsäalan vankka osaaminen ja valmis infrastruktuuri. Näissä asioissa on toki kehittämistä, mutta valmiilta pohjalta on huomattavasti helpompi laajentaa toimintaa. Suomesta löytyy myös paljon osaamista biopolttoaineiden polttamiseen käytettävistä polttokattiloista verrattuna moniin muihin maihin. Pieniä biopolttokattilanvalmistajia löytyykin monista kaupungeista ja kunnista ympäri Suomea. Suomessa on myös kysyntää pienille biopolttokattiloille kaukolämmöntuotantoon. Esimerkiksi vanhoja kerrostalojen öljykattiloita korvataan uusilla pelletti- tai hakelämmitteisillä kattiloilla.

Poltettaessa biopolttoaineita oikean kattilan valinta on tärkeää, jotta voimalaitos toimisi mahdollisimman hyvällä hyötysuhteella ja tuottaisi mahdollisimman vähän päästöjä. Vääränlaisella kattilalla ei välttämättä voida polttaa liian kosteaa polttoainetta, mikä voi olla ongelma biopolttoaineiden kanssa.

Kattilan valintaan vaikuttavat kattilan koko ja käytettävä polttoaine. Pienemmissä kattiloissa valinnan voi suorittaa vain muutaman eri arinavaihtoehdon väliltä, mutta isommissa täytyy valita jo kattilatyypin leijukerroskattilan ja arinakattilan väliltä. Tämän työn käsittelemässä 5 MW:n kokoluokassa on jo muutamia eri leijukerroskattiloita, joten eri vaihtoehtoja alkaa olla jonkin verran. Kattiloista on pyritty selvittämään niiden paineluokat ja lämpöteho.

Lopulta biopolttokattiloiden valmistajia löytyi lopulta yllättävän paljon. Usein kattiloita valmistetaan vain kotitalouksien käyttöön, mutta myös hieman isompia megawatin kokoluokan kattiloita löytyy useilta valmistajilta. Tämän luokan kattilat ovat lähes poikkeuksetta arinakattiloita, jotka ovat halvempia ja yksinkertaisempia kuin leijukerroskattilat.

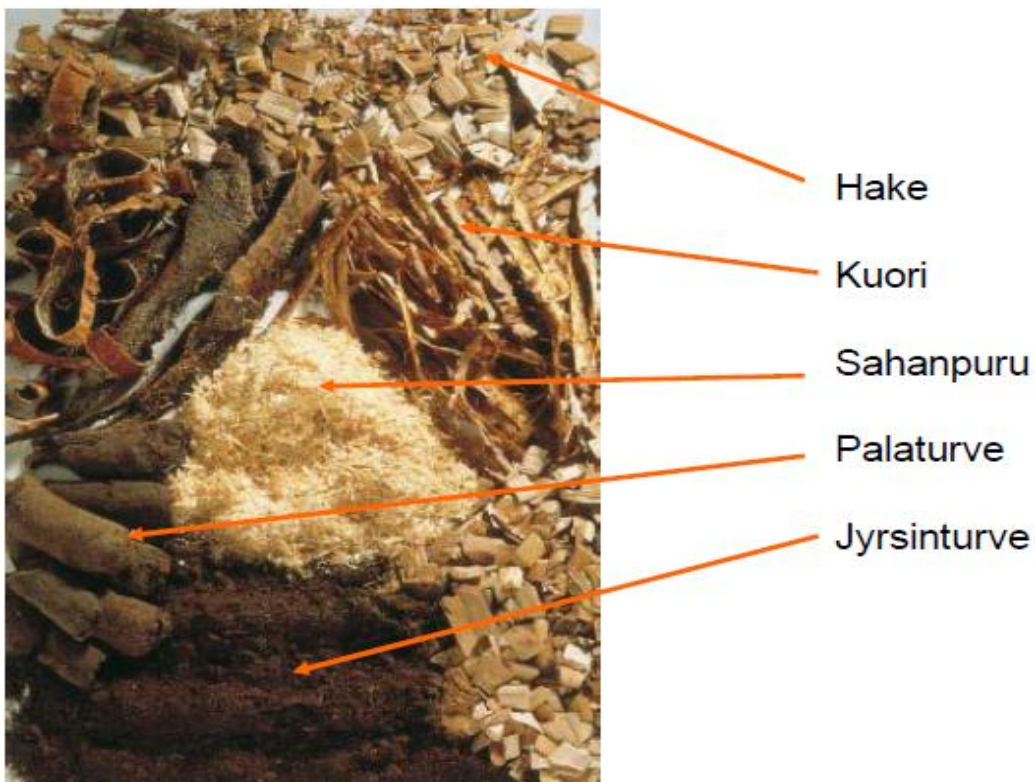
Leijukerroskattiloiden valmistajia löytyikin huomattavasti vähemmän ja tällöin saatavia malleja oli vain muutamia. Pientä tarjontaa selittää osaksi vaikea kokoluokka, jossa teho on liian pieni huomattavaan teolliseen käyttöön, mutta kattila on huomattavasti edistyneempää tekniikkaa kuin vanha arinakattila. Leijukerroskattilat vaativat enemmän erikoisosaamista ja ovat monimutkaisempia käyttää. Kokoluokaltaan pienet leijukerroskattilat ovat liian isoja maataloille tai puutarhoille ja toisaalta liian pieniä useimpien voimalaitosten tarpeisiin. Näiden syiden takia niiden markkinat ovat huomattavasti pienemmät, jolloin niitä myyvät lähinnä keskisuuret yritykset arinakattiloiden rinnalla.

2 BIOPOLTTOAINEET

Tässä työssä tarkastellaan kiinteitä biopolttoaineita, joten biokaasu ja erilaiset nestemäiset biopolttoaineet jäävät käsittelemättä. Tämä jako on tehty, sillä biokaasua käytetään lähinnä maakaasun rinnalla ja nestemäiset biopolttoaineet ovat lähinnä tarkoitettu liikenteen käyttöön eivätkä ole Suomessa vielä kovin yleisiä, jos etanolia ei oteta huomioon.

Kiinteisiin biopolttoaineisiin luetaan lähinnä maa- ja metsätaloustuotteita: puu, metsätähde, pelletti, briketti, olki ja muut viljeltävät energiakasvit. Viljellyt biopolttoaineet ovat Suomessa vielä harvinaisia eikä niiden yleistymisestä tulevaisuudessa ole kovin todennäköistä.

Käsiteltävistä polttoaineista hake on yleisin ja tärkein polttoaine. Suomen energiapoliittinen tavoite onkin lisätä hakkeen polttamista merkittävästi vuoteen 2020 mennessä. Vuonna 2009 haketta poltettiin noin 5 miljoonaa kuutiota ja vuonna 2020 tämän määrän pitäisi olla 12 miljoonaa kuutiota. (Ministry of Employment and the Economy, 2010)



Kuva 1. Erilaisia biopolttoaineita. (Vakkilainen (b) 2015)

2.1 Polttoaineet ja niiden ominaisuudet

Biopolttoaineille on yleistä korkea kosteusprosentti ja suuret alkali- ja klooripitoisuudet. Alkalit kuten kalium reagoivat kloorin kanssa muodostaen alkaliklorideja, jotka ovat alhaisessa lämpötilassa höyrystyviä suoloja. Tällaiset suolat muodostavat kattilan lämpöpinnoille tahmean pinnoitteen, joka aiheuttaa lämpöpinnojen korroosiota ja likaantumista. Lisäksi tällaiset yhdisteet voivat reagoida tuhkan sisältämien aineiden kanssa ja aiheuttaa tuhkan sulamispisteen alenemista.(VTT 2003)

Näitä ongelmia voidaan vähentää polttamalla seassa rikkipitoista turvetta tai hiiltä. Rikki reagoi alkalien kanssa muodostaen sulfaatteja, jotka eivät aiheuta ongelmia kattilalle.(VTT 2003) Euroopassa on suunniteltu paljon hiilen ja biomassan sekapolttua. Suomessa hiilen sijasta biomassan kanssa poltetaan usein turvetta.

Biopolttoaineet sisältävät suuria määriä haihtuvia kaasuja. Tämän takia niiden palamisesta syntyy suuri liekki, joka vaatii suuren palotilan. Toisaalta hiilen pienempi määrä tarkoittaa nopeampaa palamista, jolloin polttoaineen ei tarvitse viipyä arinalla yhtä pitkään.

Suurin haittapuoli biopolttoaineissa on niiden korkea kosteuspitoisuus. Koska biopolttoaineita poltettaessa täytyy höyrystää kaikki niiden sisältämä vesi, niiden tehollinen lämpöarvo alenee huomattavasti. Hakkeen tehollinen lämpöarvo on kuivana noin 19–19,5 MJ/kg ja hiilen 28,7 MJ/kg (Raiko et al. 2002, s.137). Hake on kuitenkin usein erittäin märkää, minkä takia sen tehollinen lämpöarvo saapumistilassa on usein noin 6-11 MJ/kg (Alakangas 2000). Tällöin haketta joudutaan polttamaan noin kahdesta viiteen kertaa enemmän kuin hiiltä, jotta saadaan tuotettua sama määrä lämpöä. Tämä on yksi syy, minkä takia ulkomaista hiiltä ja öljyä on Suomessakin suosittu, vaikka haketta ja turvetta on Suomessa aina ollut saatavilla.

Kun polttoaineen kosteusprosentti on liian suuri, täytyy sen kanssa polttaa jotain toista polttoainetta, jonka sisältämä tehollinen lämpöarvo on riittävän suuri. Tällöin tämä toinen polttoaine estää palamislämpötilan putoamisen liian pieneksi. Jos palamislämpötila putoaa liian alhaiseksi, palaminen häiriintyy, mikä johtaa päästöjen ja häviöiden lisääntymiseen. Samalla tuotettava höyry tai vesi ei ole enää laadultaan haluttua ja prosessi voi kärsiä.

3 ARINAKATTILA

Tässä osiossa esitellään arinakattila ja sen eri tyypit. Lisäksi esitellään arinakattiloita valmistavia ja myyviä yrityksiä.

3.1 Jaottelu

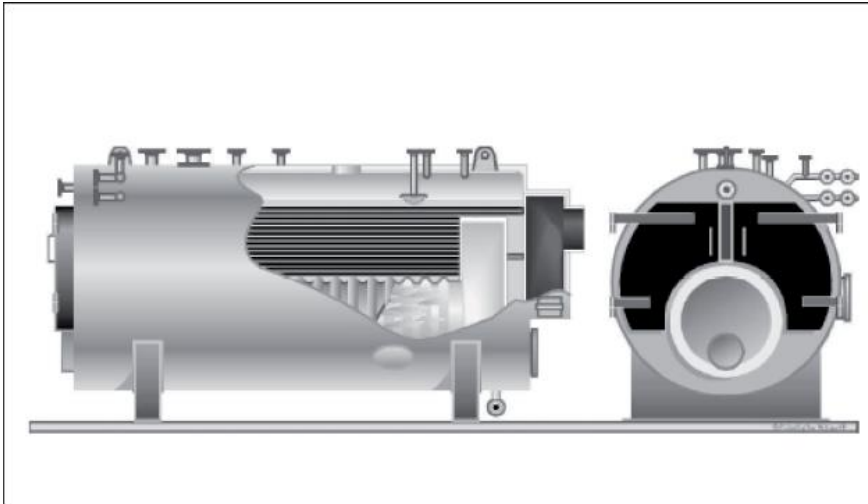
Arinakattiloiden nimi tulee niissä käytettävästä arinasta, joka on kattilan pohjalla sijaitseva polttoalusta. Arinat jaetaan kiinteisiin ja mekaanisiin arinoihin. Kiinteitä arinoita käytetään yleensä pienemmissä kattiloissa, joissa polttoaineen määrä ei ole niin suuri, että palaminen häiriintyisi ilman sekoitusta. Isommissa on suuren polttoainevirran takia automaattinen tuhkan poisto ja polttoaineensyöttö, jolloin käytetään mekaanista arinaa. (Raiko et al. 2002, s.133)

Arinat voidaan jakaa viiteen päätyyppiin: kiinteä tasoarina, kiinteä viistoarina, mekaaninen viistoarina, ketjuarinat ja erikoisarinat (Raiko et al. 2002, s.472).

Arinat voidaan lisäksi erotella jäähdytystavan avulla: pienet arinakattilat ovat usein ilmajäähdytteisiä. Tällöin arinaa jäähdytetään arinan alta virtaavalla polttoilmalla eli primääri-ilmalla. Suurempien kattiloiden arinat jäähdytetään vedellä, joka on osa kattilan vesikiertoa.

Vinoarina (ks. Kuva 3) on yleensä noin 30–50 asteen kulmassa, jolloin painovoima kuljettaa ja asettelee polttoainetta arinalle. Kulman suuruus voi vaihdella arinan eri kohdissa. Yleensä kulma onkin suurempi arinan alussa ja loivenee loppua kohti. Tällöin polttoaine sekoittuu rajusti palamisen alussa, mutta kun polttoaine on alkanut palaa, ei liiallinen liike enää häiritse palamista. (Huhtinen 1994, s. 133)

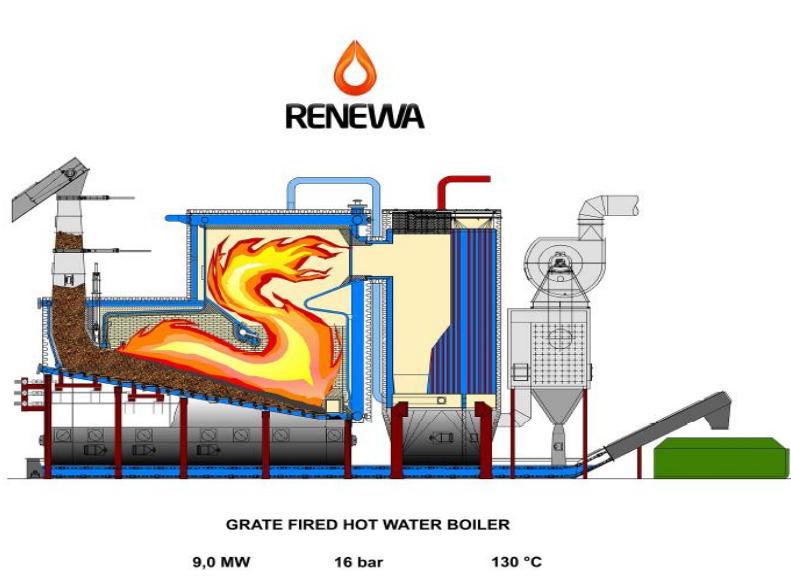
Arinatyypin lisäksi kattilat voidaan jakaa myös niiden vesihöyrypiirin rakenteen mukaan joko suurvesitilakattiloiksi (ks. kuva 2) tai vesiputkikattiloiksi (ks. kuva 3). Suurvesitilavuuskattilassa polttoaine palaa tulitorvessa, josta savukaasut virtaavat tuliputkiin. Tuliputkista jäähtynyt savukaasu poistuu savupiippuun. Vesi ympäröi tulitorvea ja -putkia, jolloin ne höyrystävät vettä. Höyry nousee ylös kattilan höyrytilaan, josta se viedään prosessiin. Suurvesitilakattiloita nimitetään usein myös tulitorvikattiloiksi.



Kuva 2. Suurvesitilavuuskattilan kuva (Energiateollisuus ry 2006)

Vesiputkikattilassa vesi virtaa kattilassa omien putkien sisällä, joissa se osittain höyrystyy ulkoa tuodun lämmön vaikutuksesta. Nämä putket vievät lieriöön, jossa vesi ja höyry eroavat: höyry menee prosessiin ja vesi jatkaa kiertoaan kattilassa.

Suurvesitilakattiloissa teholuokan kasvaessa täytyy lämpöpintoja suurentaa, mikä nostaa kattilan hintaa. Tämän takia suurvesitilakattiloita ei yleisesti ole kovin suurissa teholuokissa. Paineluokka on myös yleensä alle 20 baaria, jolloin kattilan painekuoret eivät rajoita vesitilaa liikaa. (Huhtinen 1994, s.104)



Kuva 3. Renewan arinalla varustettu vesiputkikattila

3.2 Toimintaperiaate

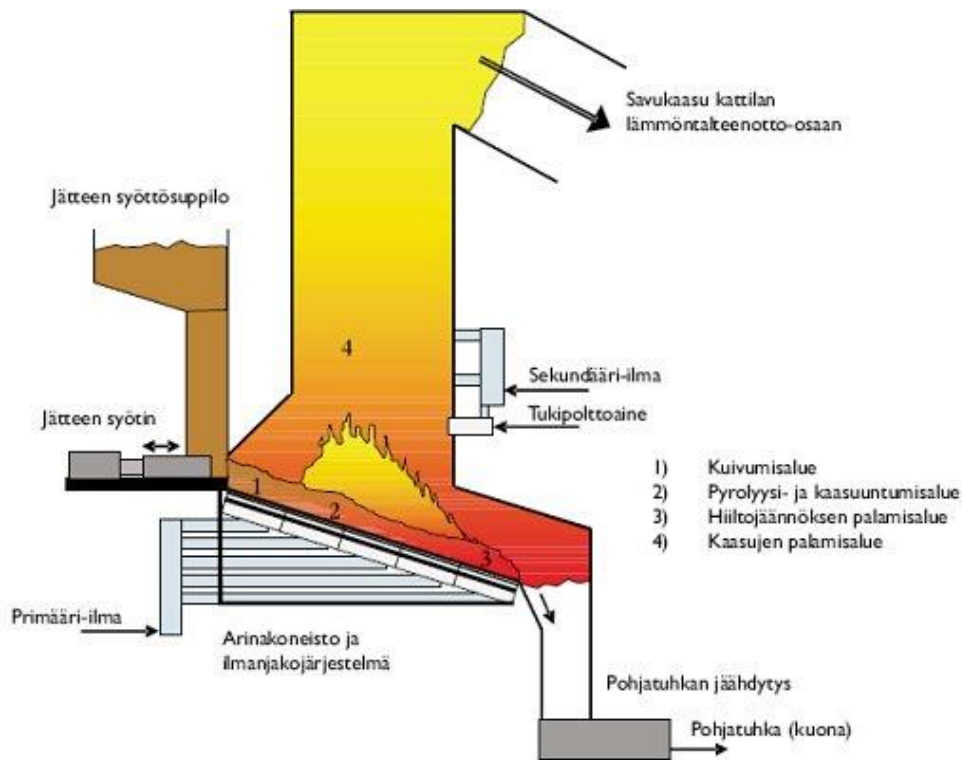
Arinakattila on vanhin kattilamalli ja varsin yksinkertainen. Polttoaine syötetään arinalle, jossa se palaa käyden läpi palamisen kolme vaihetta: kuivumisen, pyrolyysin ja haihtuvien kaasujen ja jäännöshiilien palamisen. Polttoaine syötetään usein arinalle syöttöruuvilla joko ylä- tai alakautta. Vaihtoehtoisesti polttoaine voidaan myös tiputtaa arinalle yläpuolella olevasta säiliöstä.

Palamisilma virtaa kattilaan arinasauvojen väliin jäävistä ilmaraoista. Lisäksi lisää ilmaa voidaan tuoda ylempänä kattilassa suuttimilla, jolloin varmistetaan haihtuvien kaasujen palamiseen riittävän tarpeeksi ilmaa. Ilmaraoista saatava ilma tunnetaan primääri-ilmana ja myöhemmin tuodut ilmapirrat sekundääri- ja tertiääri-ilmana. (Raiko et al. 2002, s.474)

Arinakattilassa polttoaine ei välttämättä sekoitu tasaisesti automaattisesti vaan sitä voidaan sekoittaa hydraulisesti liikkuvilla arinasauvoilla. Tämä liike sekoittaa polttoainetta ja liikuttaa sitä samalla eteenpäin. Tällöin arinan kulma on paljon loivempi kuin kiinteällä viistoarinalla. (Raiko et al. 2002, s.472)

Tuhka poistetaan arinan viimeisestä osasta eli tuhka-arinan loppuosasta sammutuskaukaloon. Tämä tuhka sisältää vielä jonkin verran palamiskelpoista polttoainetta ja hehkutushäviöt ovat selvästi suuremmat kuin leijupoltossa. (Raiko et al. 2002, s.475)

Nykypäivänä arinakattiloita on lähinnä alle 10 MW:n luokassa. Suuremman kokoluokan kattilat ovat yleensä leijukerroskattiloita. Arinakattiloiden suosio pienemmässä kokoluokassa johtuu pienemmistä investointikustannuksista. Suuremmissa teholuokissa leijukerroskattiloiden parempi hyötysuhde voittaa suuremmat investointi sekä ylläpitokustannukset. Myös arinakattiloiden arinasauvojen uusiminen on kallista isoissa kokoluokissa.



Kuva 4. Jätteenpolttolaitoksen viistoarinakattila (Jätelaitosyhdistys 2014)

Arinakattiloiden arinavaihtoehtojen välillä tärkein valintaperiaate on tarvittava huollon määrä ja käyttöaste. Markkinoilla on tällä hetkellä monia eri arinatyyppisiä, joiden hyötysuhde on lähes identtinen. Ero tulee esimerkiksi tuhkan käsittelystä polttokammiossa. Jotkut arinatyyppit vaativat manuaalisen arinan putsauksen jopa muutaman päivän välein, kun taas jotkut arinat vaativat sen vain vuosihuollon yhteydessä.

Arinakattiloita jäähdytetään yleensä palamisilmalla. Toinen yleinen mahdollisuus on jäähdyttää arinaa vedellä. Vesi kiertää putkissa arinan alla, ennen kuin se menee höyrystettäväksi kattilan höyrystin osaan. Tällöin vettä saadaan esilämmitettyä ennen höyrystimelle menoa.

3.3 Soveltuvat polttoaineet

Arinapolttoon soveltuvat kaikki kiinteät polttoaineet. Polttoaineet eivät kuitenkaan saa olla liian kosteita, jotta polttoaine ehtii palaa loppuun arinalla. Liian kostella polttoaineella kuivuminen ja lämpeneminen on liian hidasta ja palamatonta polttoainetta joutuu tuhkan mukana tuhkakaukaloon. Tämä häviö tunnetaan nimellä hehkutushäviö. Jos polttoaine on liian kostea, täytyy arinalla polttaa lisäksi jotain toista paremmalla lämpöarvolla olevaa polttoainetta. Tällöin palamisesta syntyy tarpeeksi lämpöä, että kuivuminen nopeutuu ja polttoaine ehtii palaa loppuun arinalla.

3.4 Kattilavalmistajat

Tässä työn osiossa esitellään kattiloiden valmistajia sekä voimalaitosten myyjiä. Kaikki listalla olevat yritykset eivät valmista itse kattiloita vaan tilaavat ne muilta suomalaisilta yrityksiltä tai tuovat niitä maahan ulkomailta. Suurin osa yrityksistä tekee kattiloihin kuitenkin itse muokkauksia asiakkaan toiveiden täyttämiseksi.

3.4.1 Actorit Oy

Actorit Oy tarjoaa modulaarisia lämpökeskuksia 0,3–6 MW:n teholuokissa. Lämpökeskus toimitetaan valmiina asiakkaalle. Vähimmillään asiakas hankkii vain tontin, jolle lämpökeskus rakennetaan.

Yrityksen kattilat ovat tyypiltään mekaanisia vinoarinakattiloita. Polttoaineena niissä voidaan käyttää monia eri biopolttoaineita kuten pellettejä, brikettejä, haketta tai palaturvetta. Kattila mahdollistaa myös yhdistelmäpolton. Yrityksen tuottamat laitokset ovat lähinnä kaukolämpölaitoksia, mutta osassa tuotetaan myös sähköä (Actorit (b) 2015).

3.4.2 Ariterm

Ariterm on varsinkin pellettipolttuon erikoistunut yritys, joka myy kokonaisia lämpölaitoksia asennuksineen avaimet-käteen periaatteella sekä laiteasennuksia. Lämpölaitoksia on saatavilla 0,5–10 MW kokoluokissa. Kuitenkin kaikki yli 3 MW:n lämpölaitokset toteutetaan useilla polttokattiloilla, joissa jokaisessa on kaksi poltinta

rinnan. Tämä mahdollistaa laitoksien ajamisen pienemmillä osakuormilla ja vikatilanteissa pystytään toimimaan vielä osateholla. (Ariterm (e) 2014)

Yritys tarjoaa kattiloihinsa neljää erilaista poltinta, joka määräytyy käytettävän polttoaineen ja halutun tehon mukaan. Poltin käsittää käytännössä kattilan tulipesän rakenteen eli arinan ja palamisilma puhaltimet.

Pienin poltin on HakeJet, jonka teho alue on 40–400 kW. Tässä polttimessa on ilmajäähdytetty kiinteä tasoarina, joka vaatii arinana hoitotyötä. Hoitotyö käsittää noin joka toinen päivä tehtävän arinan kolauksen, mutta työn määrä riippuu polttoaineen laadusta. Polttimella voidaan polttaa haketta ja puupellettejä.

MultiJet on 40–1000 kW tehoinen poltin. Siinä arina on ilmajäähdytetty liikkuva rappuarina. Arina on itsepuhdistuva. Polttimella voidaan polttaa haketta, puupellettejä sekä jäteviljaa tms.

BioJet on 60–1500 kW tehoinen poltin. Arina on vesijäähdytetty kiinteä arina. Tällöin arina vaatii manuaalista puhdistusta. Arinalla voidaan polttaa puupellettejä. Lisäksi haketta voidaan polttaa, jos teho on alle 300 kW.

BioJet Multi on liikkuvalla rappuarinalla varustettu poltin. Arina on vesijäähdytetty. Poltinta saa 0,3–2 MW:n tehoisina. Polttimessa voi polttaa puupellettejä. Biojet polttimissa vesijäähdytys lisää tehoa noin 10 % ja hyötysuhde on parempi suurempien lämpötilojen takia.

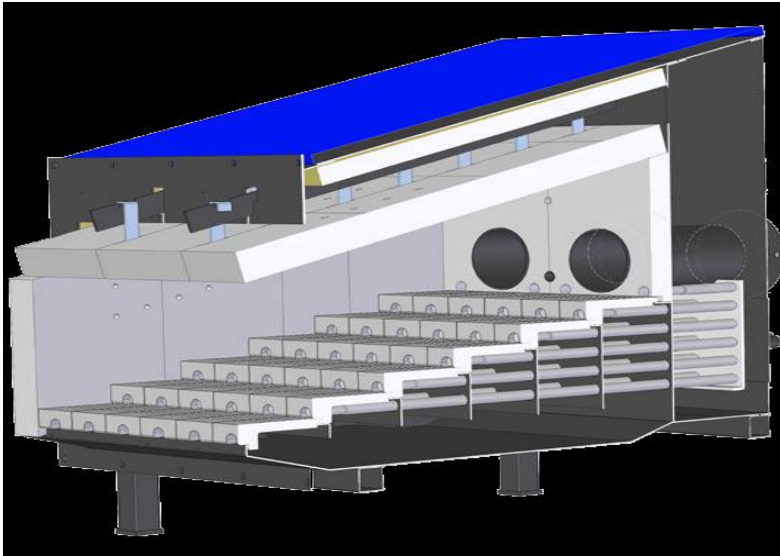
Yritys tarjoaa tällä hetkellä vain lämpimän veden tuotantoon tarkoitettuja laitoksia. Kuitenkin Biojet polttimia on käytetty höyryntuotantoon muissa kohteissa. Lisäksi yritys pyrkii tarjoamaan tulevaisuudessa myös höyryn tuotantoon kykeneviä laitoksia.

3.4.3 Biofire

Biofire myy hakkeen ja pellettien polttamiseen erilaisia lämpölaitoksia. Laitoksilla voidaan tuottaa ainoastaan lämmintä vettä. Hakkeen polttamiseen on kahta erilaista laitosmallia: yksi 60–500 kW:n tehoalueella ja toista 0,5–4 MW:n teholuokissa. Tässä osiossa esitellään ainoastaan isompi laitosmalli.

Arinakattila on porrassarina (kuva 5), jonka arinatangot liikkuvat hydraulisesti. Kattilaa saa aina 2 MW:n tehoiseksi asti. Tätä suuremmilla tehoilla lämpölaitos on varustettava useammalla kattilalla.

Yrityksellä on myös pellettien tai viljan polttamiseen oma lämpölaitosmalli, jota saa 60–4000 kW tehoisena. Tässäkin kattilaa saa korkeintaan 2 MW:n tehoisena.



Kuva 5. Biofire porrassarinakattila (Biofire 2014)

3.4.4 Enerkon

Enerkonilta on saatavilla joko valmiita lämpölaitoksia tai pelkkiä kattiloita. Kattiloita yritys tuo maahan 1 MW:n saakka. Lämpölaitoksia taas tehdään aina 10 MW:n kokoluokkaan asti. Enerkon rakentaa lämpölaitoksen ja asiakas saa päättää hoitaako itse lämpölaitoksen hoidon vai ostaako Enerkonilta vain tarvitsemansa lämmön.

Kattilat ovat arinakattiloita, joissa voidaan tuottaa joko höyryä tai kuumaa vettä. Höyrykattiloiden paine on 35 baaria ja lämpötila 500 °C. Lämminvesikattiloissa vettä voidaan lämmittää kattilatyypistä riippuen, joko 110 °C 6 tai 10 baarin paineessa, tai 200 °C 35 baarin paineessa. Kattiloissa voidaan polttaa haketta. (Enerkon (a) 2014)

Enerkon tuo maahan myös CHP-laitoksia joilla voidaan tuottaa, lämpöä, sähköä ja höyryä samanaikaisesti. Näitä CHP-laitoksia saadaan aina 10MW lämpötehoon saakka. (Enerkon (c) 2014)

3.4.5 Hansa Power

Hansa Power tarjoaa Uniconfort Oy:n valmistamia monia eri arinakattiloita, joilla voidaan tuottaa kuumaa vettä tai kylläistä tai tulistettua höyryä. Kattila voidaan varustaa joko kiinteällä tai liikkuvalla arinalla. Teholuokat ovat 0,35–5,8 MW ja kattilan paine on halutun höyryn lämpötilasta riippuen maksimissaan 25 baaria. Yritys tarjoaa kattiloiden lisäksi myös höyryturbiineja, ja jopa kokonaisia laitosratkaisuja. Käytettävät polttoaineet ovat hake, pelletti, turve ja sahanpuru. Polttoaineen korkein sallittu kosteus on 60 %.

3.4.6 Hesesteel

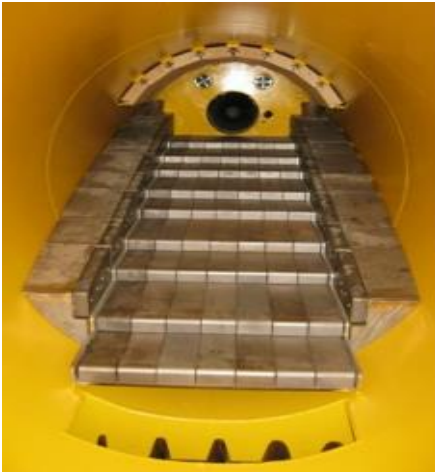
Hesesteel valmistaa lämpölaitoksia teholuokassa 50–3000 kW. Yritys käyttää lämpölaitoksissaan muiden yritysten lämmityskattiloita ja muut lämmityslaitoksen komponentit valmistaa itse konepajalla. Automaatio ja putkityöt yritys hoitaa yhteistyökumppaneilla. Pääasiassa Hesesteel käyttää Laatikattila ja Tulimax kattiloita, mutta asiakkaan pyynnöstä myös muiden valmistajien kattiloita voidaan käyttää. Lisäksi Hesesteel tarjoaa myös lämpölaitoksille kunnossapitopalveluita.

Hesesteelin kattiloiden arina on vesijäähdytetty porrassarina. Arinan sauvat liikkuvat joko hydraulisesti tai mekaanisesti.

3.4.7 Kardonar

Kardonar tuottaa pienen kokoluokan monipolttoainekattiloita, jotka ovat suurvesitilavuuskattiloita. Kattiloita saa teholuokissa 130–1500 kW. Kattilassa voidaan polttaa haketta, pellettejä, olkia, purua ja muita vastaavia polttoaineita. Huipputeho saavutetaan, jos hakkeen kosteus ei ole yli 35–40 %.

Polttoaine syötetään kattilassa syöttöruuvien avulla polttotilaan liikkuvalla porrassarinalle (kuva 6) kolmesta eri kohdasta, jolla varmistetaan tarpeeksi tasainen polttoaineen levittyminen arinalle. Kattilalla tuotetaan lämmintä vettä 3 bar paineessa ja 90 °C lämpötilassa, mutta erikoistilauksina kattilaa voidaan muuntaa asiakkaan tarpeiden mukaan.



Kuva 6. Kardonarin kattilan porrasarina suurvesitilavuuskattilassa (Kardonar (a) 2014)

3.4.8 KPA Unicon

Unicon Bioheat on arinakattilalla varustettu laitos. Kattilan arina on pyörivä kekoarina. Tällöin polttoaine syötetään kattilaan alapuolelta syöttöruuvilla ja se muodostaa kattilan sisällä keon. Polttoaine kuivuu matkalla keon päälle ja alkaa palaa keon päällä. Palaessaan polttoaine valuu keon päältä arinan reunoille, mistä se poistuu tuhkana tuhkatilaan. Kattilaa käytetään kuuman veden tai höyryn tuotannossa.

Kattiloita tuotetaan 3–25 MW:n teholuokissa ja kattilaan voidaan tehdä muutoksia asiakkaan toivomuksien mukaan. Lämmintä vettä tuottaessa maksimipaine on 16 bar ja lämpötila 180 °C. Höyrylle arvot ovat 50 bar ja 450 °C. Käytettävät polttoaineet ovat hake, kuori, sahanpuru, metsä tähteet ja turve. (KPA Unicon (a) 2015)



Kuva 7. Unicon Bioheat kattila pyörivällä kekoarinalla (KPA Unicon (a), Biograte 2014)

3.4.9 Laatokattila

Laatokattila myy useita erityyppisiä biokattiloita noin 20–6000 kW:n tehovälillä. Lisäksi lämpölaitoksia myydään 1–10 MW teholuokassa. Kattilat käyttävät tyypistä riippuen joko pellettejä, haketta tai muuta vastaavaa polttoainetta. Lisäksi kattiloissa voidaan polttaa varapolttoaineena esimerkiksi kevyttä polttoöljyä.

Kattiloihin on tarjolla monia eri arinavaihtoehtoja aina kiinteistä arinoista liikkuviin vinoarinoihin asti. Arinan valinta tehdään halutun polttoaineen ja kattilan koon perusteella. Kattilat on tarkoitettu ainoastaan lämpimän veden tuottamiseen.

3.4.10 Nakkila Group

Nakkila Group myy lämminvesi- sekä höyrylaitoksia. Saatavilla olevat lämpölaitokset ovat 1–10 MW:n kokoluokkaa ja käyttävät polttoaineenaan mm. haketta, turvetta ja kuorta.

Laitoksissa käytettävät kattilat ovat suurvesitilakattiloita (ks. kuva 2), joiden käyttöpaineet ovat 6, 10 tai 16 baaria. Näissä paineissa höyrykattiloissa onnistuu noin 20–50 asteen tulistus. Suurvesitilavuuskattilat eivät pääse kovin suuriin paineisiin, mistä johtuen tulistus jää kohtuullisen pieneksi. Myös käytettävissä oleva tila määrittää kuinka paljon tulistusta voidaan tehdä.

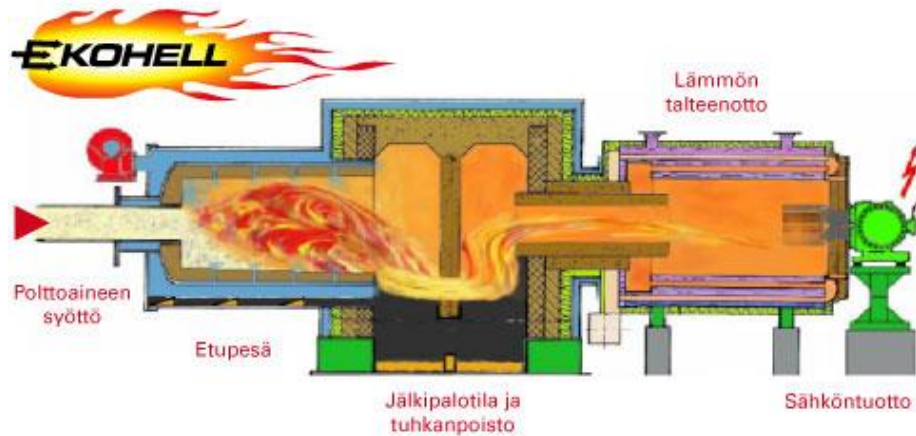
Kattiloissa käytettävä arina on viistoarina, jonka kulma on 10–20 astetta. Arinan arinaraudat liikkuvat, minkä takia arinan kulmaa voidaan pitää noin pienenä.

3.4.11 NordAutomation Oy

Yritys valmistaa Ekohell tuotemerkin alla valmiita voimalaitoskontteja, jotka on räätälöity asiakkaan tarpeisiin. Konteilla voidaan valmistaa lämmintä vettä tai höyryä 1–10 MW asti. Vaihtoehtoisesti saatavilla on myös 3–10 MW tehoisia CHP-laitoksia, joilla tuotetaan 0,5–2 MW sähköä ja loppu teho lämpönä. Yrityksen polttokattila on arinaton.

Arinattomalla kattilalla voidaan polttaa hyvin erilaisia polttoaineita: turve, hake, olki, ruokohelpi ja muut biomassat. Myös esimerkiksi kuivattua lietettä voidaan polttaa.

Kattila puhdistaa itseään, minkä takia myös erityisen likaiset polttoaineet eivät ole ongelma.



Kuva 8. Ekohellin arinaton polttokattila (NordAutomation (b) 2014)

3.4.12 Renewa

Renewa tarjoaa vesiputkityypin arinakattiloita 2 MW:n teholuokasta ylöspäin. Kattiloissa voidaan polttaa haketta, kuorta ja palaturvetta. Kattila voi olla joko höyry- tai kuumavesikattila. Höyrykattiloita on saatavilla sekä kylläisen höyryn että tulistetun höyryn kattiloina. Paineluokka on kuumavesikattiloissa 10 tai 16 bar, jonka määrää kaukolämpöverkko. Kylläiselle höyrylle paine on 8–30 bar riippuen tuotetun höyryn halutusta lämpötilasta. Tulistettaessa voidaan painetta nostaa yli 100 baariin.

Kattila on vinoarinakattila, jossa polttoaine syötetään arinalle yläpuolella olevasta säiliöstä. Arinaa ja syöttötapaa voidaan muuttaa tilanteen vaatiessa. Renewa toimittaa joko pelkän kattilan apulaitteineen tai koko kattilalaitoksen valmiiksi asennettuna.

3.4.13 Tulostekniikka

Tulostekniikka käyttää Aritermin tuottamia teräskattiloita, joihin Tulostekniikka on tehnyt uudet mitoitus ja muita muutoksia asiakkaan tarpeiden mukaan. Kattiloiden mahdolliset arinaratkaisut on kerrottu Aritermin omassa osiossa (ks. 3.4.3). Lämpölaitoksissa polttotekniikka, kuljettimet, automaatio ja muut oheislaitteet ovat Tulostekniikan suunnittelemissa ja tekemissä. Tällä hetkellä yritys tarjoaa vain kuumavesikattiloita, mutta myös höyryntuotantoon kykeneviä kattiloita on suunnitteilla.

Yritys myy kolmen eri tyyppin lämpölaitoksia. Pienimpiä siirrettäviä malleja tuotetaan 0,5-1 MW:n tehoisina ja niissä voidaan polttaa haketta, kuorta, palaturvetta, pellettä, brikettejä sekä puujalostuksen sivutuotteita. Laitos toimitetaan omana konttina, joka voidaan tarvittaessa siirtää uuteen kohteeseen.

Toinen myytävä lämpölaitos on pellettilämpölaitos, joka sisältää pellettisiilon ja lämpökeskuskontin. Näitä laitoksia on saatavilla 0,5–3 MW:n tehoisina.

Kolmas lämpölaitos käyttää polttoaineenaan haketta, kuorta, purua tai palaturvetta. Laitos toimitetaan joko komponentteina tai valmiiksi asennettuna. Laitoksen teho on 500–600 kW.

3.4.14 Vapor Boilers

Yritys tarjoaa arinakattiloita lämpimän veden ja höyryn tuotantoon 0,5–10 MW teholuokissa. Yritys tarjoaa laitosratkaisuja avaimet käteen-periaatteella. Tähän sisältyy myös polttoainehankinta ja huoltotyöt.

0,5–3,5 MW kokoluokassa käytetään vinoarinaa. Tällä kattilarakenteella saavutetaan 6–16 bar paineet kattilassa. Tässä kokoluokassa kattila on suurvesitulavuuskattila. Yli 3,5 MW kokoluokassa kattilat ovat vesiputkikattiloita. Tällä tavalla päästään yli 16 bar paineisiin. Kattilalle sopivat polttoaineet ovat hake, turve, puu- ja turvepelletit, brikitit, puun kuori sekä sahanpuru. Suurin polttoaineiden sallittu kosteus on 55 %.

4 PÖLYPOLTIN

Pölypolttimessa hienoksi jauhettu polttoaine syötetään tulipesään, jossa polttoaine palaa muutamassa sekunnissa. Jotta palaminen olisi mahdollisimman voimakasta, täytyy polttoaineen olla erittäin hienoa ja kuivaa ja palamisilma täytyy esilämmittää. (Huhtinen 1994, s.127) Kivihiili on helposti jauhautuvaa sekä valmiiksi kuivaa, joten se soveltuu pölypolttoon erittäin hyvin.

Polttoaine säilytetään polttoainesäiliöissä, josta se johdetaan jauhettavaksi erilliselle koneelle. Tämän jälkeen jauhettu polttoaine syötetään tulipesään, jossa se palaa erittäin nopeasti. Polttoaineena käytetään yleensä pellettejä, jyrshinturvetta tai kivihiiltä.

Pölypolttimia on Suomessa vain vähän. Ne eivät ole usein kaikkein taloudellisesti kannattavampia laitostyyppisiä. Pölypoltin vaatii kuivaa polttoainetta ja biomassan kuivattaminen on usein liian työlästä. Lisäksi hakkeen jauhaminen pölyksi vaatii paljon energiaa. Usein biomassaa ja hiiltä poltetaan arina- tai leijukerroskattiloilla mieluummin. Tällöin myös niiden sekapolto on mahdollista.

Pölypoltin on yleensä kannattava vain isommissa kokoluokissa, mutta niitä on saatavilla myös tämän työn tarkastelemissa pienessä teholuokassa. Pienet pölypolttimet ovat yleensä tarkoitettu huippukuormien tasaamiseen. Niiden käynnistymisaika on erittäin lyhyt ja tehonsäätö nopeaa ja helppoa.

4.1 Jaottelu

Pölypolttimissa kattila jaotellaan yleensä myös poltintyyppin mukaan. Pölypolttimissa voidaan käyttää monia erilaisia poltinrakenteita. Yleisiä poltinvaihtoehtoja ovat nurkkapolton, drallipoltin ja low-nox-poltin.

Nurkkapolttimessa polttoainepöly tuodaan omana virtanaan tulipesään, jossa se sekoittuu palamisilman kanssa. Palamisilma virtaa tulipesään nopeudella 50–70 m/s jolloin virtaus työntyy erittäin pitkälle tulipesään. Polttimet on sijoitettu tulipesän nurkkiin, mistä laite saa nimensä. Polttimien suuntaa muuttamalla voidaan säätää syntyvän höyryn lämpötilaa.

Drallipolttimessa palamisilma ja polttoaine viedään keskenään sekoittuneena tulipesään samasta polttimesta. Virtaus on ohjaussiivistöllä saatu pyörteiseksi, mikä tekee palamisliekistä lyhyen ja leveän.

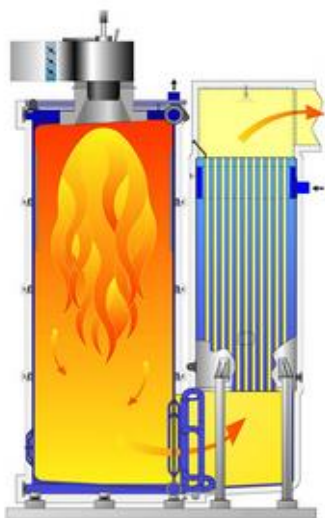
Low-nox-poltin on rakenteeltaan joko nurkka- tai drallipoltin, mutta siihen tuodaan palamisilma useassa vaiheessa. Vähäisemmän yli-ilman määrä vähentää syntyvien typpioksidien määrää. Palamisilma tuodaan usein kolmessa eri vaiheessa ja lisäksi on mahdollista tuoda vielä polttimen jälkeen ilmaa poltintason yläpuolelle. (Huhtinen 1994, s.129)

4.2 Valmistajat

4.2.1 KPA Unicon

KPA Unicon tarjoaa pellettejä polttavaa laitosta. Laitos toimii pelleteillä, jotka jauhetaan ennen kattilaan menoa. Kattilassa voidaan pelleteistä saadun puupölyn lisäksi polttaa öljyä tai kaasua. Kattiloita valmistetaan 3–25 MWn kokoluokassa. Kattila tuottaa höyryä tai lämmintä vettä asiakkaan toiveiden mukaan. Kattila voi olla joko tulitorvi-tuliputkikattila eli suurvesitilavuuskattila tai vesiputkikattila riippuen tuotetaanko kattilalla höyryä vai vettä.

Kattilalla tuotettu vesi on 150–205 °C ja 6–16 baarin paineessa. Kattilalla tuotetun höyryn maksimipaine on 100 baaria ja maksimilämpötila 500 °C.



Kuva 9. KPA Uniconin Pölypoltin (KPA Unicon (b) 2015)

5 LEIJUKATTILA

Leijukerroskattilat jaetaan kahteen luokaan niissä käytettävän leijutustavan mukaan: leijukerroskattilat ja kierto-leijukattilat (Raiko et al. 2002, s.140).

Leijukerroskattilassa polttoaine leijuu kattilassa puhaltimen synnyttämän ilmavirtauksen varassa tasaisena pintana. Kierto-leijukattilassa petimateriaali on hienojakoisempaa ja leijutusnopeudet ovat selvästi suurempia. Tämän takia kierto-leijukattilassa ei ole selvää pintaa vaan peti ohenee kattilassa korkeammalle siirryttäessä. Kierto-leijukattilat ovat monimutkaisempia ja kalliimpia kuin leijukerroskattilat, joten niitä valmistetaan vain suurissa teholuokissa, jotka eivät kuulu tämän työn teholuokan alueelle. Tämän takia niitä ei käsitellä tässä kandidaatintyössä.

Leijukerrospolton huomattava etu on huonolaatuisten polttoaineiden polttaminen hyvällä hyötysuhteella. Myös eri polttoaineiden sekapoltto on erittäin helppoa. Palaminen tapahtuu suhteellisen alhaisessa lämpötilassa, jolloin myös typpioksidipäästöt ovat vähäisiä. Lisäksi rikin puhdistaminen savukaasuista on helppoa sekoittamalla kalkkia suoraan tulipesään. (Raiko et al. 2002, s.140)

5.1 Leijukerroskattila

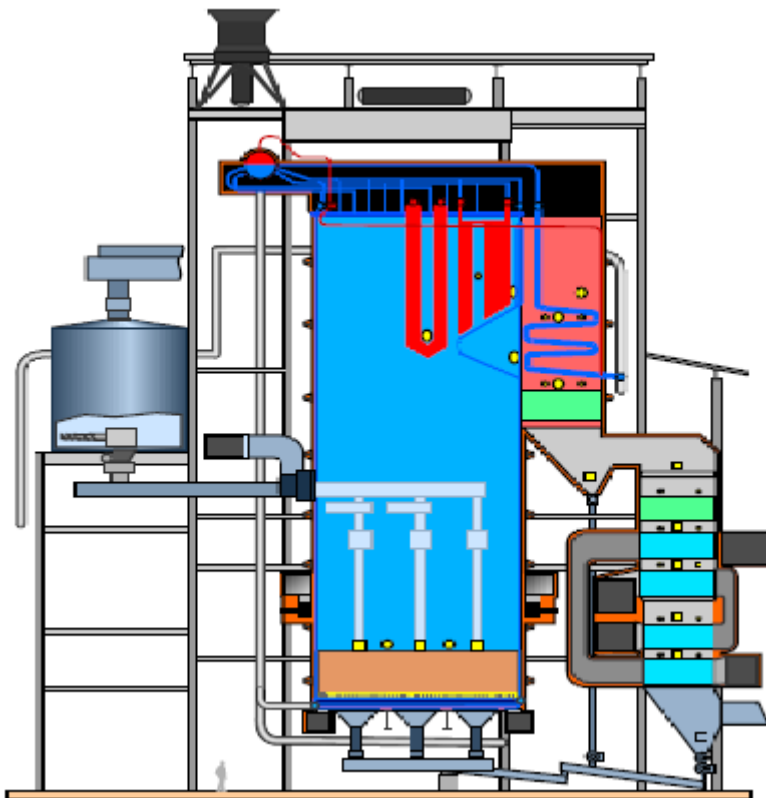
Leijukerros- tai leijupetikattilassa polttoaine leijuu kattilassa puhaltimen synnyttämän ilmavirtauksen varassa. Leijukerros sisältää kiinteän, hienojakoiseksi jauhetun polttoaineen lisäksi hiekkaa. Polttoaineen kokoluokka on noin 1–3 mm ja leijutusnopeus 0,7–2,0 m/s. Polttoaine syötetään mekaanisesti leijukerrokselle useiden syöttöputkien avulla. Syöttöputkia on useita, jotta polttoaine saadaan jakautumaan tasaisesti leijupedille. (Huhtinen 1994, s.143)

Leijupedin polttolämpötilaa rajoittaa polttoaineen tuhkan pehmeneminen korkeissa lämpötiloissa. Pedin lämpötila täytyykin olla alle pehmenemispinteen, koska muuten tuhka pehmenee ja petin hiekka sitraantuu. Käytännössä lämpötila pidetään noin 100 °C alle tuhkan sulamispisteen. Kotimaisia biopolttoaineita poltettaessa palamislämpötila olisi siis noin 750–900 °C. Sitraantumisessa hiekka ja tuhka sekoittuvat ja hiekan koko kasvaa. Tällöin myös hiekan lämmönsiirtokyky huononee ja pedin ominaisuudet huononevat. Kun hiekan koko kasvaa, se voi aiheuttaa myös vahinkoa kattilan sisällä.

Sitraantuneen hiekan puhdistaminen on erittäin vaikeaa ja vaatii usein kattilan alasajon. (Huhtinen 1994, s.144)

Leijupeti ottaa osan palamisen vaatimasta hapesta leijutusilmasta, mutta se vaatii myös sekundääri-ilmaa, jota syötetään pedin päälle suuttimilla. Tämä varmistaa tasaisen ja täydellisen palamisen.(Huhtinen 1994, s.144)

Tuhkan poistaminen polttokammioista hoituu päästämällä hiekkaa ulos arinan aukosta. Poistetusta hiekasta seulotaan tuhka pois ja hiekka palautetaan polttokammioon. Osa tuhkasta poistuu savukaasujen mukana jauhauduttuaan pedissä tarpeeksi hienojakoiseksi. Samoin käy myös hiekalle, jonka takia sitä on välillä lisättävä petiin. Nämä epäpuhtaudet täytyy myös huomioida savukaasujen puhdistuksessa myöhemmin prosessissa.



Kuva 10. Kiertoleijukattila (Vakkilainen (a) 2013)

5.2 Soveltuvat polttoaineet

Leijukerroskattilassa voidaan polttaa monia eri polttoaineita ja tekniikka soveltuu varsinkin kosteille polttoaineille. Tämä johtuu pedin suuresta lämpökapasiteetista ja hyvästä lämmönjohtavuudesta, minkä takia sinne syötetty polttoaine kuivuu ja syttyy nopeasti. Suuri lämpökapasiteetti tasaa myös polttoaineen laadun vaihtelun aiheuttamia lämpötilaheilahteluja kattilan sisällä.

Leijukerroskattiloissa on vaikeuksia polttaa aineita, joissa hiilen osuus on suuri ja haihtuvien aineiden pieni. Hiilen poltto vaatii pitkää polttoaikaa, jotta polttoaine palaa loppuun asti, mutta tähän ei ole leijukerroskattilassa mahdollisuutta. Jopa 5 % polttoaineesta voi tällöin jäädä polttamatta (Raiko et al. 2002, s.144).

Kotimaiset biopolttoaineet soveltuvatkin hyvin leijukerrospoltoon, koska niiden haihtuvien aineiden osuus on korkea ja niiden jäännöskoksin palamisaika on lyhyt. (Huhtinen 1994, s.144).

5.3 Kattilavalmistajat

Tässä osiossa esitellään leijupetikattilavalmistajat. Kaikilla kattiloilla oli yhteistä tulistuksen mahdollisuus ja valmius tuottaa joko höyryä tai lämmintä vettä.

5.3.1 KPA Unicon

KPA Unicon tuottaa Unicon BFB nimellä kulkevaa leijukerroskattilaa 5–20 MW teholuokissa. Kattiloilla voidaan tuottaa lämmintä vettä tai höyryä. Lämmintä vettä tuotettaessa kattilan paineluokka on 6–20 baaria ja lämpötilat 165–215 °C. Höyryntuotannossa maksimipaine on 40 baaria ja lämpötila 470 °C.

Kattilaan sopivat polttoaineet ovat kuori, sahanpuru, hake, metsätähde, turve sekä kierrätyspuu.

5.3.2 **Renewa**

Renewa valmistaa leijupetikattiloita 2 MW:n teholuokasta alkaen, mutta on tuottanut poikkeustilauksena myös yhden 1,5 MW:n kattilan. Kattilat ovat taloudellisista syistä kylläisen höyryn kattiloita, mutta periaatteessa myös tulistetun höyryn kattilat ovat mahdollisia. Näissä pienen luokan kattiloissa painetaso on 8-30 baaria riippuen asiakkaan tarpeista. Yleisimmät käytettävät polttoaineet ovat hake, kuori, puru, jyrsin- ja palaturve sekä teollisuuden ylijäämäpolttoaineet.

5.3.3 **Vapor Boilers**

Vapor Boilers tarjoaa leijukerroskattiloita 5–100 MW kokoluokassa. Kattiloilla voidaan tuottaa lämmintä vettä tai höyryä. 12 MW:n teholuokasta ylöspäin myös CHP-laitokset ovat mahdollisia.

Leijukerroskattilassa voidaan polttaa monenlaisia polttoaineyhdistelmiä. Myös polttoaineen kosteus voi olla jopa 65 % hakkeella ja 70 % turpeella. Kattilassa voidaan polttaa myös huonolaatuisia polttoaineita kuten kierrätettyä puuta, jossa on paljon metalleja mukana. Leijukerroskattiloissa paineluokka on 40 baariin asti. Näin korkeassa paineluokassa höyryn tulistaminen onnistuu hyvin.

6 KATTILOIDEN VERTAILU

Kuten työssä on tullut jo selväksi, on leijukerroskattila aina parempi vaihtoehto kattilatekniikka valittaessa hyötysuhteen näkökulmasta. Leijukerroskattilan kyky polttaa erilaisia polttoaineyhdistelmiä ja huonolaatuisia polttoaineita on myös merkittävä etu arinakattilaan nähden. Leijukerroskattilan ylläpito on kuitenkin työläämpää kuin yksinkertaisemman arinakattilan. Leijukerroskattilat ovat myös kalliimpia ja eivätkä ole saatavilla pienissä teholuokissa.

Arinakattiloilla on tarjontaa paljon enemmän, jolloin myös niiden kilpailutus mahdollistaa alemman hinnan. Arinakattiloiden huolto on usein paljon yksinkertaisempaa, jolloin suuren osan huolloista voi tehdä itse. Arinakattilalla ei yleisesti tule vastaan tilanteita, joissa kattila pitäisi alaa ajas yhtä usein kuin leijupetikattiloilla. Leijupetikattilat vaativat tarkempaa palamislämpötilan tarkkailua, koska tuhkan sitraantuminen pakottaa kattilan alasajon.

Pölypoltin on ominaisuuksiltaan hyvin erilainen leijukerros- ja arinakattilaan verrattuna. Pölypoltin ei kykene kilpailemaan hinnalla muiden kattilatyyppejen kanssa biopolttoaineita käytettäessä. Sen kilpailuetu onkin sen nopea käynnistyvyys, jonka avulla sillä voidaan tasoittaa kulutushuippuja. Tällä tavalla se toimii täysin eri käytössä kuin perusvoimana usein ajettavat leijukerros- ja arinakattilat.

Yleisesti biomassalla toimivien lämpökeskuksien investointikulut ovat noin 300–700 €/kW_{th}. CHP-laitoksille (Combined heat and power) kulut ovat 1000–2500 €/kW_e. Sähkölaitoksille taas investointikulut ovat noin 1000–1500 €/kW_e. CHP-kattilalla täytyy huomioida yksikkö €/kW_e eli kustannukset sähkötehoa kohti, jolloin laitoksen lämpötehoa ei ole huomioitu tuossa luvussa ja se vaikuttaa suuremmalta. Leijukerros- ja kierto-leijukattiloilla investointihinnat nousevat suuremmiksi jo noin 2500–3500€/kW_e. (JRC 2011, s. 99) Suuret heitot hinta-arvioiden välillä johtuvat vaikeuksista saada tarkkoja hintatietoja toteutuneista projekteista.

Hintaeroissa tulee hyvin esille, miksi pienessä kokoluokassa suositaan yhä arinakattiloita. Leijukerroskattilalle investointihinta on lähes kaksinkertainen. Näin suuret erot pienissä voimalaitoksissa, joissa käyttökustannukset voivat jäädä pieniksi, johtavat usein halvemman vaihtoehdon valintaan. Leijukerroskattila on kuitenkin hyvä

valinta, kun polttoaineen laatu on heikkoa tai se vaihtelee suuresti. Esimerkiksi juuri jätteenpoltto on leijukerroskattiloilla erittäin toimivaa. Muutenkin leijukerroskattilalla päästään parempiin hyötysuhteisiin, mikä vähentää käytönaikaisia kustannuksia.

7 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Suomessa on tarjolla monenlaisia biopolttokattiloiden valmistajia ja maahantuojia, jotka tarjoavat hyvin monenlaisia kattiloita. Tarjottavat vaihtoehdot ovat kymmenistä kilowateista satoihin megawatteihin. Valmistettavat kattilat alkavat siis yksittäisien pientalouksien lämpökattiloista ja päättyvät suuriin kaupunkien CHP-voimalaitoksiin.

Yleensä pienet kattilat on tarkoitettu lähinnä kuuman veden tuotantoon, mutta monet yritykset ovat alkaneet suunnitella uusia kattiloita myös pienen kokoluokan höyryntuotantoon. Tämä voi olla merkki siitä, että markkinat tämän tyyppisille palveluille ovat kasvamassa.

Kattiloiden tyypeissä huomiota herätti, että tulitorvi- eli suurvesitilavuuskattiloilla tuotettiin usein lämmintä vettä. Höyryä tuottaessa siirryttiin vesiputkikattiloihin. Tulitorvirakenne ei kestä usein suurta painetta, mitä höyryn tuottaminen taloudellisesti usein vaatii.

Työstä tehdessä selvisi myös, että moni arinakattiloita myyvä yritys tilaa kattilan joltain toiselta yritykseltä ja tekee kattilaan omat muutokset. Yritykset ovat siis lähinnä keskittyneet lämpölaitosten rakentamiseen. Myös automaatio on jätetty usein jonkin yhteistyökumppanin tehtäväksi.

Omia kattiloita suunnittelevia ja rakentavia yrityksiä olikin huomattavasti pienempi määrä. Näillä yrityksillä olikin usein paljon laajempi tuotevalikoima ja ne myivät huomattavasti isompia kattiloita. Näiden isojen kattiloiden teholuokat olivatkin jo sellaisia, että niitä ei enää myydä maataloihin tai muihin pienempiin kohteisiin vaan lähinnä sähkön ja lämmöntuotantoon kunnille ja kaupungeille. Usein näillä yrityksillä oli vielä tarjota sekä arina- että leijukerroskattiloita.

Suuri osa tämän työn tarkastelemista alle 5 MW:n kattiloista on kuumavesikattiloita, mutta tehon noustessa eli 1 MW:n, alkoi löytyä myös höyrykattiloita. Tulistetun höyryn kattiloita olivat vain leijukerroskattilat. Arinakattilat olivat kylläisen höyryn kattiloita. Tämä ratkaisu johtuu lähinnä taloudellisista syistä, sillä investointikustannuksen kasvavat suhteessa liikaa arinakattiloilla. Lisäksi tulistus vaatii aina kattilan koon lisäämistä ja pienikokoisissa kattiloissa tämä voi olla suhteellisesti liian suuri muutos.

LÄHDELUETTELO

András Horváth, Matti Virtanen, Antero Jahkola. 1986. Kiinteistökokoluokan leijukerroskattilan toiminnan tutkiminen. Otaniemi. ISBN 951-753-895-2

Actorit (a). Tuotteet, [viitattu 1.9.2014]. Saatavissa: <http://www.actorit.fi/tuotteet>

Actorit (b). Referenssit [viitattu 3.3.2015]. Saatavissa: <http://www.actorit.fi/referenssit>

Alakangas Eija. 2000. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. VTT Energia. Espoo.

Ariterm (a). Biokomponentit, BioJet Multi [viitattu 30.8.2014]. Saatavissa: <http://www.ariterm.fi/lammitysratkaisut/jarjestelmakomponentit/biopolttimet/biojet-multi/>

Ariterm (b). Biokomponentit, HakeJet, [viitattu 30.8.2014]. Saatavissa: <http://www.ariterm.fi/lammitysratkaisut/jarjestelmakomponentit/biopolttimet/hakejet/>

Ariterm (c). Biokomponentit, BioJet, [viitattu 30.8.2014]. Saatavissa: <http://www.ariterm.fi/lammitysratkaisut/jarjestelmakomponentit/biopolttimet/biojet/>

Ariterm (d). Biokomponentit, MultiJet, [viitattu 30.8.2014]. Saatavissa: <http://www.ariterm.fi/lammitysratkaisut/jarjestelmakomponentit/biopolttimet/multijet/>

Ariterm (e). Biolämpöopas. [viitattu 30.8.2014]. Saatavissa: <http://195.67.82.150/ariterm/Biolampoopas.pdf>

Biofire. Hake 500-4000kW, [viitattu 28.8.2014]. Saatavissa: http://www.biofire.fi/sites/biofire.fi/files/hake_tp_koku_pelletti_esite_150414_web.pdf

Energiateollisuus ry. Kaukolämmön käsikirja 2006. 566 s. Helsinki 2006. ISBN 952-5615-08-1.

Enerkon (a). Lämpöenergiaratkaisut, Lämpökeskukset [viitattu 1.9.2014]. Saatavissa: <http://www.enerkon.fi/keskukset.php>

Enerkon (b). Lämpöenergiaratkaisut, Kattilat [viitattu 1.9.2014]. Saatavissa: <http://www.enerkon.fi/kattilat.php>

Enerkon (c). Lämpöenergiaratkaisut, CHP-laitokset [viitattu 1.9.2014]. Saatavissa: <http://www.enerkon.fi/chp.php>

Hansa Power (a). Biolaitokset, [viitattu 1.9.2014]. Saatavissa: <http://www.hansapower.fi/?p=biolaitokset>

Hansa Power (b). Biolaitokset, Höyrykattilat [viitattu 1.9.2014]. Saatavissa: <http://www.hansapower.fi/pdf/Uniconhoiry.pdf>

Huhtinen Markku. 1994. Höyrykattilatekniikka. 2. tarkistettu painos. Helsinki: Oy Edita Ab. 316 s. ISBN 951-37-1327-X.

Joint Research Centre, Institute for Energy and Transport, European Commission. 2011 Technology Map of the European Strategic Energy Technology Plan (SET-Plan) Technology Descriptions.

Jätelaitosyhdistys. Energiahyödyntäminen, Prhaat tekniikat, Arinapoltto, [viitattu 3.9.2014]. Saatavilla: <http://www.jly.fi/energia31.php?treeviewid=tree3&nodeid=31>

Kardonar (a). Tuotteet, Faust-monipolttoainekattilat 130-1500 kW [viitattu 1.9.2014]. Saatavissa: <http://www.kardonar.com/faustfi.html>

Kardonar (b). Tuotteet, Faust-monipolttoainekattilat 130-1500 kW, Tuote-esite, [viitattu 1.9.2014]. Saatavissa: <http://www.kardonar.com/Faust/Faust%20Bio-Flow%20II%20Heavy%20Duty%20Suomeksi.pdf>

KPA Unicon (a). Biomass Solutions, Unicon Biograte, [viitattu 27.3.2015]. Saatavissa: http://www.kpaunicon.com/en/unicon_biograte

KPA Unicon (b). Biomass Solutions, Unicon Pellet, [viitattu 3.9.2014]. Saatavissa: http://www.kpaunicon.com/en/unicon_pellet

KPA Unicon (c). Biomass Solutions, Unicon BFB, [viitattu 3.9.2014]. Saatavissa: http://www.kpaunicon.com/en/unicon_bfb

Laatukattila (a). Lämmityskattilat, [viitattu 26.8.2014] Saatavilla: <http://www.laatukattila.fi/lammityskattilat/>

Laatukattila (a). Lämpölaitokset, [viitattu 26.8.2014] Saatavilla: <http://www.laatukattila.fi/lampolaitokset/>

Ministry of Employment and the Economy, Energy Department, Finland. 2010. Finland's national action plan for promoting energy from renewable sources pursuant to Directive 2009/28/EC

Nakkila Group (a). Nakkila Boilers, Tuotteet, [viitattu 25.8.2014]. Saatavilla: <http://www.nakkilagroup.fi/fi/boilers/tuotteet.html>

Nakkila Group (b). Nakkila Boilers, Tuotteet, Esite [viitattu 25.8.2014]. Saatavilla: http://www.nakkilagroup.fi/upload/esitteet/2014/20140424nakkila_lampolaitos_a4_fin_web.pdf

Nordautomation (a). Ekohell Bioenergia, Miksi Ekohell? [viitattu 28.8.2014]. Saatavilla: http://www.nordautomation.fi/index.php?PAGE=52&NODE_ID=54&LANG=1

Nordautomation (b). Ekohell Bioenergia, Ekohell-tuoteperhe [viitattu 28.8.2014]. Saatavilla: http://www.nordautomation.fi/index.php?PAGE=54&NODE_ID=56&LANG=1

Raiko Risto et al (toim). 2002. Poltto ja palaminen. 2. Painos. Jyväskylä: International Flame Research Foundation (IFRF) – Suomen kansallinen osasto. 750 s. ISBN 951-666-604-3

Renewa. Tuotteet ja Palvelut, Tuotteet, [viitattu 24.8.2014]. Saatavilla: <http://www.renewa.fi/fi/tuotteet-ja-palvelut-2/tuotteet.html>

TP-Stokeri. Kattilatekniikka, [viitattu 26.8.2014]. Saatavilla: <http://www.tp-stokeri.fi/kattilatekniikka>

Tulostekniikka (a). Tuotteet, Hake-/Turvelämpökeskukset, [viitattu 20.8.2014]. Saatavilla: <http://www.tulostekniikka.com/tuotteet/kiinteat-lampokeskukset>

Tulostekniikka (b). Tuotteet, Pellettilämpökeskukset, [viitattu 20.8.2014]. Saatavilla: <http://www.tulostekniikka.com/tuotteet/pellettilampokeskukset>

Tulostekniikka (c). Tuotteet, Siirrettävät lämpökeskukset, [viitattu 20.8.2014]. Saatavilla: <http://www.tulostekniikka.com/tuotteet/siirrettavat-lampokeskukset>

Vaasan Kuljetuskanavat. Tuotteet, Lämpölaitokset, [viitattu 24.8.2014]. Saatavilla: <http://www.kuljetuskanavat.fi/tuotteet/lampolaitokset/>

Vakkilainen Esa. (a) 2013. Poltto- ja kattilatekniikan perusteet- kurssin luentomateriaali. Lappeenrannan Teknillinen Yliopisto.

Vakkilainen Esa. (b) 2015. Höyrykattilatekniikka- kurssin luentomateriaali. Lappeenrannan teknillinen yliopisto

Vapor Boilers (a). Ratkaisut, Biopolttoaineet, [viitattu 3.9.2014]. Saatavilla: <http://www.vapor.fi/ratkaisut/biopolttoaineet/>

Vapor Boilers (b). Solutions, Grid(bio) applications. [viitattu 3.9.2014]. Saatavilla: <http://www.vapor.fi/solutions-2/grid-bio-applications-2/?lang=en>

Vapor Boilers (c). Solutions, Fluidised Bed Technique. [viitattu 3.9.2014]. Saatavilla: <http://www.vapor.fi/solutions-2/fluidised-bed-technique/?lang=en>

VTT. 2003. Leijupolttoteknologia: vihreää energiaa. [viitattu 3.3.2015]. Saatavissa: <http://koti.mbnet.fi/ppom/PDF/RY.pdf>.

LIITE I. ARINAKATTILOIDEN TIEDOT TAULUKOITUNA

Yhtys	Tarjotut arinatyytit	Yksittäisen kattilan tehoalue [MW]	Käytettävät polttoaineet	Kattilan tuottama höyry	Paineluokat [bar]	Lämpötilat [°C]
Actorit Oy	Mekaaninen vinoarina	0,3-6	Pelletit, Brikketit, Hake, Palaturve	Lämmön vesi	-	-
Ariern	Useita ks. 3,4,2	0,04-2	ks. 3,4,2	Lämmön vesi höyry	-	-
Böfife	Porrassarina	0,5-2	Hake, Pelletit	Lämmön vesi	-	-
Enerkon	-	0-1	Hake	Lämmön vesi höyry	6 tai 10 / max. 35*	110 tai 200 / 500*
Hansa Power	Käimä tai liikkuva	0,35-5,8	Hake, Pelletit, Turve ja Sahappuru	Lämmön vesi kylmän höyry	max. 25*	-
Hesesteel	Liikkuva porrassarina	0,05-3	-	Lämmön vesi	-	-
Kardomar	Porrassarina	0,13-1,5	Hake, Pelletit, Olki, Sahappuru yms.	Lämmön vesi	3	90
KPA Unicon	Pöyryvä kekoarina	3,0-25	Hake, kuori, sahanpuru, metsä tähteet ja turve	Lämmön vesi höyry	16 / 50*	180 / 450*
Laatikattila	Useita ks. 3,4,9	0,02-6	Riippuen arinavalmiasta	Lämmön vesi	-	-
Nakkila Group	Liikkuva vinoarina	1,0-10	Hake, turve ja kuori	Lämmön vesi höyry	6, 10 tai 16	-
Nordautomation Oy	arinaton	1,0-10	turve, hake, olki, ruokohelppi ja muut biomassat	Lämmön vesi höyry	-	-
Renewa	Vinoarina	2-	haketta, kuorta ja palaturveta	Lämmön vesi höyry	10 tai 16 / 8-100*	-
Tuhostekniikka	Ks. Ariern	0,5-3	Ks. Ariern	Lämmön vesi	-	-
Vapor Boilers	-	0,5-10	hake, turve, puu- ja turvepelletit, brikketit, kuori sekä sahanpuru	Lämmön vesi höyry	-	-

* höyrylle

LIITE II. LEIJUKERROSKATTILOIDEN TIEDOT TAULUKOITUNA

Yritys	Yksittäisen kattilan tehoalue [MW]	Kattilan tuottama höyö	Käytettävät polttoaineet	Höyryn tuistaminen	Paineluokat [bar]	Lämpötilat [°C]
KPA Unicon	5,0-20	Lämmin vesi, höyry	kuori, sahanpuru, hake, metsätähte, turve, kieräyspuru	kyllä	6 - 20 / max. 40*	165-215 / 470*
Renewa	1,5-	Lämmin vesi, höyry	hake, kuori, puru, jyrssi- ja palaturve, ylijäämäpolttoaineet	kyllä	8 - 30*	-
Vapor Boilers	5,0-	Lämmin vesi, höyry	monenlaisia polttoaineyhdistelmiä	kyllä	max. 40 bar*	-
			*höyrylle			