

Lappeenrannan teknillinen yliopisto

Teknillinen tiedekunta

Energiatekniikan koulutusohjelma

BH10A0201 Energiatekniikan kandidaatintyö ja seminaari

Jätteenpolton tulevaisuus Suomessa

Future trends of waste incineration in Finland

Työn tarkastaja: Professori, TkT Esa Vakkilainen

Työn ohjaaja: Professori, TkT Esa Vakkilainen ja Tutkimusassistentti, DI

Kari Luostarinen

Lappeenranta 17.12.2014

TIIVISTELMÄ

Tekijän nimi: Nanna Jaakkola

Opinnäytteen nimi: Jätteenpolton tulevaisuus Suomessa

Teknillinen tiedekunta

Energiatekniikan koulutusohjelma

Kandidaatintyö 2014

Sivuja 36, kuvia 10, taulukoita 2, liitteitä 3

Hakusanat: jätteenpoltto, waste incineration, yhdyskuntajäte

Vuonna 2013 Suomessa astui voimaan Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista 331/2013. Siinä asetettiin muun muassa rajoituksia orgaanisen ja biohajoavan aineksen sijoittamisesta kaatopaikoille. Tämä rajoitus astuu voimaan 1. tammikuuta 2016 alkaen, josta lähtien kaatopaikoille sijoitettava jäte ei saa sisältää yli 10 prosenttia orgaanista tai biohajoavaa ainesta.

Asetus aiheutti muutos paineen Suomen jättesektorille, jossa perinteisesti oltiin suurin osa jätteestä sijoitettu kaatopaikoille. Edelleen suurin osa syntyvistä jätteistä sijoitetaan kaatopaikoille, mutta yhdyskuntajätteen energiahyödyntäminen on kasvattanut roolia huomattavasti. Kun 2000-luvun alussa Suomen jätteenpolttolaitosten kapasiteetti oli vielä 50 000 tonnia jätettä vuodessa, on kapasiteetti vuonna 2016 lähes 1,7 miljoonaa tonnia.

Vuonna 2016 Suomessa on yhdeksän toiminnassa olevaa jätteenpolttolaitosta ja työn tarkasteluhetkellä uusia ei ole suunnitteilla. On todennäköistä, ettei jätteenpolttolaitosten kapasiteetti nouse enää huomattavasti, koska poltettavan jätteen määrä on rajallinen ja kapasiteetin nostaminen vaatisi jätteen tuomista muualta.

SISÄLLYSLUETTELO

Symboli- ja lyhenneluettelo

1 Johdanto	5
2 Jäte polttoaineena	6
2.1 Polttokelpoiset jätteet	9
2.2 Kierrätyspolttoaineet	10
3 Terminen käsittely	12
3.1 Arina	12
3.2 Rumpu-uuni	16
3.3 Leijukerros poltto	17
3.4 Pyrolyysi ja kaasutus	22
4 Säädökset	26
4.1 Jätelaki 646/2011	26
4.2 Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista 331/2013	26
4.3 Valtioneuvoston asetus jätteen polttamisesta 151/2013	27
5 Jätteenpolttto Suomessa	28
5.1 Jätteenpolttolaitokset	28
5.2 Rinnakkaispolttolaitokset	30
6 Tulevaisuus	32
7 Yhteenveto	34

Lähdeluettelo

Liite 1. Jätteiden käsittely Suomessa (Jätetilasto)

Liite 2. Yhdyskuntajätteet Suomessa käsittelytavoittain (Jätetilasto)

Liite 3. Esimerkki BFB-tekniikkaan perustuvasta jätteenpolttolaitoksesta (Valmet a)

SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO

Lyhenteet

A	Tuhka
BAT	Best Available Techniques
BFB	Bubbling Fluidized Bed
BREF	Best Available Techniques Reference Document
C	Haihtuvat aineet
CFB	Circulating Fluidized Bed
Cl	Kloori
HCl	Vetykloridihappo
HF	Fluorivetyhappo
Hg	Elohopea
NCV	Tehollinen lämpöarvo
NO _x	Typenoksidit
RDF	Refuse-derived Fuel
REF	Recovered Fuel
SO ₂	Rikkidioksidi
SRF	Solid Recovered Fuel
W	Kosteus
WI	Waste Incineration

1 JOHDANTO

Suomessa jätteen sijoittaminen kaatopaikoille on ollut hyvin yleistä ja poltettava jäte on ollut lähinnä metsätaloudesta ja –teollisuudesta syntyneitä puujätteitä. Kaatopaikkoja koskevan lainsäädännön muutos sai kuitenkin muutospaineen jätteenpolttosektorille. Turun Orikedon jätteenpolttolaitos oli pitkään Suomen ainut yhdyskuntajätettä käsittelevä jätteenpolttolaitos.

1. tammikuuta 2016 astuu voimaan uudessa kaatopaikkoja koskevassa asetuksessa rajoitus orgaanisen aineksen loppusijoittamisesta kaatopaikoille. Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista 331/2013 rajoittaa biohajoavan ja orgaanisen aineksen sijoittamista kaatopaikoille. Vuodesta 2016 alkaen kaatopaikoille sijoitettava jäte saa sisältää enintään 10 prosenttia biohajoavia tai orgaanisia aineksia.

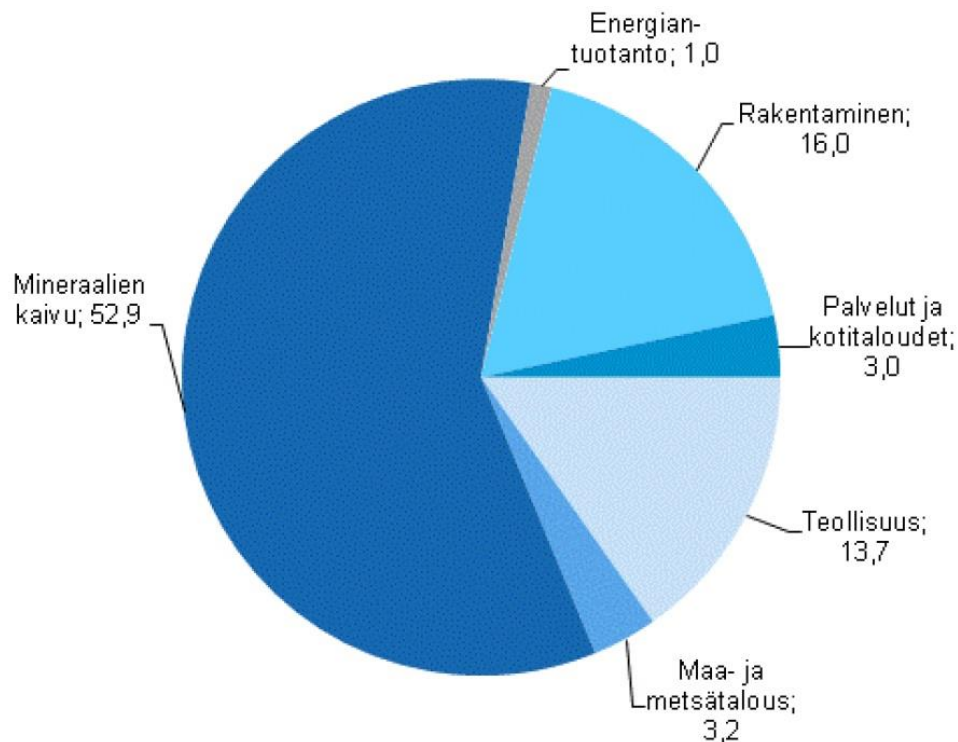
Muutospaineen alla on Suomeen rakennettu useita uusia jätteenpolttolaitoksia, joiden ensisijainen tarkoitus on käsitellä yhdyskuntajätettä polttamalla. Vuodesta 2007 lähtien, kun Suomen toinen jätteenpolttolaitos otettiin käyttöön Ekokemin Riihimäen laitokselle, on yhdyskuntajätteen käsittely polttamalla kasvattanut rooliaan Suomen jätesektorilla.

Tämän kandidaatin tutkinnon lopputyön tarkoituksena on tarkastella jätteenpolttoa Suomessa ja sen kohtaamia muutoksia sekä tulevaisuutta. Kappaleessa 2 käsitellään jätettä ja sen soveltumista polttoaineeksi. Kappaleessa on tarkasteltu jätteen määrää Suomessa sekä polttoon soveltuvia jätejakeita. Myös jätteestä valmistetut kiinteät kierrätyspolttoaineet käsitellään tässä yhteydessä. Seuraavassa kappaleessa esitellään tekniikoita, joita käytetään jätteen termiseen käsittelyyn. Kappale 4 keskittyy jätteenpolttoa ohjaileviin säädöksiin. Jätteenpolttoa Suomessa käsitellään kappaleessa 5. Kappaleessa on tarkasteltu Suomen jätteenpolttolaitoksia sekä rinnakkaispolttolaitoksia nyt ja tulevaisuudessa. Kappaleessa 6 on pohdittu jätteenpolton tulevaisuutta Suomessa. Työn lopussa on koottu yhteenveto käsitellyistä aiheista. Viimeiseksi työhön on sijoitettu luettelo työssä käytetyistä lähteistä sekä liitteet.

2 JÄTE POLTTOAINEENA

Jätteitä syntyy lähes jokaiselta sektorilta, joissa ihminen vaikuttaa. Asumisesta syntyviä jätejakeita kutsutaan yhdyskuntajätteeksi. Siihen rinnastetaan myös palvelu- ja elinkeinotoiminnasta syntyneet jätteet, jotka vastaavat ominaisuuksiltaan, koostumukseltaan ja määrältään asumisesta syntyviä jätteitä. (Pöyry 2012, liite I.) Suurimmat jätemäärät tulee kuitenkin kaivostoiminnasta, rakentamisesta ja teollisuudesta. Suurin osa Suomessa syntyvästä jätteestä on mineraalijätteitä kaivostoiminnasta ja seuraavaksi suurin osuus on puujätteitä. Mineraalijätteistä suurin osa sijoitetaan kaatopaikoille ja reilu kolmannes hyödynnetään materiaalina. Puujätteistä suurin osa hyödynnetään energian tuotantoon ja osa hyödynnetään materiaalina. (SVT 2014.)

Vuonna 2012 Suomessa kertyi jätettä lähes 90 miljoonaa tonnia (kuva 1). Suurin jätemäärä oli peräisin mineraalien kaivusta. Seuraavaksi suurimmat jätteen tuottajasektorit olivat lähes samansuuruisilla osuuksilla rakentaminen ja teollisuus. Samana vuonna Suomessa kertyi polttokelpoista jätettä noin 16,4 miljoonaa tonnia, josta poltettiin 10,7 miljoonaa tonnia. Tämä vastaa 66 prosenttia polttokelpoisista jätteistä. Suurin osa poltetusta jätteestä oli metsätalouden ja -teollisuuden puujätteitä. Yhdyskuntajätettä kertyi 2,74 miljoonaa tonnia, josta noin kolmannes poltettiin. Yhdyskuntajätettä ja muuta sekalaista jätettä poltettiin yhteensä 1,4 miljoonaa tonnia. (SVT 2013; SVT 2014.)

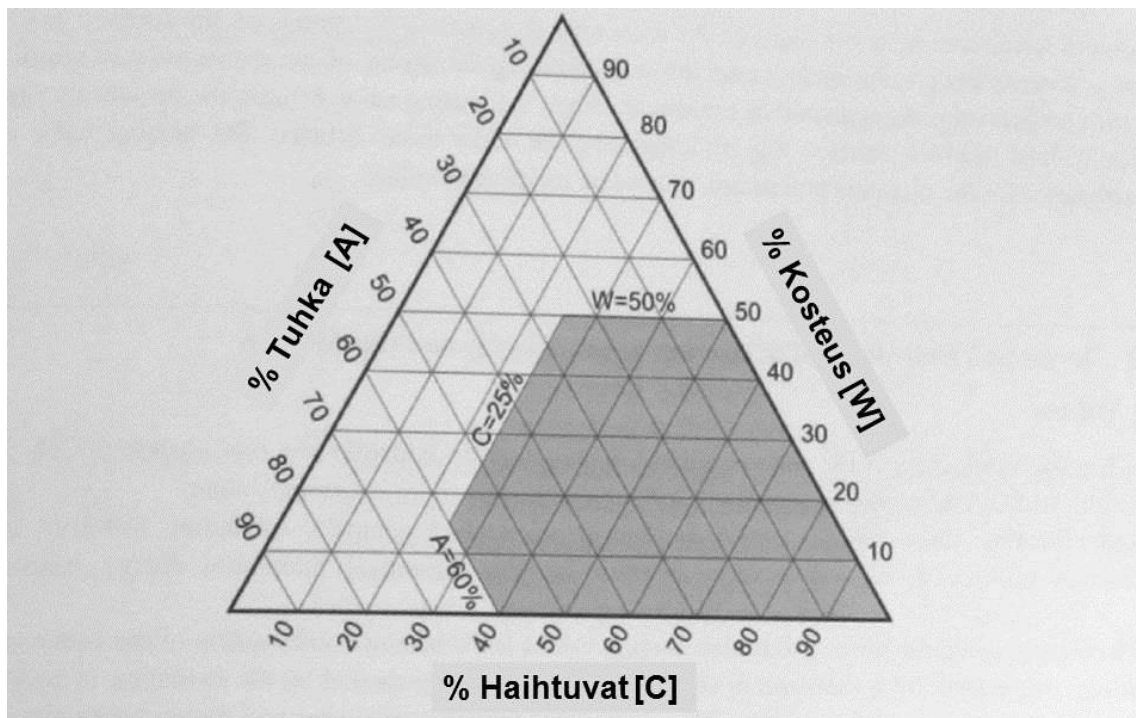


Kuva 1 Jättemäärät sektoreittain Suomessa vuonna 2012, miljoonaa tonnia (SVT 2014, 1)

Suhteessa syntyvän jätteen määrään Suomen jätteen käsittelyssä ei ole tapahtunut suuria muutoksia vuoden 2006 ja 2012 välisenä aikana. Yli puolet syntyvästä jätteestä sijoitetaan kaatopaikoille, noin kolmannes hyödynnetään aineena ja reilu kymmenes syntyvästä jätteestä hyödynnetään energiana (liite 1). Kuitenkin tarkastellessa yhdyskuntajätteen käsittelyn kehitystä Suomessa on muutos huomattava. Vuonna 2012 yhdyskuntajätettä sijoitettiin noin kolmannes kaatopaikoille, kolmannes hyödynnettiin materiaalina ja kolmannes hyödynnettiin energiana. Yhdyskuntajätteen materiaalin hyödyntämisen osuus on pysynyt lähes samana tarkastelu vuosien aikana, mutta yhdyskuntajätteen energiahyödyntäminen on kasvattanut osuuttaan huomasti loppusijoituksen vähentyessä. Vuonna 2006 yhdyskuntajätteen energiahyödyntämisen osuus oli yhdeksän prosenttia, kun vuonna 2012 se oli 34 prosenttia (liite 2). 25 prosenttiyksikön nousu selittyy uusien jätteenpolttolaitosten käyttöönotosta. Liitteiden 1 ja 2 tiedot on saatu Tilastokeskuksen internetsivuilta löytyvästä PX-Web-tietokantojen jakelupalvelimelta (Jätetilasto). Tilastokeskuksen jäteraportissa ja tilastotietokannan

tiedoissa on eroavaisuuksia koskien vuotta 2010. Liitteessä 1 on käytetty vuoden 2010 jäteraportin tietoja kyseisen vuoden osalta.

Käytettävän polttoaineen tärkeimmät ominaisuudet ovat: kosteus, palakoko, haihtuvien määrä ja tuhkan sulamiskäyttäytyminen. Polttoaineen kosteuspitoisuus vaikuttaa polttoaineen teholliseen lämpöarvoon, jota taas vaikuttaa tarvittavaan polttoaineen määrään ja näin ollen polttoainevirtaan ja polttoaineenkäsittelylaitoksen mitoittamiseen. (Maskuniitty 1995, 396.) Koska jätteen ominaisuudet vaihtelevat suuresti sen alkuperän mukaan, luo se erityisiä haasteita jätteen polttoainekäytölle. Tanner:in diagrammi kuvaa jätteeltä vaadittavia ominaisuuksia, jotta sitä voitaisiin polttaa ilman tukipolttoaineita (kuva 2). Diagrammi auttaa määrittämään mille jätteille tarvitaan tukipolttoaineita ja mille ei, kun jätteen kosteus- ja tuhkapitoisuus sekä haihtuvien määrä tunnetaan. (Hulgaard & Vehlow 2011, 367.)



Kuva 2 Tanner:in diagrammi. Tummalla harmaalla merkattu alue osoittaa jätteeltä vaadittavat ominaisuudet, jotta se voidaan polttaa ilman tukipolttoainetta (Hulgaard & Vehlow 2011, 367).

Jätteen lämpöarvoa voi olla vaikea määrittää yleisesti, koska sen ominaisuudet vaihtelevat paljon jätteen alkuperän mukaan. On kuitenkin erilaisia tapoja määrittää jätteelle tehollinen lämpöarvo. Tyypillisesti käytetään tapaa, jossa jätesekoitukselle yhteensovitetaan tehollinen lämpöarvo sen sisältämien jättejakeiden mukaan, joille taas käytetään jokaiselle jakeelle tyypillistä tehollista lämpöarvoa. Toinen tapa on määrittää jätteen tehollinen lämpöarvo sen kemiallisen koostumuksen perusteella. Tähän voidaan soveltaa jätesekoituksen koostumusta sekä yksittäisten jakeiden kemiallista koostumusta. (Hulgaard & Vehlow 2011, 368-371.)

Noin 80 prosenttia poltettavasta jätteestä muuttuu polttoprosessissa savukaasuiksi. Syntynyt savukaasu sisältää useita ongelmallisia partikkeleita, kuten typenoksideja (NO_x), happamia kaasuja (HCl , HF , SO_2), raskasmetalleja sekä dioksiini- ja furaanipitoisuuksia. Nämä tulee puhdistaa savukaasuista mahdollisimman hyvin ennen savukaasun johtamista piipun kautta ilmaan. (Vehlow & Galager 2011, 393.) Erityisesti raskasmetallit sekä dioksiini- ja furaanipäästöt ovat ongelmallisia jätettä poltettaessa. Tämän vuoksi jätteenpolttoa koskevat päästöraajat ovat alhaisia ja savukaasujen viipymäaikoihin ja lämpötiloihin tulee kiinnittää erityistä huomiota. (Vesanto 2006, 60.)

2.1 Polttokelpoiset jätteet

Syntyvästä jätteestä kaikki ei ole suinkaan polttoon sopivaa. Kaivosteollisuudessa syntyy paljon polttoon kelpaamatonta jätettä ja esimerkiksi rakennusteollisuuden purkujätteitä ei voida käsitellä termisesti. Myös polttoon soveltuvissa jättejakeissa on paljon eroavaisuuksia ja jotkut jakeet soveltuvat toisia paremmin polttoon. Jätettä polttavalle laitokselle tuotava jäte voi sisältää useasta eri lähteestä olevia jätteitä, kuten yhdyskuntajätettä, teollisuuden jätteitä ja mahdollisesti klinisiä jätteitä sekä jätevesi lietteitä (Hulgaard & Vehlow 2011, 367). Teollisuudessa syntyvät jätteet, kuten puujäte, voi olla hyvin tasalaatuista. Myös syntypaikalla jaoteltu energiajäte soveltuu hyvin polttoon. Kun yhdyskuntajätteestä on eroteltu erilleen biojäte, vaaralliset jätteet ja muut kierrätykseen kelpaavat jättejakeet, kuten metalli ja paperi, jää jäljelle hyvin polttoon soveltuvaa kuivajätettä. (Pöyry 2012, liite I.)

Polttoon soveltuvia jätevirtoja syntyy muun muassa kotitalouksissa, kaupansektorilla sekä teollisuudessa. Termisesti voidaan käsitellä muun muassa:

- kierrätyskelvottomia yhdyskuntajätteitä
- teollisuus- ja pakkausjätteitä
- vaarallisia jätteitä
- jätevesilietteitä
- klinisiä jätteitä. (Laine-Ylijoki et al. 2005, 20.)

Käytettävästä polttotekniikasta ja jätejakeesta riippuen jäte tulee esikäsitellä ennen polttoa. Tähän voi kuulua erilaisten jakeiden erottelu jätteestä, kuten metallin seulonta. Myös suurimmat jätteen sisältämät partikkelit tulee poistaa tai vaihtoehtoisesti käsitellä esimerkiksi murskaamalla pienenpään partikkelikokoon.

2.2 Kierrätyspolttoaineet

Kierrätyspolttoaineiden valmistuksen tarkoituksena on muokata jätteestä polton kannalta parempi laatuista. Myös materiaalit, jotka voidaan materiaalihyödyntää tai kierrättää pyritään ottamaan talteen kierrätyspolttoaineen valmistuksessa, jolloin kierrätyspolttoaineiden valmistus suosii materiaalien talteenottamista. Uudelleen hyödynnettäviä materiaalivirtoja ovat muun muassa metallit, lasi ja kuidut.

Suomessa käytettiin kierrätyspolttoaineista ennen tunnusta REF (Recovered Fuel), joka perustui standardiin SFS 5875. Standardi luokitteli kierrätyspolttoaineen kolmeen luokkaan REF I-III seitsemän ominaisuuden mukaan.

Tämä standardi on sittemmin kumottu ja se on korvattu standardilla SFS-EN 15359, jonka myötä kierrätyspolttoaineista käytetään kansainvälistä tunnusta SRF (Solid Recovered Fuel). Korvaavassa standardissa kierrätyspolttoaineet jaotellaan kolmen eri ominaisuuden perusteella. Kukin ominaisuus on jaettu viiteen luokkaan. Jaottelun perustana olevat ominaisuudet ovat tehollinen lämpöarvo, kloori- ja elohopeapitoisuus (taulukko 1).

Taulukko 1 Kiinteiden kierrätyspolttoaineiden luokitusjärjestelmä standardin SFS-EN 15359 mukaan.

Luokitusominaisuus	Tilastollinen mitta	Yksikkö	Luokat				
			1	2	3	4	5
Tehollinen lämpöarvo (NCV)	Keskiarvo	MJ/kg (ar)	≥ 25	≥ 20	≥ 15	≥ 10	≥ 3
Luokitusominaisuus	Tilastollinen mitta	Yksikkö	Luokat				
			1	2	3	4	5
Klooripitoisuus (Cl)	Keskiarvo	% (d)	≤ 0,2	≤ 0,6	≤ 1,0	≤ 1,5	≤ 3
Luokitusominaisuus	Tilastollinen mitta	Yksikkö	Luokat				
			1	2	3	4	5
Elohopeapitoisuus (Hg)	Mediaani 80. prosenttipiste	mg/MJ (ar)	≤ 0,02	≤ 0,03	≤ 0,08	≤ 0,15	≤ 0,50
		mg/MJ (ar)	≤ 0,04	≤ 0,06	≤ 0,16	≤ 0,30	≤ 1,00

Jos esimerkiksi kiinteän kierrätyspolttoaineen tehollisen lämpöarvon keskiarvo on 20 MJ/kg, klooripitoisuuden keskiarvo on 0,5 % ja elohopeapitoisuuden mediaani on 0,016 mg/MJ sekä 80. prosenttipisteen arvo 0,05 mg/MJ, on kierrätyspolttoaineen luokkakoodi: NCV 2; CL 2; Hg 2. Elohopeapitoisuuden luokan määrää se arvo kumpi on suurempi mediaanista tai 80. prosenttipisteen arvosta. Standardin mukaan kierrätyspolttoainetta ei tulisi käyttää, jos sen polttaminen kuluttaa enemmän energiaa kuin se palaessaan tuottaa.

Kierrätyspolttoaineesta käytetään myös termiä RDF (Refuse-derived Fuel). Tätä termiä käytetään yleisesti jätteelle, jota on käsitelty lämpöarvon nostamiseksi. SRF:ä taas käytetään tarkasti laatuluokitellusta kierrätyspolttoaineesta, jota sitoo laatuja järjestelmät ja -vaatimukset. (Rotter 2011, 486.)

3 TERMINEN KÄSITTELY

Jätteen termisen käsittelyn tavoitteena on muokata jätteestä vähemmän haitallista sekä ottaa talteen hyödylliset jakeet. Terminen käsittely mahdollistaa jätteen tilavuuden pienentämisen sekä energian talteenoton jätteestä. (Laine-Ylijoki et al. 2005, 13.)

Kiinteän polttoaineen palaminen noudattaa samoja pääsääntöjä kaikilla polttotekniikoilla. Yksittäisessä polttoainekappaleessa ensimmäisenä kappaleesta poistuu kosteus, jota seuraa pyrolyysivaihe sekä haihtuvien palaminen. Viimeisessä vaiheessa polttoainekappaleesta palaa jäännöshiili. Suurissa kappaleissa palamisen seuraava vaihe voi jo käynnistyä edellisen vaiheen ollessa vielä käynnissä. (Maskuniitty 1995, 393-395.)

Arinatekniikka soveltuu hyvin yhdyskuntajätteen massapolttoon, mutta myös leijupolttoa sekä rumpu-uuneja käytetään jätteenpolttoon (Maskuniitty 1995, 409). Uutena tekniikkana on tullut jätteen kaasutus sekä pyrolyysi. Ohessa on käsitelty jätteen termisen käsittelyn eri tekniikoita.

Käytettävä polttotekniikka riippuu jätteen alkuperästä ja laadusta, sekä sen esikäsittelyn tarpeesta (Hulgaard & Vehlow 2011, 379). Koska jätteen ominaisuudet vaihtelevat suuresti, tulee prosessi suunnitella likaavimman ja eniten korroosiota aiheuttavan jätteen mukaan. Tämän vuoksi höyryn korkeinta lämpötilaa voidaan joutua rajoittamaan. (Vesanto 2006, 30.)

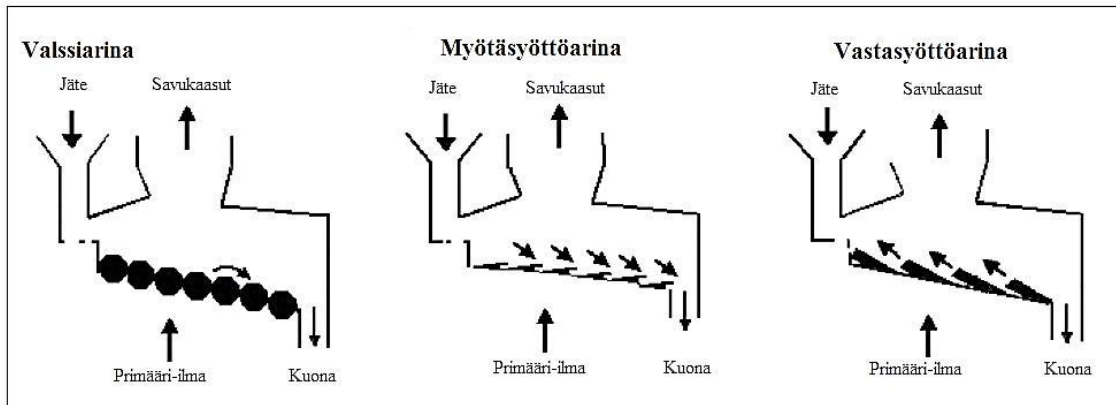
3.1 Arina

Arinatekniikka soveltuu kiinteiden polttoaineiden polttoon ja sitä käytetään yksinkertaisuuden vuoksi laaja-alaisesti monen kokoluokan kohteissa. Arinapoltto voi olla käytössä muutaman kilowatin kokoisesta omakotitalokattilasta aina teollisuuden kymmenien megawattien voimakattiloihin. (Maskuniitty 1995, 393.) Käytettävät polttoaineet ovat biopolttoaineet, turve ja hiili sekä erilaiset jätepolttoaineet, kuten metsäteollisuuden jätteet sekä yhdyskuntajätteet. Jätepolttoaineita voidaan käyttää

pääpolttoaineena tai rinnakkaispolttoaineena. (Maskuniitty 1995, 395-396.) Arinatekniikka mahdollistaa syntypaikkalajitellun yhdyskuntajätteen polton ilman jätteen suurempaa esikäsitteilyä. Poltettavasta jätteestä tulee ainoastaan poistaa suurimmat jakeet. Tällöin puhutaan yleisesti jätteen massapoltoa.

Arina rakenteita on useita polttoaineesta ja kattilan koosta riippuen. Päärakennetyypeiksi voidaan sanoa kiinteät taso-, viisto- ja porrassarinat, mekaaniset ketju- ja viistoarinat, alasyöttöarina sekä valssiarina. Kattilakohtainen arina koostuu usein näiden tyyppien yhdistelmistä. Arinatekniikan valintaan vaikuttaa käytettävän polttoaineen ominaisuudet sekä kattilalta vaadittava teho. Pienen kokoluokan kattiloissa käytetään yleisesti kiinteää arinaa ja arinan jäähdytys tapahtuu primääri-ilmalla. Suuremman kokoluokan arinaratkaisuissa arinatekniikkana käytetään mekaanisia arinoita, jotka tyypillisesti ovat vesijäähdytteisiä. Vesijäähdytys voidaan integroida kattilan vesikiertoon. Kattilakoon kasvaessa on arinat yleisesti varusteltu mekaanisella polttoaineen syötöllä ja tuhkan poistolla. (Huhtinen 2000, 147-151; Maskuniitty 1995, 339.) Loppukappaleessa tarkastellaan arinatekniikkaa ja palamisen eri vaiheita tarkemmin jätteenpolton kannalta.

Arinatekniikkaa on tyypillisesti käytetty yhdyskuntajätteen massapoltoissa, jossa jätteen käsittely ennen polttoa on vähäistä. Ainoastaan isoimmat kappaleet tulee murskata pienempään palakokoon ja isoimmat metalliesineet poistaa jätteen joukosta. (Vesanto 2006, 30.) Arinatekniikasta voidaan tarkastella kolmea jätteenpoltoon soveltuvaa päätyyppiä (kuva 3). Nämä ovat myötä- ja vastasyöttöarina sekä valssiarina. Kaikki kolme päätyyppiä edustaa mekaanista viistoarinaa. Polttoaineen syöttö arinalle tapahtuu mekaanisesti polttoainesiihosta. Siilosta polttoaineensyöttö purkaa jätteen tasaisesti arinalle. Arinan tarkoitus on siirtää polttoaine tulipesän läpi. Liikkuessaan tulipesän arinoilla jäte kokee eri palamisen vaiheet. (Maskuniitty 1995, 411; WI BREF 2006, 36.)

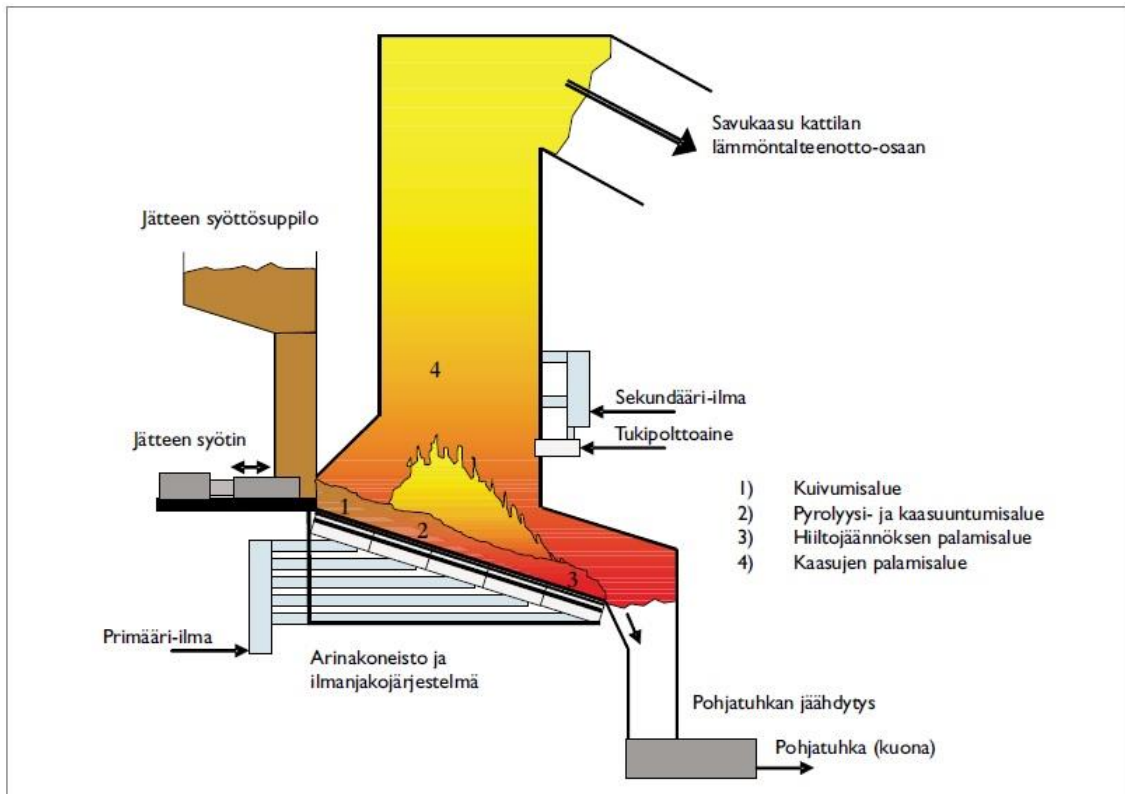


Kuva 3 Jätteenpolton kolme arinatekniikan päätyyppiä (BREF 2006, 37).

Valssiarinalla arinaraudat muodostuvat rei'itetyistä sylinterinmuotoisista pyörivistä valsseista. Primääri-ilma syötetään valssin sisäpuolelle, jolloin se siirtyy polttoaineeseen valssin reikien kautta. Pyöriessään valssit sekoittavat tehokkaasti poltettavaa polttoainetta, minkä vuoksi se sopii hyvin huonolaatuisille ja heterogeenisille polttoaineille. Myös polttoaineen siirtymänopeuden säätö valssiarinalla on helppoa muuttamalla valssien pyörimisnopeutta. (Huhtinen 2000, 151; Maskuniitty 1995, 411.)

Myötä- ja vastasyöttöarinoiden ero on niiden arinarautojen liikumis suunnassa. Myötäsyöttöarinalla arinaraudat liikkuvat polttoaineen kulkeutumissuunnan mukaisesti ja polttoaineen siirtymänopeutta voidaan säädellä arinarautojen tahdistuksella tai työntöpituutta muuttamalla. Vastasyöttöarinalla arinaraudat liikkuvat polttoaineen kulkusuuntaan nähden vastaisesti, jolloin arinarautojen liikesuunnalla on hyvä polttoaineen sekoittamis ominaisuus. Toisaalta vastasyöttöarinalla siirtymisnopeus on riippuvainen arinakulmasta, joka on kiinteä. (Maskuniitty 1995, 411.)

Kuvassa 4 on esitetty mekaanisen viistoarinan tulipesän rakenne sekä palamisvyöhykkeet vaiheittain. Kun polttoaine syötetään arinalle, se lämpenee syttymispisteeseen ja samalla polttoaineen sisältämä kosteus poistuu. Kosteuden haihdutus kuluttaa energiaa, joten arinapinta tai tulipesäntila tulee mitoittaa riittäväksi polttoaineen kosteuden haihduttamiseksi. Suurin osa pinta-alasta tulee varata kosteuden haihduttamiseen. (Huhtinen 2000, 152; Maskuniitty 1995, 394.)



Kuva 4 Tulipesän rakenne arinatekniikassa (Vesanto 2006, 31).

Kun kosteus on poistunut polttoaineesta ja lämpötila on tarpeeksi korkea, seuraa pyrolyysivaihe. Siinä syntyy inerttejä kaasuja sekä palamiskelpoisia kaasuja ja nestefaasissa olevia terva-aineita, jotka vaativat tarpeeksi happea palaakseen hyvin liekissä. Pyrolyysivaihe vaatii alkuun ulkopuolista energiaa, mutta muuttuu lämpötilan kohotessa energiaa tuottavaksi prosessiksi. Polttoaineen haihtuvien määrä kuvaa pyrolyysivaiheessa polttoaineen kuiva-aineen lämpösisältöä, joka kaasuuntuu tämän vaiheen aikana. (Maskuniitty 1995, 394-395.) Tulipesään syötetään sekundääri-ilmaa arinan yläpuolelle, jolloin savukaasun sisältämät palavat kaasut reagoivat ilman hapen kanssa luovuttaen lämpöä. (Huhtinen 2000, 153.)

Kun polttoaineen haihtuvien aineiden osuus on kaasuuntunut, alkaa polttoaineesta jäljellä oleva kiinteä hiili palaa. Hiili palaa pinnaltaan ilman liekkiä, kun lämpötila on tarpeeksi korkea ja palamisprosessiin on tarpeeksi happea saatavilla. Polttoaineen

tuhkakäyttäytyminen tulee ottaa huomioon, koska tuhka voi tukkia arinarakenteita. (Maskuniitty 1995, 398.)

Palamisprosessissa syntynyt lämpö varastoituu osittain arinan rakenteisiin, josta se säteilee polttoaineeseen. Tätä säteilyä käytetään polttoaineen lämmittämiseen ja kosteuden poistoon. Polttoaineen lämmittämiseen käytetään myös esilämmitettyä palamisilmaa. (Huhtinen 2000, 153.)

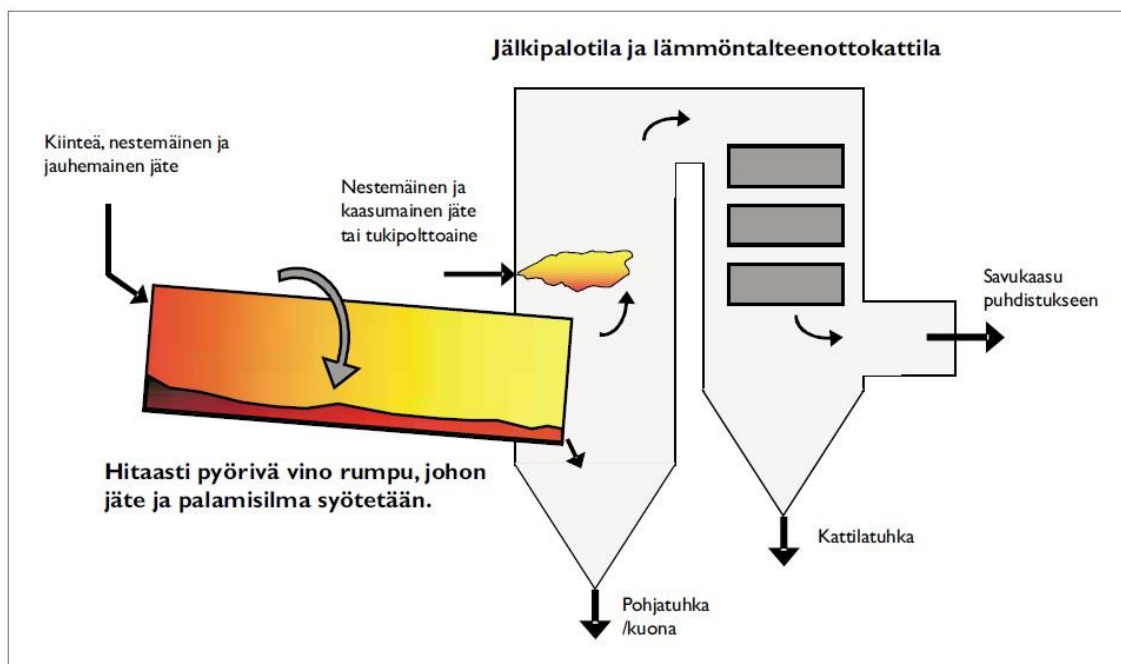
Arinatekniikan etuja ovat jätteen esikäsittelyn vähäinen tarve, jolloin se soveltuu hyvin sekajätteen polttamiseen. Arina on myös varmatoiminen sekä arinan omakäyttötehon tarve on pienempi verrattuna leijukerrostekniikkaan. Toisaalta arinan säädeltävyys on rajallista ja sen kattilahyötysuhde on leijukerros polttoa heikompi.

3.2 Rumpu-uuni

Rumpu-uuneja käytetään erityisesti vaarallisen jätteen polttoon, koska ne soveltuvat hyvin erilaisten jätteiden polttoon. Käsiteltävät jätteet voivat olla kiinteitä, nestemäisiä, pastamaisia taikka kaasumaisia. (Vesanto 2006, 34.)

Käsiteltävä jäte syötetään hieman vinossa olevan rummun yläpäähän, johon myös palamisilma syötetään. Polttoaine kulkeutuu rummun alapäähän rummun pyörivän liikkeen ja kulman vaikutuksesta. Rummun vaippa on yleensä muurattu sisäpuolelta, jolloin sen kuumuuden kestävyys on parempi. Jäähdytys voidaan toteuttaa joko ilmalla tai vedellä. Jätteen viipymäaika rummussa voidaan säädellä rummun pyörimisnopeudella, joka voi vaihdella muutamasta kierroksesta useaan kymmeneen kierrokseen tunnissa. Rumpu-uunin jälkeen on yleensä sijoitettu erillinen jälkipalotila, johon syntyneet savukaasut johdetaan. Savukaasujen viipymäaika rummussa on yleensä liian lyhyt täydelliseen palamiseen (Hulgaard & Vehlow 2011, 381). Tällöin jälkipalotilaa tarvitaan varmistamaan parempi palamistulos. Parempi palamistulos vähentää palamattomien orgaanisten aineiden pitoisuutta savukaasuissa ja tuhkassa. Myös jauhemaiset, nestemäiset ja kaasumaiset jätteet voidaan syöttää suuttimilla jälkipalotilaan rummun sijasta. Kiinteä tai sula tuhka valuu rummusta jälkipalotilaan,

josta se poistetaan. Savukaasut johdetaan lämmöntalteenottokattilan kautta puhdistukseen. (Vesanto 2006, 34.) Esimerkki rumpu-uunin toimintaperiaatteesta esitetään kuvassa 5.



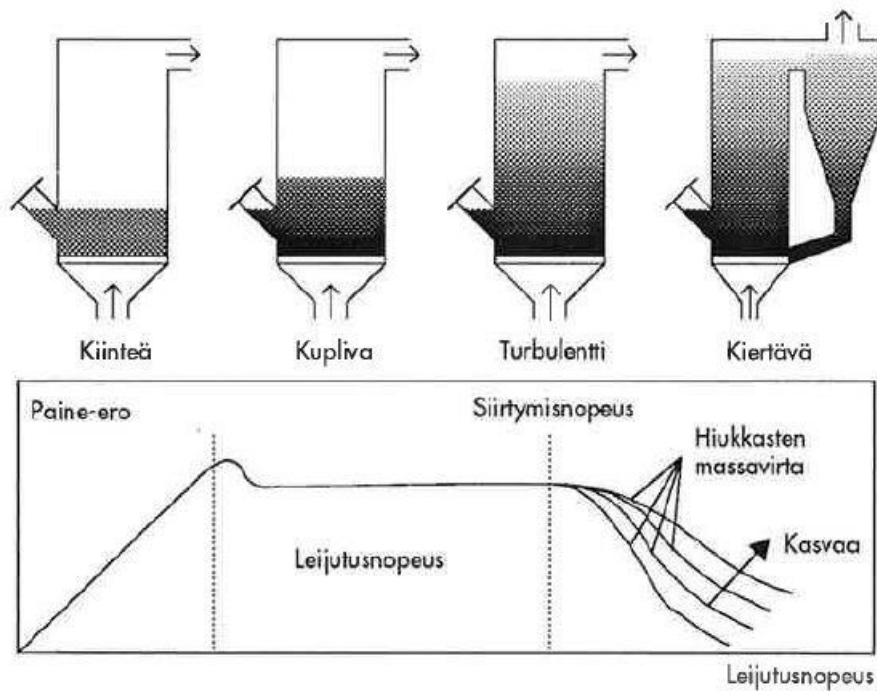
Kuva 5 Rumpu-uunin toimintaperiaate (Vesanto 2006, 35).

3.3 Leijukerros poltto

Leijukerros poltto on tänä päivänä yksi tärkeimmistä polttotekniikoista, kun halutaan polttaa kiinteitä polttoaineita ympäristöystävällisesti. Tekniikka sopii erityisen hyvin huonolaatuisten polttoaineiden polttoon, joiden poltto muilla tekniikoilla olisi hankalaa. Leijukerros polton suosion takana on sen soveltuminen hyvin erilaisille polttoaineille ja polttoaineen vaihteluille. Leijukerros poltossa palamislämpötila voidaan pitää alhaisena, mikä pienentää typenoksidipäästöjen syntymistä. Myös rikki päästöjä voidaan rajoittaa helposti syöttämällä kalkkia suoraan tulipesään. (Huhtinen 2000, 153; Hyppänen & Raiko 1995, 417.)

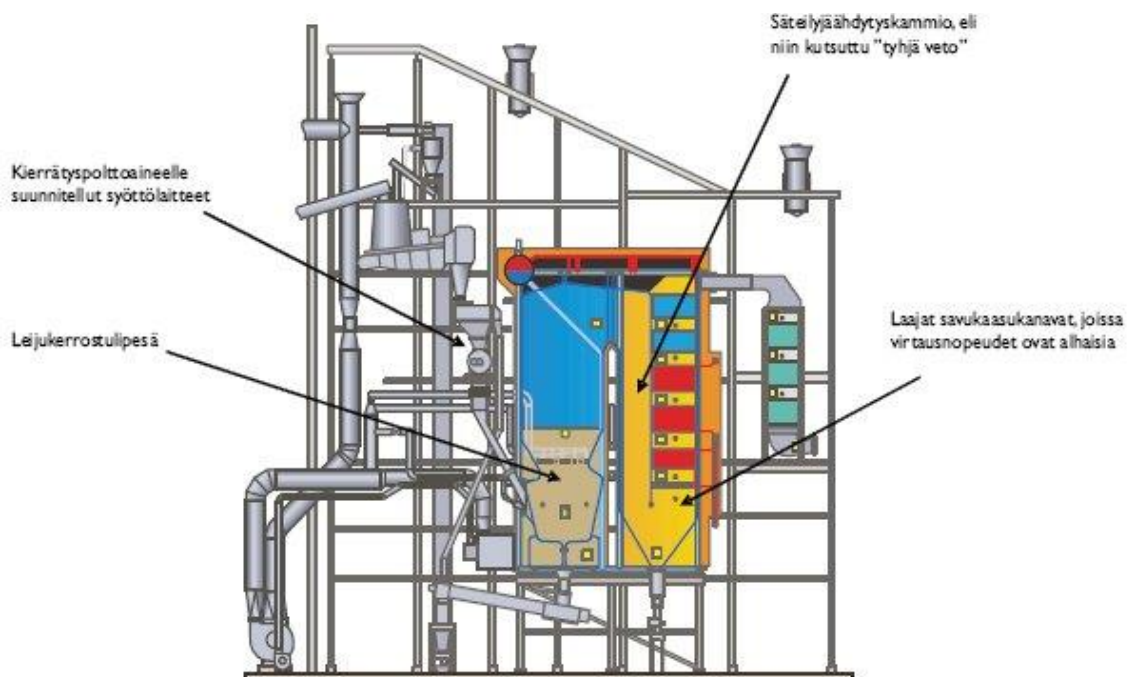
Leijukerros poltto perustuu ilmapinnan avulla leijutettavaan petiin, johon polttoaine syötetään. Peti muodostuu leijutusmateriaalista, kuten hiekasta tai mineraalimurskeesta, sekä tuhkasta, jonka osuus voi olla varsin suuri jätteenpoltossa (Vesanto 2006, 32). Kun leijutusilman nopeus ylittää nopeuden, joka saa aikaan petin leijumisen, on leijutusprosessissa saavutettu minimileijutusnopeus. Tässä vaiheessa petin partikkeleiden jatkuva kosketus toisiinsa häviää. Leijutusnopeutta kasvattamalla petiin syntyy ylösvirtaavia kaasukuplia, joiden vaikutuksesta peti kuplii. Tästä vielä nopeutta kasvattamalla petin partikkelit eivät muodosta enää kiinteää kerrosta ja kuplinta häviää. Petin partikkelit kulkeutuvat leijutusvirtauksen mukana synnyttäen turbulentin leijutustilan. Vielä leijutusnopeutta kasvattamalla saadaan aikaan leijupartikkeleiden kulkeutuminen kaasujen mukana. Jotta petimateriaali saadaan takaisin prosessiin on leijutustilan jälkeen sijoitettava kiintoaineen erotin, joka palauttaa petimateriaalia takaisin prosessiin. Näin saadaan aikaan kiertävä leijukerros poltto. (Hyppänen & Raiko 1995, 418.) Kuvassa 6 on esitetty leijutusnopeuden vaikutusta paine-eroon ja petin reagointiin.

Leijutusnopeuden suuruus vaikuttaa petin reagoimiseen ja tämän mukaan leijukerros poltto on jaoteltu kahteen eri tyyppiin: kerrosleijutekniikkaan (BFB Bubbling Fluidized Bed) ja kiertoleijutekniikkaan (CFB Circulating Fluidized Bed). Kerrosleijupoltossa käytetyn petimateriaalin partikkelikoko on kiertoleijutekniikka suurempi ja leijutusnopeus on kiertoleijua pienempi. Polttoaineena jätettä käyttävä kerrosleijutekniikkaan perustuva kattila on esitelty kuvassa 7.



Kuva 6 Leijutusnopeuden vaikutus petin käyttäytymiseen (Hyppänen & Raiko 1995, 419.)

Kerrosleijupoltossa polttoaine syötetään mekaanisesti polttoaineen syöttöputkien kautta esilämmitetyn petin päälle. Polttoainetta ei tarvitse kuivata ennen polttoa, koska sekoittuessaan kuumaan petimateriaaliin se kuivuu nopeasti ja lämpenee syttymislämpötilaan. Peti omaa suuren lämpökapasiteetin, jonka vuoksi kerrosleijupolttoa voidaan käyttää kosteiden ja laadultaan vaihtelevien polttoaineiden polttoon. (Huhtinen 2000, 157.)



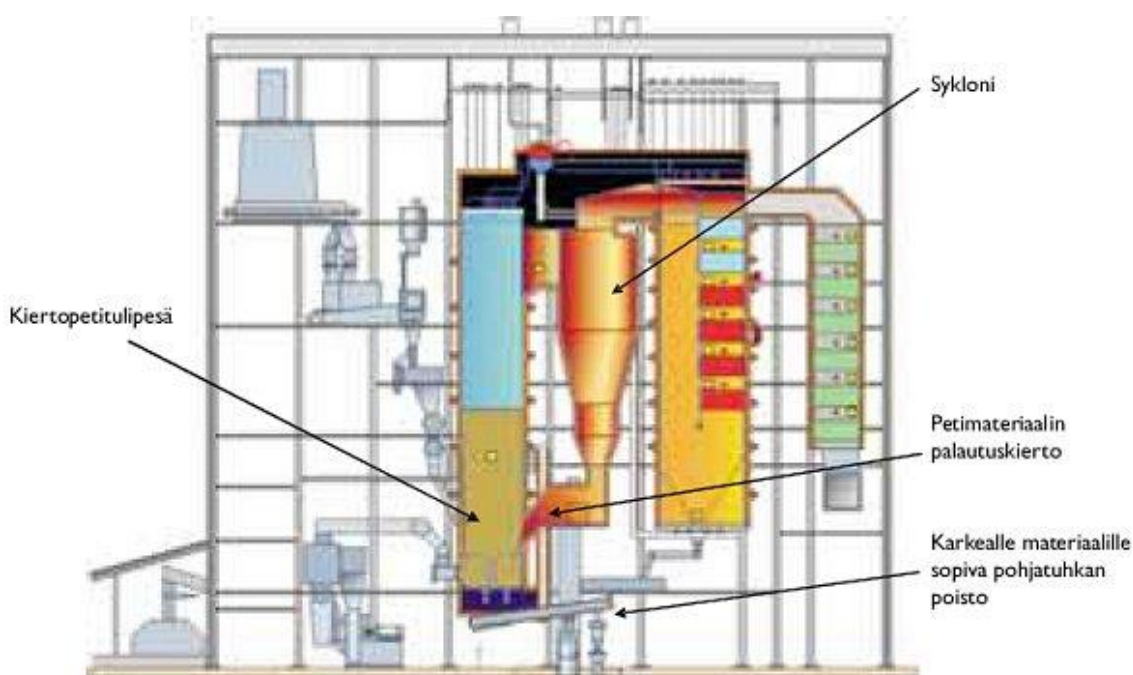
Kuva 7 Esimerkki jätettä polttavasta BFB-tekniikkaan perustuvasta kattilasta (Vesanto 2006, 32).

Kerrosleijupoltossa on tärkeää pitää petin lämpötila tuhkan sulamislämpötilan alapuolella. Tuhkan pehmeneminen tai sulaminen voi aiheuttaa petimateriaalin sintraantumista. Sintraantuneen materiaalin poistaminen on hankalaa kattilan ajon aikana, joten kattila tulee yleensä ajaa alas sen poistamiseksi.

Osa palamisen tarvitsemasta palamisilmasta saadaan leijutusilmasta ja loppu prosessin tarvitsema palamisilma johdetaan tulipesään sekundääri-ilmana. Polttoaineen syöttöjärjestelmä tulee suunnitella siten ettei tulipesään pääse hallitsemattomasti ilmaa syöttöjärjestelmästä. Hallitsematon ilma sekoittaa kaasuvirtauksia ja leijutusta. (Vesanto 2006, 32.)

Tuhkan poistamiseksi tulipesästä hiekkaa päästetään leijutusarinan läpi. Poistettu hiekka seulotaan tuhkan poistamiseksi ja seulottu hiekka palautetaan prosessiin. (Huhtinen 2000, 158.)

Kiertopetitekniikassa leijutusnopeus on niin suuri, ettei petillä ole selvää rajaa ja petimateriaali kiertää virtauksen mukana. Jotta petimateriaali saataisiin takaisin prosessiin on tulipesän jälkeen sijoitettava sykloni, joka erottelee savukaasuvirrasta kiinteät partikkelit takaisin palamisprosessiin. Polttoaineen syöttö kiertopetiin tapahtuu joko etuseinän kautta tai sekoittamalla polttoaine syklonista palautuvaan kiintoaine virtaan. Kiertopetikattila on esitetty kuvassa 8.



Kuva 8 Kiertoleijukattilan periaatekuva (Vesanto 2006, 33).

Leijutusilma johdetaan kiertopetiin tulipesän pohjalla olevien leijutussuuttimien kautta ja tarvittava lisäpalamisilma johdetaan prosessiin sekundääri-ilmana.

Jätteiden poltossa leijukerrostekniikkaan perustuvissa laitoksissa tulee tulipesän jälkeen suunnitella niin sanottu tyhjä veto savukaasujen esijähdyttämiseksi. Esijähdydkammion seinät ovat lämmönsiirtopintoja ja sen tarkoituksena on alentaa savukaasujen lämpötilaa ennen lämmönsiirtopintoja, jotta savukaasun sisältämät höyrystyneet metallit ja epäorgaaniset aineet saadaan erotettua. (Vesanto 2006, 32.)

Kerrosleijutekniikka sopii hyvin polttoaineille, joiden haihtuvien osuus on suuri ja joiden jäännöshiilen palaminen on nopeaa. Tekniikka sopii hyvin myös kosteiden polttoaineiden polttoon ilman polttoaineen kuivausta, koska petin korkea lämpökapasiteetti kuivaa poltettavan polttoaineen petissä nopeasti. Kiertoleijutekniikka sopii kerrosleijutekniikkaa paremmin hitaammin hapettuville polttoaineille ja jätteille, koska polttoaineen sekoittuminen petimateriaaliin on kerrosleijua tehokkaampaa (Vesanto 2006, 33). Hiilen polttoon kerrosleijutekniikka ei sovellu kovin hyvin, koska hiilen jäännöshiilen palamisaika on pitkä. Kiertoleijupoltto soveltuu hyvin myös hiilen polttoon, koska syklonin avulla palamattomat partikkelit on helppo kierrättää palamisprosessiin takaisin ja näin saavutetaan hyvä palamislopputulos. (Huhtinen 2000, 159-162.)

Yleisesti leijukerrostekniikka soveltuu hyvin erilaisten polttoaineiden seospolttoon. Arinaan nähden sen etuja on parempi kattilahyötysuhde. Leijukerrospoltoissa palaminen on tasaisempaa ja sen säädeltävyys on arinaa parempi. Jätteet tulee kuitenkin esikäsitellä soveltuvammaksi leijukerrospolttoon, joka lisää investointi- ja käyttökustannuksia. Leijukerrospoltoissa jäte tulee murskata sopivaan palakokoon sekä siitä tulee poistaa metallikappaleet. Tasaisen ajon kannalta tämä on välttämätöntä, koska suuret kappaleet ja metallit tukkivat polttoaineen syöttö- ja tuhkanpoistojärjestelmän. (Vesanto 2006, 33, 42.)

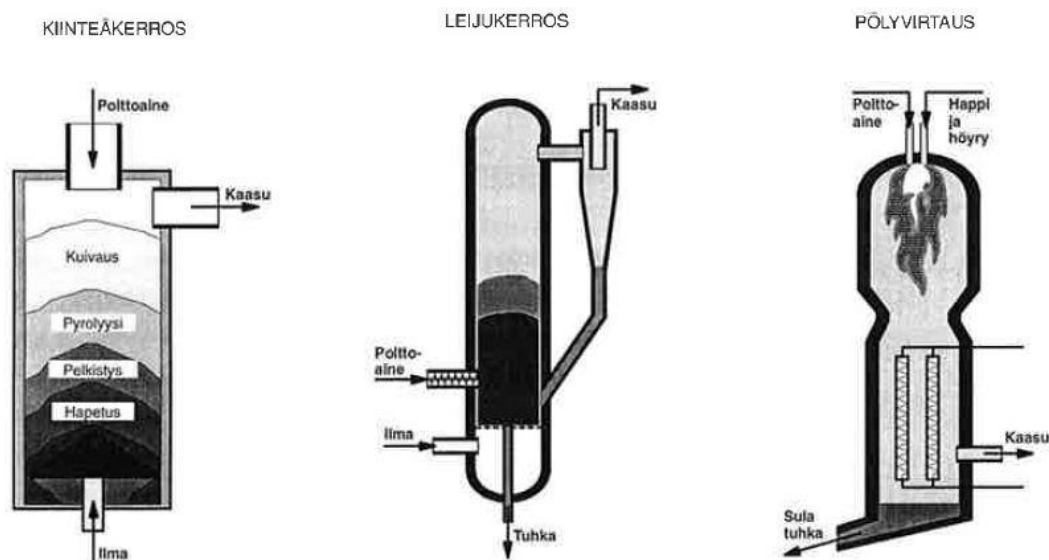
3.4 Pyrolyysi ja kaasutus

Pyrolyysi- ja kaasutusprosessissa hiilipitoisia materiaaleja käsitellään termisesti, jolloin prosessista syntyy lopputuotteina muun muassa kaasua, hiiltä, koksia, tuhkaa ja tervaa. Yleisesti voidaan sanoa, että pyrolyysistä syntyy kaasua, tervaa ja hiiltä, kun taas kaasutuksessa hiiltä sisältävät ainesosat, kuten pyrolyysin lopputuotteet, jalostetaan kaasuksi. Tarkoituksena on muokata polttoaineista uusia polttoaineita, jolloin jätteen kemiallinen sisältö otetaan talteen energiasisällön sijasta (Laine-Ylijoki et al. 2005, 18). Lopputuotteiden ominaisuuksiin ja määriin vaikuttavat käytettävä raaka-aine sekä käytettävä tekniikka. Pyrolyysi kuuluu yleensä osaksi kaasutusprosessia, vaikka

puhuttaisiin pelkästä kaasutuksesta. Pyrolyysi voidaan kuitenkin toteuttaa ilman kaasuuntumisvaihetta. (Astrup & Bilitewski 2011, 502.) Kiinteiden polttoaineiden kaasutus koostuu polttoaineen kuivumisesta, pyrolyysistä sekä jäännöshiilen kaasutus- ja palamisreaktioista. (Jahkola & Kurkela 1995, 489.)

Pyrolyysin tarkoituksena on poistaa hapettomissa olosuhteissa polttoaineen sisältämät kaasut. Lopputuotteena syntyy kaasua ja kiinteää koksia. Kaasutuksen tarkoituksena on muuttaa polttoaineen orgaaninen aines kaasuksi. Kaasutuksessa polttoaineen palamista rajoitetaan esimerkiksi ilman määrällä, jotta syntyy epätäydellinen palamisprosessi. (Laine-Ylijoki et al. 2005, 19.)

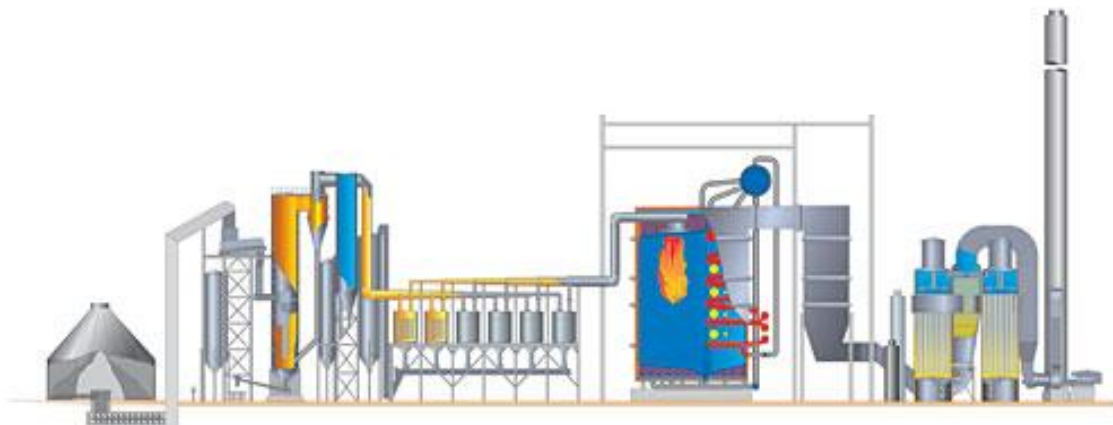
Kaasutusprosessin toteuttamiseen käytetään tyypillisesti kolmea erilaista reaktorityyppiä: kiinteäkerros-, leijukerros- ja pölyvirtausreaktoria (kuva 9). Näistä jätteille soveltuvia reaktoreita ovat kiinteäkerros- sekä leijukerrosreaktorit. Myös rumpu-uuniteknikkaa käytetään jätteen kaasutukseen (Astrup & Bilitewski 2011, 508.) Tämän vuoksi pölyvirtausreaktoria ei esitellä tässä työssä.



Kuva 9 Reaktorityypit (Jahkola & Kurkela 1995, 491).

Kiinteäkerrosreaktori voidaan toteuttaa joko vastavirta- tai myötävirtaperiaatteella. Näistä vastavirtaperiaatteeseen perustuva reaktori on yleisempi. Vastavirtaperiaatteella toimivassa reaktorissa polttoaine syötetään reaktoriin yläosasta, josta se kulkeutuu hitaasti kohti reaktorin alaosaan. Polttoaineen kulkeutuessa reaktorin läpi se kokee palamisen eri vaiheet. Tuhka poistetaan reaktorin alaosaan. Kaasuttava aine, ilma tai happi ja vesihöyry, syötetään kaasutusprosessiin reaktorin alaosaan ja puhdistamaton tuotekaasu poistetaan reaktorin yläosasta. (Astrup & Bilitewski 2011, 508-509.) Myötävirtakaasutin toimii vastaavalla periaatteella. Siinä kaasuttava aine syötetään yleensä reaktorin yläosasta ja puhdistamaton tuotekaasu poistetaan reaktorin alaosaan. Näin kaasutettava jäte ja kaasuttava aine kulkeutuvat reaktorissa myötävirtaan. (Astrup & Bilitewski 2011, 509.)

Kaasutus voidaan toteuttaa myös leijukerrostekniikkaan perustuen. Leijutus- sekä kaasutuskaasuna voidaan käyttää ilmaa tai happia ja vesihöyryn seosta, joka johdetaan reaktorin pohjan kautta tulipesään. Pelletöity tai tasaiseen partikkelikokoon käsitelty jäte syötetään petimateriaalin joukkoon, kuten poltettaessa jätettä leijukerrostekniikalla. Prosessista syntyvät kaasut kulkeutuvat reaktorin jälkeen sykloneihin, joissa kaasusta erotetaan suuremmat kiinteät partikkelit. Erotetut partikkelit voidaan johtaa reaktoriin takaisin. Tuotekaasu jäähdytetään tämän jälkeen ja puhdistetaan. (Astrup & Bilitewski 2011, 509.) Kuvassa 10 on Lahden Energian Kymijärvi II kaasutuslaitos, jonka kaasutusreaktorina toimii kiertoleijukaasutin.



Kuva 10 Lahti Energia Oy:n Kymijärvi II kaasutuslaitos (Valmet b).

4 SÄÄDÖKSET

Vuonna 2012 Suomessa tuli voimaan uusi jätealan lainsäädännön kokonaisuudistus. Uudistuksen tarkoituksena oli päivittää lainsäädäntö vastaamaan EU-lainsäädäntöä sekä omia tavoitteita jäte- ja ympäristöpolitiikassa. Suomessa jätteen käsittelyä ohjaa jätelaki (646/2011) sekä ympäristönsuojelulaki (86/2000). Näihin perustuen on annettu täsmentävät asetukset kaatopaikoista (331/2013) sekä jätteen polttamisesta (151/2013).

4.1 Jätelaki 646/2011

Jätelakiin (17.6.2011/646) on säädetty, että sen tarkoituksena on ”ehkäistä jätteistä ja jätehuollosta aiheutuvaa vaaraa ja haittaa terveydelle ja ympäristölle sekä vähentää jätteen määrää ja haitallisuutta, edistää luonnonvarojen kestäväää käyttöä, varmistaa toimiva jätehuolto ja ehkäistä roskaantumista.”

Jätelaissa määritetään etusijajärjestys, jota tulee noudattaa mahdollisuuksien mukaan kaikessa toiminnassa, myös jätteenpoltossa. Etusijajärjestyksellä tarkoitetaan, että ensisijaisesti tulisi vähentää syntyvän jätteen määrää ja haitallisuutta. Jos jätettä kuitenkin syntyy, on se valmisteltava uudelleenkäyttöä varten tai toissijaisesti kierrätettävä. Jos kierrättäminen ei ole mahdollista tulee jäte hyötykäyttää muilla tavoin, kuten energiana. Jos mikään edellä mainituista toiminnoista ei ole mahdollista teknillisesti tai taloudellisesti voidaan jäte loppukäsitellä. Loppukäsittelyllä tarkoitetaan sijoittamista kaatopaikalle, jätteenpolttoa ilman energian talteenottoa tai muuta näihin rinnastettavaa toimintaa, johon ei liity jätteen hyödyntäminen. Tämä tarkoittaa, että jätteenpoltto on vasta kolmantena etusijajärjestyksessä ja se tulisi ennemmin käyttää uudelleen tai kierrättää.

4.2 Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista 331/2013

Valtioneuvoston asetuksessa kaatopaikoista (2.5.2013/331) säädetään, että kaatopaikoille voidaan sijoittaa tavanomaistajätettä, jonka ”biohajoavan ja muun orgaanisen aineksen pitoisuus määritettynä orgaanisen hiilen kokonaismääränä tai

hehikutushäviönä on enintään 10 prosenttia.” Näin ollen jäte, joka hajoaa aerobisesti tai anaerobisesti tulisi uudelleenkäyttää, kierrättää tai muuten hyötykäyttää. Asetus on tullut voimaan kesäkuussa 2013, mutta biohajoavan ja orgaanisen aineen loppusijoittamisen rajoittamiseen on annettu siirtymäaika 1.1.2016 asti. Vuodesta 2016 alkaen tavanomaisen biohajoavan ja orgaanisen jätteen kaatopaikkasijoituksesta luovutaan ja siirrytään jätteen hyödyntämiseen.

4.3 Valtioneuvoston asetus jätteen polttamisesta 151/2013

Asetus jätteen polttamisesta (14.2.2013/151) ohjailee jätteenpoltto- ja rinnakkaispolttolaitosten toimintaa. Se myös määrittelee jätteenpolttolaitoksen ja jätteen rinnakkaispolttolaitoksen eron. Jätteenpolttolaitoksella tarkoitetaan laitosta, joka on tarkoitettu jätteen lämpökäsittelyyn riippumatta siitä otetaanko syntynyt lämpö talteen vai ei. Rinnakkaispolttolaitoksessa jäte on vakinainen tai lisäpolttoaine ja lämpökäsittelyn tarkoituksena on tuottaa energiaa tai aineellisia tuotteita. Kuitenkin asetus määrää, että riippumatta laitostyypistä tulee polttoprosessista syntyvä lämpö hyödyntää niin tehokkaasti kuin se on käytännössä mahdollista.

Asetus määrittelee jätteen poltosta syntyvien päästöjen raja-arvot. Asetuksessa määritetään myös, että ”jätteenpolttolaitos ja jätteen rinnakkaispolttolaitos on suunniteltava, rakennettava ja varustettava ja sitä on käytettävä siten, että savukaasun lämpötila nostetaan valvotusti ja homogeenisesti kaikkein epäedullisimmissakin olosuhteissa vähintään kahdeksi sekunniksi vähintään 850 °C:seen mitattuna palamiskammion sisäseinän läheisyydestä tai muusta ympäristöluvassa määrätystä palamiskammion edustavasta kohdasta.”

5 JÄTTEENPOLTTO SUOMESSA

Suomessa on perinteisesti suurinosa jätteistä loppusijoitettu kaatopaikoille (liite 1). EU27 maissa vuonna 2009 syntyi yhdyskuntajätettä keskimäärin 513 kg asukasta kohden, josta käsiteltiin polttamalla 20 prosenttia, kun Suomessa vastaava luku oli 481 kg jätettä per asukas ja 18 prosenttia poltettiin syntyneestä yhdyskuntajätteestä. (Eurostat 2011, 2.) Vuonna 2012 EU28 maissa keskimääräinen yhdyskuntajätteen määrä asukasta kohden oli laskenut 492 kg:an ja 24 prosenttia yhdyskuntajätteistä poltettiin. Kun EU28 maiden yhdyskuntajätteen määrä oli vähentynyt vuoden 2009 tasosta, Suomessa luku oli kasvanut 506 kg per asukas. Kuitenkin yhdyskuntajätteen polton osuus Suomessa oli kasvanut 34 prosenttiin, kun taas kaatopaikoille sijoitettiin enää kolmannes yhdyskuntajätteestä. (Eurostat 2014, 2.) Kolmessa vuodessa Suomen yhdyskuntajätteen polton osuus jätteen käsittelyssä oli kasvanut 16 prosenttiyksikköä.

Vuonna 2012 Suomessa poltettiin noin kymmenys syntyneestä jätteestä. Tästä määrästä suurin osa oli puujätteitä metsätaloudesta ja -teollisuudesta, jotka poltettiin rinnakkaispolttolaitoksissa tai muissa laitoksissa. Yhdyskuntajätettä ja muuta sekalaista jätettä poltettiin jätteenpolttolaitoksissa yhteensä 1,4 miljoonaa tonnia. (SVT 2014.)

Jako jätteenpolttolaitoksiin ja rinnakkaispolttolaitoksiin ei ole yksiselitteinen, mutta pääsääntöisesti Suomessa on luokiteltu jätteenpolttolaitoksiksi pääpolttoaineenaan jätettä käyttävä laitos, joka on hakenut ympäristölupahakemuksessa luokitusta jätteenpolttolaitokseksi.

5.1 Jätteenpolttolaitokset

Jätteenpolttolaitosten ensisijainen käyttötarkoitus on yleensä yhdyskuntajätteen käsittely ja energian tuottaminen. Jäte on suurimmilta osin kotitalouksien yhdyskuntajätettä, jota ei esikäsitellä ennen polttoa. Jätteenpolttolaitokset eivät myöskään yleensä maksa polttamastaan jätteestä, vaan jätteen tuottajat maksavat niin sanotun porttimaksun jätteenpolttolaitokselle tuotavasta jätteestä. (Pöyry 2012, 18.)

Tällä hetkellä Suomen jätteenpolttolaitosten yhteenlaskettu jätteenpolttokapasiteetti on yli miljoona tonnia vuodessa. Pitkään Turun Orikedon jätteenpolttolaitos oli Suomen ainut yhdyskuntajätettä polttava laitos, mutta 2000-luvulla jätteenpolttokapasiteetti kasvoi huomattavasti. Kymmenessä vuodessa tulee Suomen käyttöön kahdeksan uutta laitosta, joista kuusi on jo toiminnassa. Tähän on vaikuttanut tarve rajoittaa jätteen kaatopaikkasijoitusta.

Syksyllä 2014 otettiin käyttöön Vantaan Energian jätevoimalaitos, joka on tähän mennessä suurin jätteenpolttolaitos Suomessa. Laitoksen kapasiteetti on 340 000 tonnia jätettä vuodessa. Taulukkoon 2 on koottu Suomessa käytössä ja rakenteilla olevat jätteenpolttolaitokset sekä niiden kapasiteetti.

Taulukko 2 Suomen jätteenpolttolaitokset ja kokonaiskapasiteetti.

		Käyttöönotto- Kapasiteetti	
Käytössä:		vuosi	[t/a]
Turku	Turku Energia, Orikedon jätteenpolttolaitos	1975	50 000
Riihimäki	Ekokem Oy Ab, Ekokemin jätevoimala	2007	150 000
Kotka	Kotkan Energia Oy, Korkeakosken hyötyvoimalaitos	2008	100 000
Riihimäki	Ekokem Oy Ab, Ekokemin jätevoimala 2	2012	120 000
Oulu	Oulun Energia, Laanilan ekovoimalaitos	2012	150 000
Mustasaari (Vaasa)	Westenergy Oy, Westenergyn jätevoimalaitos	2012	180 000
Lahti	Lahti Energia, KYVO2-kaasutuslaitos	2012	250 000
Vantaa	Vantaan Energia Oy, Vantaan Energian jätevoimala	2014	340 000
Rakenteilla:			
Leppävirta	Riikinvoima Oy, Riikinvoiman ekovoimalaitos	2016	145 000
Tampere	Tammervoima Oy, Tammervoima	2016	180 000
		yhteensä:	1 665 000

Lahden Energian KYVO2-laitoksella jäte käsitellään termisesti kaasutuslaitoksessa ja Riikinvoiman ekovoimalaitos on suunniteltu leijupetiteknikalle. Muut Suomen jätteenpolttolaitokset käyttävät arinatekniikkaa. Lahden kaasutuslaitos käyttää jättepolttoaineita eli se ei käytä prosessissaan esikäsittelemätöntä jätettä. Lahden kaasutuslaitoksella polttoaine kaasutetaan ensin, jonka jälkeen syntynyt kaasu puhdistetaan ja puhdistettu tuotekaasu poltetaan tavallisessa maakaasukattilassa (Valmet b). Muut laitokset polttavat pääpolttoaineenaan yhdyskuntajätettä.

Orihedon voimalaitoksen ympäristölupa päättyy vuoteen 2014, jolloin laitoksen käyttö päättyy. Lounaisen Suomen jätelaitokset ovat muodostaneet vuonna 2013 yhdyskuntajätteen hyödyntämisen hankintarengas. Hankintarengas on kilpailuttanut alueensa yhdyskuntajätteen käsittelyn vuosille 2015-2017 ja kilpailutuksen seurauksena alueen yhdyskuntajätteet poltetaan kolmessa jätteenpolttolaitoksessa Suomessa ja yhdessä polttolaitoksessa Ruotsissa. Vuodesta 2018 eteenpäin käsittävän hyötykäyttöratkaisun kilpailutus on vielä kesken. Kilpailutus koskee pitkän aikavälin ratkaisua alueen yhdyskuntajätteiden käsittelylle. Käsittävän jätteen määrä tulee olemaan noin 125 000-145 000 tonnia vuodessa. (Jätelaitosyhdistys 2014.)

Uusia jätteenpolttolaitoksia ei ole tällä hetkellä suunnitteilla Suomeen. Ekokem suunnitteli ekovoimalaitosta Kiteelle, joka olisi käyttänyt polttoaineena ympäryskuntien yhdyskuntajätettä. Projekti on kuitenkin keskeytetty ja sen jatkosta ei ole varmuutta. Myöskään Turun Orihedon korvaavasta laitoksesta ei ole tehty lopullista päätöstä.

5.2 Rinnakkaispolttolaitokset

On huomattava, että vuonna 2012 polttokelpoisia jätteitä syntyi 16,4 miljoonaa tonnia, josta poltettiin 66 prosenttia. Vuonna 2012 jätteenpolttolaitosten kapasiteetti oli noin miljoona tonnia jätettä vuodessa, joten yli 15 miljoonaa tonnia polttokelpoisista jätteistä poltettiin muissa kuin jätteenpolttolaitoksissa.

Rinnakkaispolttolaitoksille jäte on polttoaineena yksi muiden joukossa ja niitä ei ole suunniteltu pelkän jätteen käsittelyyn. Tämän vuoksi rinnakkaispolttolaitoksilla käytettävä jäte käsitellään paremmin verrattuna jätteenpolttolaitoksiin. Jätteestä voidaan erottaa materiaalihyödynnettävät ja polttoon sopimattomat jakeet. Jäte myös yleensä murskataan rinnakkaispolttolle soveltuvampaan palakokoon. (Pöyry 2012, 18-19.)

Teollisuuden ja kaupan jätteet ovat useasti tasalaatuisia ja hyvin polttoon soveltuvia, jolloin ne sopivat kotitalouksien yhdyskuntajätettä paremmin rinnakkaispolttolaitoksille. Rinnakkaispolttolaitokset käyttävät myös jätteperäisiä kierrätyspolttoaineita ja Suomessa on noin kymmenkunta laitosta, joissa kierrätyspolttoaineiden käyttö on merkittävää.

Toisin kuin jätteenpolttolaitoksilla, rinnakkaispolttolaitokset maksavat käyttämästään jätteestä. (Pöyry 2012, 18-19.)

Jätteen rinnakkaispolttolaitoksissa tulee polttoaineen käsittely- ja syöttöjärjestelmiin kiinnittää erityistä huomiota, koska jäte holvaantuu kevyenä ja kokoonpuristuvana polttoaineena helposti.

Jätteen poltto asetusta ei sovelleta sellun valmistuksessa syntyviin kuituainetta sisältäviin kasviperäisiin jätteisiin, jotka poltetaan tuotantopaikalla rinnakkaispolttolaitoksessa ja kun lämpö otetaan talteen. Asetusta ei myöskään sovelleta puujätteisiin, lukuun ottamatta pinnoitettuja ja käsiteltyjä puujätteitä, jotka voivat käsittelyn seurauksena sisältää halogenoituja orgaanisia yhdisteitä tai raskasmetalleja.

6 TULEVAISUUS

Lähitulevaisuudessa Suomen jätteenpolttolaitosten kapasiteetti tulee nousemaan yli 1,6 miljoonaan tonniin jätettä vuodessa. Jos oletetaan, että samana vuonna syntyy noin 2,8 miljoonaa tonnia yhdyskuntajätettä (vuoden 2012 taso), voi yhdyskuntajätteen polton osuus olla yhdyskuntajätteen käsittelystä lähes 60 prosenttia. Vielä 2000-luvun alussa yhdyskuntajätteen energiahyödyntämisen osuus on ollut noin 10 prosenttia. Näin ollen yhdyskuntajätteen poltossa on nähtävissä vahva kasvutrendi vuodesta 2007 lähtien. Yhdyskuntajätteen kapasiteetin kasvu tulee tästä todennäköisesti tasaantumaan, kun uusia jätteenpolttolaitoksia ei ole suunnitteilla ja suurin kasvutarve on jo saavutettu. On todennäköistä, että poltettavan yhdyskuntajätteen määrä tulee vakiintumaan muutaman vuoden aikana. Jollei uusia suunnitelmia jätteenpolttolaitoksista tule esille on kapasiteetin kasvu epätodennäköistä.

Todennäköisesti on liioiteltua nostaa entisestään jätteen polttokapasiteettia Suomessa. Jäte polttoaineena ei ole ihanteellinen ja sen polttoa rajoittaa monet säädökset, joista useimmat ovat muutospaineen alaisia. Jätteen määrää pyritään myös vähentämään ja tämän vuoksi säädöksiin vaatimuksia kiristetään, minkä vuoksi ala ei ole vakaa. Jätteenpolto on usein kaatopaikkasijoitusta parempi vaihtoehto, mutta jätteen massapolto rajoittaa materiaalien hyödyntämistä ja kierrätyksen tehostamista. Useat tahot pyrkivät kuitenkin materiaalitehokkuuteen ja jätteen kehittymisen vähentämiseen, jolloin on mahdollista, ettei jätteenpoltole synny enää kasvumahdollisuuksia. Vuonna 2012 polttokelpoisista jätteistä 44 prosenttia jäi polttamatta. Tässä osuudessa on muitakin kuin yhdyskuntajätteitä, joten tulevaisuudessa jätteenpolton kapasiteetin nosto tapahtunee muiden jätejakeiden kun yhdyskuntajätteen poltossa.

Heinäkuussa 2014 Euroopan komissio julkaisi ehdotuksen (COM(2014)397/FI), jossa muun muassa jätteitä koskevaan direktiiviin 2008/98/EY ja kaatopaikoista annettuun direktiiviin 1999/31/EY ehdotettiin muutoksia. Ehdotettujen muutosten taustalla on tarve parantaa resurssitehokkuutta ja kehittää kiertotaloutta. Muutoksilla halutaan varmistaa kierrätyksen asema Euroopan unionin jäsenvaltioissa sekä rajoittaa

energiahyödyntäminen materiaaleihin, joita ei voida kierrättää. Näin ollen Euroopan Unionissa on selkeä tavoite materiaalien kestävästä hyödyntämisestä sekä kierrättämisestä.

Myös jätteenpoltoon sovellettavan parhaan käytettävissä olevan tekniikan (BAT, Best Available Techniques) vertailuasiakirja WI BREF (Waste Incineration Reference Document) on muutoksen alla. Vertailuasiakirjan muutostyö on jo aloitettu, mutta luonnoksen ilmestymisajankohdasta ei ole vielä tietoa.

Suomessa syntyy suhteessa vähemmän jätettä kuin tiheimmin asutuissa maissa. Jos jätteenpolton kapasiteettia nostetaan, on mahdollista että Suomessa tuotettua jätettä ei riitä kaikkien poltettavaksi ja sitä tulee tuoda muualta. Kapasiteetin kasvu suhteessa poltettavaan jätteeseen aiheuttaa myös kilpailua jätesektorille, joka voi alentaa porttimaksuja ja näin ollen heikentää jätteenpolttolaitosten kannattavuutta. Toisaalta kiristynyt kilpailutilanne vaikuttaa jätteen keräyksen etäisyyksiin ja kasvava keräilysektori kasvattaa jätteen kuljetus- ja käsittelykustannuksia.

7 YHTEENVETO

Suomessa yli puolet syntyvästä jätteestä sijoitetaan kaatopaikoille, noin kolmannes hyödynnetään aineena ja reilu kymmenes syntyvästä jätteestä hyödynnetään energiana. Osuudet ovat pysyneet lähes saman suuruisina viime vuosina. Tarkasteltaessa yhdyskuntajätteen käsittelyä on muutos ollut huomattava.

Vastaavat osuudet toteutuivat vielä vuonna 2006 yhdyskuntajätteenkäsittelyssä. Yhdyskuntajätteen hyödyntäminen energiana on kuitenkin kasvanut huomattavasti ollen 34 prosenttia vuonna 2012. Materiaalihyödyntämisen osuus on hieman kasvanut, mutta kaatopaikkasijoituksen osuus on menettänyt osuuttaan energiana hyödyntämiselle. Tähän on vaikuttanut uusi lainsäädäntö ja vaatimukset jätteen kaatopaikkasijoituksen vähentämisestä. 1. tammikuuta 2016 lähtien kaatopaikoille sijoitettava jäte saa sisältää enää 10 prosenttia orgaanista tai biohajoavaa jätettä.

Kaikkea syntyvää jätettä ei suinkaan kannata hyödyntää energiana. Suomen jätelaki 646/2011 määrittää etusijajärjestyksen jätteen käsittelylle. Etusijajärjestyksen tavoitteena on pyrkiä ensisijaisesti vähentämään jätteen syntyä ja haitallisuutta. Jos jätettä kuitenkin syntyy tulisi se uudelleenkäyttää tai kierrättää. Näiden vaihtoehtojen ollessa kannattamattomia, voidaan jäte hyödyntää muulla tavoin, kuten energiana. Jos jätettä ei voida järkevästi hyödyntää, se voidaan loppukäsitellä. Tällä tarkoitetaan kaatopaikkasijoitusta tai jätteen polttamista ilman energian talteenottoa, jolloin jätettä ei käytetä mitenkään hyödyksi.

Suurin osa Suomessa syntyvistä jätteistä on polttoon kelpaamatonta muun muassa mineraalien kaivusta ja rakennusteollisuudesta syntyviä jätteitä. Suurimmat polttokelpoisen jätteen tuottajasektorit ovat metsätalous ja -teollisuus. Myös kaupanala ja kotitaloudet tuottavat polttokelpoisia jätejakeita.

Jätteitä poltettaessa tai termisesti käsiteltäessä riippuu jätteen esikäsittelyn tarve pitkälti käytettävästä polttotekniikasta. Jätteistä tulisi jaotella materiaalina hyödynnettävät ja kierrätettävät jätejakeet ennen polttoa. Myös polton kannalta tulisi ainakin metallit ja

lasi poistaa, koska nämä aiheuttavat ongelmia polttoaineen syöttöjärjestelmässä ja tuhkan käsittelyssä. Jätteestä voidaan myös jalostaa kierrätyspolttoainetta.

Arinatekniikka on käytetyin polttotekniikka Suomen jätteenpolttolaitoksilla. Se soveltuu hyvin yhdyskuntajätteen massapolttoon. Arinatekniikka on yksinkertaista ja jätteen esikäsittelyvaatimuksia ei juurikaan ole. Leijukerros poltto soveltuu hyvin kiinteiden polttoaineiden seospolttoon ja sen säädeltävyys on arinaa parempi. Jäte tulee kuitenkin esikäsitellä leijukerros polttoon soveltuvaksi, mikä lisää tekniikan investointi- ja käsittelykuluja. Vaarallisen jätteen poltossa käytetään yleisesti rumpu-uuneja, jossa käsiteltävät jätteet voivat olla kiinteitä, nestemäisiä, pastamaisia tai kaasumaisia. Pyrolyysin ja kaasutuksen tarkoituksena on muokata jätteestä polttoainetta ottamalla talteen jätteen sisältämä kemiallinen sisältö energiasisällön sijasta.

Suomessa jätettä polttavat laitokset jaotellaan jätteenpolttolaitoksiin ja jätteen rinnakkaispolttolaitoksiin. Jätteenpolttolaitosten pääasiallinen tehtävä on käsitellä jätettä termisesti. Suurimmaksi osaksi jätteenpolttolaitoksilla poltettava jäte on kotitalouksien yhdyskuntajätettä ja jätteen tuottajan tulee maksaa niin sanottu porttimaksu jätteen polttamisesta polttolaitoksella. Vuonna 2016 jätteenpolttolaitoksia on Suomessa yhdeksän kappaletta ja niiden yhteenlaskettu kapasiteetti on yli 1,6 miljoonaa tonnia jätettä vuodessa.

Rinnakkaispolttolaitoksille jäte on yksi muiden joukossa ja niiden ensisijainen tarkoitus on tuottaa jätteestä energiaa. Tämän vuoksi poltettava jäte tulee käsitellä paremmin kuin jätteenpolttolaitoksilla. Teollisuuden ja kaupanalan tasalaatuiset jätteet soveltuvat hyvin poltettavaksi rinnakkaispolttolaitoksilla.

Tällä hetkellä Suomeen ei ole suunnitteilla uusia jätteenpolttolaitoksia. Yhdyskuntajätteen määrä on myös rajallinen, mikä rajoittaa jätteenpolton kapasiteetin kasvattamista entisestään. Jos kapasiteettia nostetaan tulee jätteet kerätä laajemmalla alueelta ja näin ollen jätteen keräyksen kuljetuskustannukset kasvavat. Kilpailun kasvu alalla voi johtaa porttimaksujen alenemiseen ja jätteen tuontiin muualta, mikä vaikuttaa

laitosten kannattavuuteen. Mahdollinen kasvu tapahtuukin todennäköisesti rinnakkaispolttolaitoksilla.

Tavoitteena on pyrkiä vähentämään jätteen määrää sekä käyttämään ja kierrättämään syntynyt jäte mahdollisimman tehokkaasti. Tästä johtuen jätteen massapolttamista pyritään vähentämään ja jätteenpolttoa rajoittamaan tiukennetuin säädöksin. Tähän liittyen Euroopan komissio on ehdottanut muutoksia muun muassa jätteitä koskevaan direktiiviin sekä kaatopaikoista annettuun direktiiviin. Myös jätteenpolttoa koskeva parhaan käytettävissä olevan tekniikan vertailuasiakirja WI BREF on muutoksen alla.

LÄHDELUETTELO

Astrup T, Bilitewski B. 2011. 8.8 Pyrolysis and Gasification. Teoksessa: Christensen T.H, Solid Waste Technology and Management, Volume 1. 1. painos. Chichester: A John Wiley and Sons Ltd. s. 1026/512 (2 nid.). ISBN 978-1-4051-7517-3

Eurostat Press Office. Environment in the EU27: Recycled accounted for a quarter of total municipal waste treaded in 2009. [verkkojulkaisu]. 2011. News Release 37/2011. s. 3 [viitattu 4.8.2014]. Saatavissa: http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_PUBLIC/8-08032011-AP/EN/8-08032011-AP-EN.PDF

Eurostat Press Office. Environment in the EU28: In 2012, 42 % of treaded municipal waste was recycled or composted. [verkkojulkaisu]. 2014. News Release 48/2014. s. 3 [viitattu 19.9.2014]. Saatavissa: http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_PUBLIC/8-25032014-AP/EN/8-25032014-AP-EN.PDF

European Comission. 2006. Reference Document on the Best Available Techniques for Waste Incineration. [verkkojulkaisu] The European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau. s. 602 [viitattu 21.9.2014] Saatavissa: http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/wi_bref_0806.pdf

Euroopan Komissio. 2014. Ehdotus Euroopan Parlamentin ja Neuvoston direktiivin muuttamisesta. [verkkojulkaisu] Bryssel: Euroopan Komissio. COM(2014)397/FI s. 32 [viitattu 25.9.2014] Saatavissa: <http://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2014/FI/1-2014-397-FI-F1-1.Pdf>

Hulgaard T, Vehlou J. 2011. 8.1 Incineration: Process and Technology. Teoksessa: Christensen T.H, Solid Waste Technology and Management, Volume 1. 1. painos. Chichester: A John Wiley and Sons Ltd. s. 1026/512 (2 nid.). ISBN 978-1-4051-7517-3

Huhtinen M. 2000. 7 Polttolaitteet ja tulipesärakenteet. Teoksessa: Huhtinen M. et al. Höyrykattilatekniikka. 5. painos. Helsinki: Oy Edita Ab. s. 379. ISBN 951-37-3360-2.

Hyppänen T, Raiko R. 1995. 16. Leijupoltto. Teoksessa: Raiko R. et al. Poltto ja palaminen. 1. painos. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy. s. 629. ISBN 951-666-448-2.

Jahkola A, Kurkela E. 1995. 18. Paineistetut poltto- ja kaasutusvoimaprocesit. Teoksessa: Raiko R. et al. Poltto ja palaminen. 1. painos. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy. s. 629. ISBN 951-666-448-2.

Jätelaitosyhdistys ry. Lounaisen Suomen jätteiden hyötykäyttö ratkaistu 2017 loppuun asti. [verkkajulkaisu] 2014. [viitattu 29.9.2014] Saatavissa: http://www.jly.fi/tiedote.php?tiedote2_id=433

Laine-Ylijoki J. et al. 2005. Yhdyskuntajätteiden termisen käsittelyn kuonista ja tuhkista hyötykäytettäviä ja loppusijoitettavia tuotteita. 1. painos. Espoo: VVT. s. 83. ISBN 951-38-6546-0

Maskuniitty H. 1995. 15. Arinapoltto. Teoksessa: Raiko R. et al. Poltto ja palaminen. 1. painos. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy. s. 629. ISBN 951-666-448-2.

Pöyry Management Consulting Oy. 2012. Selvitys jätteen energiakäytöstä ja päästökaupasta [verkkajulkaisu] Työ- ja elinkeinoministeriö: raportti 52A16339. s. 50 [viitattu 30.9.2014] http://www.tem.fi/files/33506/Selvitys_jatteen_eneriakaytosta_ja_paastokaupasta_25.6.2012.pdf

Rotter S. 2011. 8.7 Incineration: RDF and SRF – Solid Fuels from Waste. Teoksessa: Christensen T.H, Solid Waste Technology and Management, Volume 1. 1. painos. Chichester: A John Wiley and Sons Ltd. s. 1026/512 (2 nid.). ISBN 978-1-4051-7517-3

SFS 5875. 2000. Jätteen jalostaminen kiinteäksi polttoaineeksi. Laadunvalvontajärjestelmä. [online-palvelu] Suomen Standardisoimisliitto SFS. s. 29 [viitattu 2.4.2014] Huomautukset: ladattu SFS:n online-palvelusta

SFS-EN 15359. 2011. Kiinteät kierrätyspolttoaineet. Vaatimukset ja luokat. [online-palvelu] Suomen Standardisoimisliitto SFS. s. 41 [viitattu 2.4.2014] Huomautukset: ladattu SFS:n online-palvelusta

Suomen virallinen tilasto (SVT): Jätetilasto 2010 [verkkojulkaisu]. 2012. Helsinki: Tilastokeskus ISSN 1798-3339 (pdf). [viitattu: 1.10.2014]. Saatavissa: http://www.stat.fi/til/jate/2010/jate_2010_2012-05-16_fi.pdf

Suomen virallinen tilasto (SVT): Jätetilasto 2012 [verkkojulkaisu]. 2014. Helsinki: Tilastokeskus ISSN 1798-3339 (pdf). [viitattu: 30.7.2014]. Saatavissa: http://tilastokeskus.fi/til/jate/2012/jate_2012_2014-05-15_tie_001_fi.html

Suomen virallinen tilasto (SVT): Jätetilasto 2012 Yhdyskuntajätteet [verkkojulkaisu]. 2013. Helsinki: Tilastokeskus ISSN 1798-3339 (pdf). [viitattu: 28.3.2014]. Saatavissa: http://www.tilastokeskus.fi/til/jate/2012/jate_2012_2013-11-26_tie_001_fi.html

Taulukot tilastossa: Jätetilasto [tietokanta]. Tilastokeskus. [viitattu 24.9.2014] Saatavissa: http://193.166.171.75/database/statfin/ymp/jate/jate_fi.asp

Valmet Corporation. a. Building for the Environment [verkkojulkaisu]. [viitattu 21.9.2014] Saatavissa: [http://www.valmet.com/Valmet/products/Vault2MP.nsf/BYWID/WID-140626-2256E-A6E52/\\$File/HPGB_R_2300_107-02__1406_Lidkoping_-_energy_from_waste_english_valmet_for_print.pdf?OpenElement](http://www.valmet.com/Valmet/products/Vault2MP.nsf/BYWID/WID-140626-2256E-A6E52/$File/HPGB_R_2300_107-02__1406_Lidkoping_-_energy_from_waste_english_valmet_for_print.pdf?OpenElement)

Valmet Corporation. b. Highest electrical efficiency from waste: Lahti Energia, Lahti, Finland [verkkojulkaisu]. [viitattu 25.11.2014] Saatavissa: http://www.valmet.com/en/infocenter/pulp_and_paper_articles.nsf/WebWID/WTB-131118-2257B-044444?OpenDocument

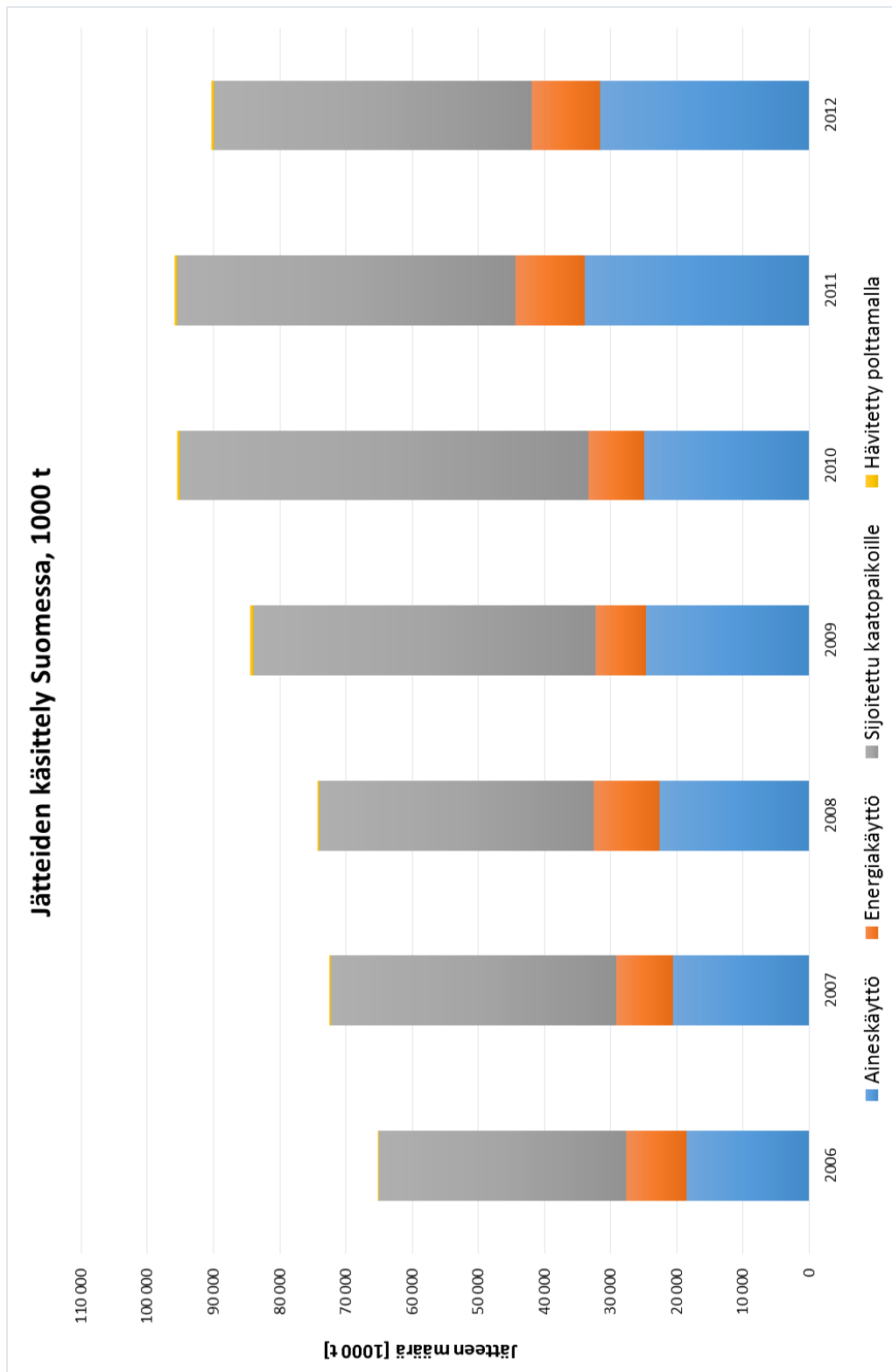
Vehlow J, Dalager S. 2011. 8.2 Incineration: Flue gas Cleaning and Emissions. Teoksessa: Christensen T.H, Solid Waste Technology and Management, Volume 1. 1.

painos. Chichester: A John Wiley and Sons Ltd. s. 1026/512 (2 nid.). ISBN 978-1-4051-7517-3

Vesanto P. 2006. Jätteenpolton parhaan käytettävissä olevan tekniikan (BAT) vertailuasiakirjan käyttö suomalaisessa toimintaympäristössä: jätteenpolton BREF 2006. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. s. 101. Suomen ympäristö, 27/2006 ISBN 952-11-2308-7

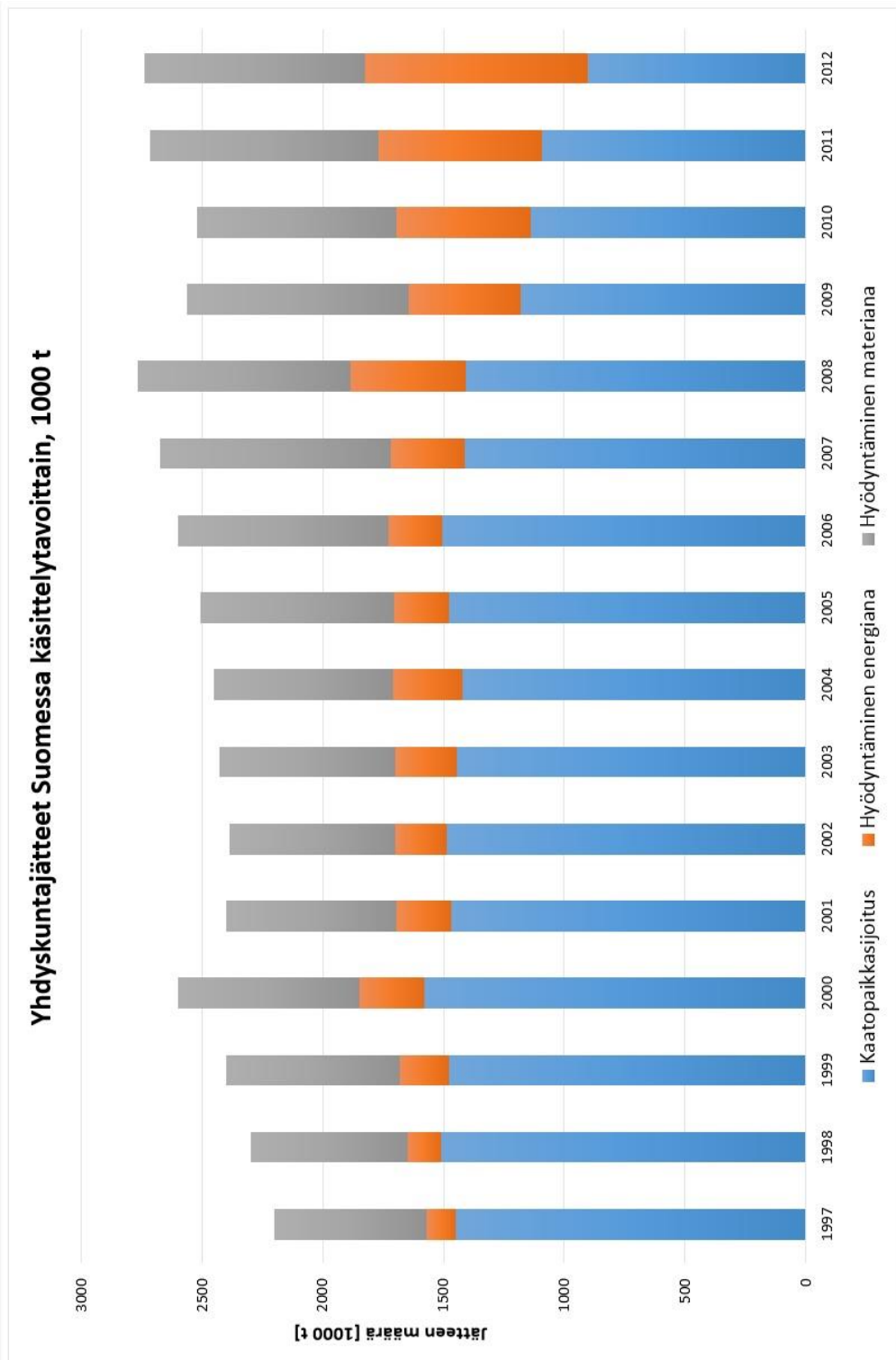
Ympäristöministeriö. 2012. Ajankohtaista jätelain uudistuksesta. [verkkajulkaisu] [viitattu 24.9.2014] s. 4 Saatavissa: <http://www.ymparistoministerio.fi/download/noname/%7BD44928EA-92D5-4426-903C-5C4972CA2E39%7D/24315>

LIITE 1. JÄTTEIDEN KÄSITTELY SUOMESSA (JÄTETILASTO)



**LIITE 2. YHDYSKUNTAJÄTTEET
KÄSITTELYTAVOITTAIN (JÄTETILASTO)**

SUOMESSA



LIITE 3. ESIMERKKI BFB-TEKNIikkaAN PERUSTUVASTA JÄTTEENPOLTTOlaitoksesta (VALMET A)

