



- OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

SEKAJÄTTEEN POLTTO- KELPOISUUS LEIJUKATTILASSA

TEKIJÄ: Mari Kohvakka

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma Energiatekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä(t) Mari Kohvakka			
Työn nimi Sekajätteen polttokelpoisuus leijukattilassa			
Päiväys	28.1.2014	Sivumäärä/Liitteet	64/22
Ohjaaja(t) Raija Lankinen, Ritva Käyhkö			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Puhas Oy			
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää kotitalouksien sekajätteen polttokelpoisuutta leijukattilassa. Jätelain päämäärä on, että vuonna 2016 yhdyskuntajätteistä kierrätetään 50 %, hyödynnetään energiana 30 % ja kaatopaikalle siitä saa päätyä enintään 20 %. Jäteyhtiöt Savossa, Pohjois-Karjalassa ja Keski-Suomessa (Jätekuukko Oy, Keski-Savon Jätehuolto, Puhas Oy, Ylä-Savon Jätehuolto Oy, Metsäsairila Oy, Savonlinnan Seudun Jätehuolto Oy ja Sammakkokangas Oy) ovat tehneet hankesuunnitelman uudesta jätteenpolttovoimalaitoksesta. Vuonna 2013 jäteyhtiöiden perustama Riikinvoima Oy:n rakentaminen Leppävirralle on alkuperäisten suunnitelmien mukaan suunniteltu alkavaksi vuoden 2014 aikana, jolloin käyttöönotto tapahtuisi vuoden 2015 lopussa.</p> <p>Lajittelematon kotitalouksien sekajäte ei sovellu leijupolttoon. Sekajätteestä tulee syntypaikkalajittelun avulla poistaa metallit, lasi, sähkö- ja elektroniikkaromut, suurikokoiset romut, muut kuin kierrätyskelpoiset muovit ja minimoida biojätteen osuus. Syntypaikkalajittelusta sekajätteestä valmistetaan kierrätyspolttoainetta leijupolttoa varten repimällä jäte leijupolton vaatimaan palakokoon. Kierrätyspolttoaine on hyvinkin lajiteltuna huonolaatuinen polttoaine, mutta sitä voidaan käyttää polttoaineena sitä varten suunnitellussa voimalaitoksessa.</p> <p>Sekajätteestä valmistetun kierrätyspolttoaineen haitallisia alkuaineita leijukattilapoltossa ovat mm. kloori (biojäte, PVC-muovit, tekstiilit, nahka), lyijy (patterit, lasi, sähkölaitteet, hehkulamput, PVC-muovit), sinkki (kupari, värjätty lasi, PVC-muovit), elohopea (kalvomuovi, PVC-muovi, jotkut kartongit ja pahvi), alumiini (foliovuoratut pakkaukset, purkit, mehutölkit, kahvipaketit), bromi (palonsuojakäsittelyaineet, sähkölaitteet, elektroniikka, tekstiilit), kadmium (kovat muovit, nahka, kumi), kalium (biojätteet, hygieniatuotteiden virtsa) ja natrium (biojätteet, hygieniatuotteiden virtsa).</p> <p>Puhas Oy:n toiminta-alueella Joensuun seudulla kesä-elokuussa 2013 tehdyissä sekajätteen lajittelututkimuksissa selvitettiin kerättävän syntypaikkalajittelun sekajätteen sisältöä. Lajittelututkimuksista selvisi, että jätteitä lajitellaan huonosti. Lähes puolet tällä hetkellä sekajätteessä olevista jättejakeista tulisi syntypaikkalajitella ennen niiden käyttämistä leijupolttoon. Tehtyjen alkuaineanalyysien mukaan sekajäte sisälsi leijupolton kannalta haitallisia alkuaineita. Nykyisiä ohjeita noudattamalla biojäte, vaaralliset aineet, sähkö- ja elektroniikkaromut, lasit ja metallit tulisivat lajiteltua jätteen syntypaikalla. Biojätteen lajittelua tulee tehostaa.</p> <p>Kierrätyspolttoaineita polttavan voimalaitoksen on täytettävä valtioneuvoston asetuksen määräykset jätteen polttamisesta. Asetuksen määräykset lämpötiloista, varajärjestelmistä, savukaasumittauksista ja päästörajoista on huomioitava voimalaitosta suunnitellussa. Voimalaitos mitoitetaan ja varustellaan kierrätyspolttoaineille sopivaksi. Polttoaineen laatuun, käsittelyyn ja sen syöttöön on kiinnitettävä erityistä huomiota. Kierrätyspolttoaineiden sisältämät haitalliset alkuaineet ovat liikaavia ja ne aiheuttavat korroosiota. Lämmönsiirtopintojen sijoittelussa, nuohouksessa ja materiaalivalinnoissa pyritään löytämään tehokkain ja kestävin ratkaisu. Polttoaineen sisältämät raskasmetallit (esim. Pb, Zn, Cd, Al) vaikeuttavat tuhkan loppusijoitusta. Jätteenpolttolaitoksessa on oltava jatkuvatoimiset savukaasumittaukset.</p>			
Avainsanat jätteet - hyötykäyttö, voimalat, energiantuotanto, lämpökeskukset, leijupetikattila, jätelaki, kierrätys, kaukolämpö, korroosio, nuohous, polttoaineet, alkuaineet, lämmönvaihtimet			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Energy Technology			
Author(s) Mari Kohvakka			
Title of Thesis Combustibility of Municipal Solid Waste in CFB Power Plant			
Date	28.1.2014	Pages/Appendices	64/22
Supervisor(s) Raija Lankinen, Ritva Käyhkö			
Client Organisation /Partners Puhas Oy			
<p>Abstract</p> <p>The goal of the thesis was to find out if municipal solid waste (MSW) is combustible in a circulating fluidized bed (CFB) power plant. The law for waste management requires that by year 2016 50% of municipal waste will be recycled, 30% utilized as energy and 20% can end up in the landfill site. The waste management companies in Savo, North Karelia and Central Finland (Jätekuukko Oy, Keski-Savon Jätehuolto, Puhas Oy, Ylä-Savon Jätehuolto Oy, Metsäsairila Oy, Savonlinnan Seudun Jätehuolto Oy and Sammakkokangas Oy) have made plans for a new waste-fired boiler using CFB technology. The waste management companies have together founded a company Riikinvoima Oy. According to their original plans the construction of Riikinvoima Oy power plant in Leppävirta will start during 2014 and it will start running in the end of 2015.</p> <p>The unsorted municipal solid waste is not combustible in a CFB power plant. The waste has to be sorted according to the origin by removing all harmful contents: metals, glass, electrical appliances, big pieces of scrap, nonrecyclable plastics and the content of organic waste must be minimized. The solid recovered fuel (SRF) is prepared of properly sorted waste. It is torn into pieces suitable for CFB usage. The waste derived fuel is low quality fuel even if well sorted and properly handled, but it can be used as fuel in a power plant designed specifically for it.</p> <p>The most harmful elements in the waste derived fuels are Cl (organic waste, PVC plastics, textiles, leather), Pb (batteries, electrical appliances, bulbs, PVC plastics), Zn (copper, colored glass, PVC plastics), Hg (plastic foils, PVC plastics, some cardboards), Al (foil, tins, juice and coffee cartons), Br (flame retardants, electrical appliances, textiles), Cd (hard plastics, leather, plastics), K (organic waste, urine) and Na (organic waste, urine).</p> <p>Puhas Oy had done a waste sorting study in its area of activity in Joensuu region in June-July 2013. The aim of the study was to find out what origin sorted municipal waste consists of. The result of the study was that the waste is poorly sorted. Almost half of the waste fractions should have been sorted out before the waste could have been used as a raw material for the waste derived fuel. The waste included several elements harmful for CFB combustion. By following existing instructions and rules all organic waste, dangerous contents, electrical appliances, glass and metals would have been sorted where the waste was originally created. It is important to improve the quality of organic waste sorting quality in the households.</p> <p>Waste-fired boilers have to follow regulations given by government for waste incineration. The regulations for temperatures, substitute systems, flue gas measuring and exhaust limits have to be taken into consideration when designing the power plant. The power plant is sized and equipped for waste-derived fuels. Extra attention has to be paid to fuel quality, handling and feeding. The waste derived fuel includes harmful elements which cause fouling of the heat exchangers and furthermore corrosion. It is very important to locate heat exchangers optimally, have effective soot blowing systems and choose correct materials. The heavy metals in the fuel (e.g. Pb, Zn, Cd, Al) make final placement of the fly and bottom ash demanding. The waste-fired boilers have to have continuous flue gas measuring equipment.</p>			
Keywords waste, CFB, boiler, power plant, waste-fired, corrosion, fouling, soot blowing, fuel, elements, recycling			
energy production, SRF, MSW			

SISÄLTÖ

LYHENNE- JA TERMILUETTELO

1	JOHDANTO	8
1.1	Tausta	8
1.2	Tavoite	9
1.3	Toteutustapa	10
2	KOTITALOUKSIEN SYNTYPAIKKALAJITELTU SEKAJÄTE KIERRÄTYSPOLTTOAINEENA	11
2.1	Jätelain tavoitteet	11
2.2	Syntypaikkalajittelun sekajätteen sisältö	12
2.2.1	Lajittelututkimukset	12
2.2.2	Syntypaikkalajittelun sekajätteen ominaisuudet	14
2.2.3	Kierrätyspolttoaineen sisältämien haitallisten alkuaineiden alkuperä	15
2.3	Kiinteiden kierrätyspolttoaineiden laatuominaisuudet.....	18
2.3.1	Kiinteiden kierrätyspolttoaineiden standardit	18
2.3.2	Kierrätyspolttoaine leijukattilassa	20
3	KIERRÄTYSPOLTTOAINEELLE SUUNNITELLUN LEIJUKATTILAN ERITYISPIIRTEET	23
3.1	Kiertoleijukattilan toimintaperiaate.....	24
3.2	Kiertoleijukattila kierrätyspolttoaineelle	25
3.3	Korroosio ja eroosio	28
3.3.1	Tulipesän korroosio	29
3.3.2	Lämmönsiirtimien korroosio ja eroosio.....	30
3.3.3	Savukaasukanavan korroosio.....	38
3.4	Tuhka	38
3.5	Savukaasut.....	39
3.6	Huolto ja ylläpito.....	39
3.7	Kierrätyspolttoainetta käyttäviä leijukattiloita Euroopassa (referenssilaitoksia)	40
4	JOENSUUN ALUEEN SEKAJÄTTEEN LAJITTELU- JA ALKUAINETUTKIMUS	45
4.1	Lajittelututkimukset Joensuun alueella	45
4.2	Alkuaineanalyysit	47
5	YHTEENVETO	53
6	PÄÄTELMÄT JA SUOSITUKSET.....	60

LÄHTEET	62
---------------	----

LIITTEET

LIITE 1. Kysymyspohja kattilatoimittajille.....	1
LIITE 2. Jätejakeiden esittely.....	3
LIITE 3. Puhas Oy:n lajittelututkimuksen tulokset.....	8
LIITE 5. Puhas Oy:n Kodin lajitteluopas.....	21

LYHENNE- JA TERMILUETTELO

Aluekeräyspiste	Alueellisen jätehuoltoyhtiön yhteiskeräyspiste, joka on tarkoitettu asumisessa syntyneelle yhdyskuntajätteelle.
Biojäte	Kotitalouksissa, ravintoloissa, ruokakaupoissa syntyvää biologisesti hajoavaa elintarvike- ja keittiöjätettä sekä biologisesti hajoavaa puutarha- ja puistojaätettä.
CFB (Circulating Fluidized Bed)	Kiertoleijukattila. Polttoaineen polttaminen kierrätettävän hiekan seassa.
Jäte	Jätteellä tarkoitetaan ainetta tai esinettä, jonka sen haltija on poistanut tai aikoo poistaa käytöstä taikka on velvollinen poistamaan käytöstä.
Kalorimetrinen lämpöarvo l. ylempi lämpöarvo	Lämpöenergian määrä, joka vapautuu, kun 1 kg polttoainetta palaa täydellisesti ja palamistuotteet jäähtyvät 25 °C:en lämpötilaan.
Kierrätyspolttoaine	Kierrätyspolttoaineella tarkoitetaan yhdyskuntien ja yritysten polttokelpoisista, kuivista, kiinteistä ja syntypaikoilla lajitelluista jätteistä valmistettua polttoainetta.
RDF (Refuse Derived Fuel)	Lajittelemattomasta yhdyskuntajätteestä mekaanisella käsittelyprosessilla valmistettu polttoaine.
RWW (Recovered Waste Wood)	Kierrätyspuusta valmistettu polttoaine.
REF (Recovered Fuel tai Recycled Fuel)	Syntypaikalla lajitellusta ja erilliskerätystä kuiva- tai energiajätteestä mekaanisella käsittelyprosessilla valmistettu polttoaine.
Sekajäte	Sekajätteellä tarkoitetaan lajittelematonta yhdyskunta-, teollisuus- tai rakennusjätettä.
SER	Sähkö- ja elektroniikkaromu
SRF (Solid Recovered Fuel)	Tavanomaisesta jätteestä valmistettu kiinteä kierrätyspolttoaine, jota käytetään energian talteenottoon polttolaitoksessa.
Syntypaikkalajittelu	Syntypaikkalajittelulla tarkoitetaan jätteiden lajittelua ja erillään pitämistä niiden syntypaikoilla.

Tehollinen lämpöarvo saapumistilassa I. alempi lämpöarvo

Lämpöenergian määrä, joka vapautuu, kun sekä polttoaineen vesi että palamisessa muodostunut vesi ovat vesihöyryinä. Tehollinen lämpöarvo on veden höyrystymislämmön verran alempi kalorimetristä lämpöarvoa.

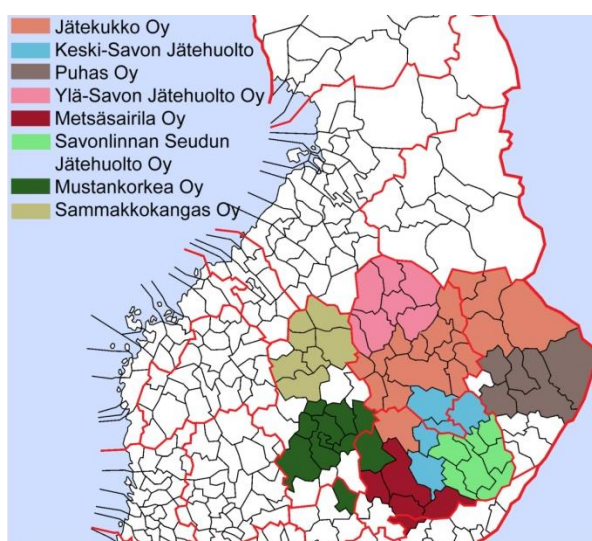
1 JOHDANTO

1.1 Tausta

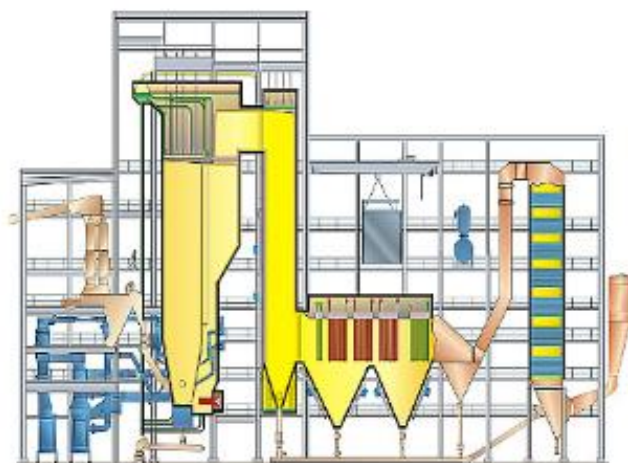
Opinnäytetyö on tehty Puhas Oy:lle, josta yhteyshenkilönä on ollut yrityksen toimitusjohtaja Jarmo Junttanen. Puhas Oy on viiden kunnan (Joensuu, Ilomantsi, Kontiolahti, Liperi ja Polvijärvi) omistama jätehuoltoyhtiö. Yhtiö on perustettu vuonna 1997 nimellä Joensuun Seudun Jätehuolto Oy. Nimi Puhas Oy otettiin käyttöön 1.1.2012 alkaen. Yhtiö tuottaa kunnille lakisääteisesti kuuluvat jätehuollon tehtävät. Puhas Oy:n toiminta-alueella asuu n. 111 000 asukasta. (Puhas Oy 2013.)

Jätteiden käsittelyyn on tulossa lähivuosina suuria muutoksia uuden jätelain myötä. Jätelaki velvoittaa vähentämään ennaltaehkäisevästi syntyvän jätteen määrää ja kierrättämään mahdollisimman paljon. Jätteen määrä kaatopaikoilla on vähennyttävä huomattavasti. (Jätelaki 17.6.2011/646 2011.) Jäteyhtiöt Savossa, Pohjois-Karjalassa ja Keski-Suomessa (Jätekukko Oy, Keski-Savon Jätehuolto, Puhas Oy, Ylä-Savon Jätehuolto Oy, Metsäsairila Oy, Savonlinnan Seudun Jätehuolto Oy ja Sammakkokangas Oy) ovat tehneet hankesuunnitelman uudesta jätteenpolttovoimalaitoksesta.

Vuonna 2013 jäteyhtiöiden perustama Riikinvoima Oy:n rakentaminen Leppävirralle on alkuperäisten suunnitelmien mukaan suunniteltu alkavaksi vuoden 2014 aikana, jolloin käyttöönotto tapahtuisi vuoden 2015 lopussa. Riikinvoima Oy:n jätteiden polttoon valitsema polttotekniikka on kiertoleijukatila, jossa polttoaineen raaka-aineena käytetään syntypaikkalajiteltua yhdyskuntajätettä. Kuvassa 1 näkyy maantieteellinen alue, jolta jätteet tuodaan voimalaitokselle. Voimalaitos tuottaa yhteistuotannossa sähköä ja lämpöä. Voimalaitoksen tuottama lämpö saadaan hyödynnettyä Varkauden kaukolämpötarpeeseen. Kuvassa 2 annetaan Riikinvoima Oy:n jätteenpolttolaitoksen suunnitteluarvot. (Riikinvoima Oy esite 2013.)



KUVA 1. Riikinvoima Oy:n osakkaina olevien jätehuoltoyhtiöiden toiminta-alue. (Navitas Kehitys 2012, 18.)



Kattilatyyppi	Leijukattila
Polttoainemäärä	vuotuinen määrä noin 145 000 t/a
Polttoaineteho	51-53 MW
Vuotuinen kaukolämmön tuotanto	180 GWh/a
Vuotuinen sähköntuotanto	80 GWh/a

KUVA 2. Riikinvoima Oy jätteenpolttovoimalaitoksen suunnitteluarvot. Sähköntuotannon arvioitua määrää on myöhemmin päivitetty 91 GWh/a. (Riikinvoima Oy kotisivut 2013.)

Suomessa ei ole vielä käytössä leijukattilaa sekajätteiden polttamiseen. Tällä polttotekniikalla toimivia jätteenpolttovoimalaitoksia löytyy mm. Ruotsista ja Saksasta, jonne myös Suomessa toimivat kattilavalmistajat ovat tehneet useita voimalaitostoimituksia. Tällä hetkellä Suomessa jätteenpolttoon tarkoitetut voimalaitokset toimivat arinapolttotekniikalla. Arinapolttotekniikka ei edellytä jätteen esilajittelua ja -käsittelyä, sillä vain hyvin suuret kappaleet rikotaan ja suuret metalliesineet poistetaan. Savukaasupuhdistus vaatii arinapolttotekniikkaa käytettäessä paljon tiukkojen päästöarvojen takia. Arinapolttotekniikalla toimivat sekajätteenpolttolaitokset jäävät sähköntuotannon hyötysuhteessa 10–20 % ja tuorehöyryn lämpötilat ovat n. 380–440 °C. (Anttila 2011, 16.)

Leijukattilaan syötettävä jäte tulee syntypaikkalajitella, siitä tulee poistaa lasi ja metallit ja muut kierrätykelpoiset materiaalit. Polttoaine tulee myös käsitellä riittävän pieneen palakokoon. Leijutekniikka jätteiden poltossa tukee kierrätyksen tehostamista ja voimalaitoksesta saadaan parempi hyötysuhde sähkön ja lämmön tuotantoon.

1.2 Tavoite

Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää kotitalouksien sekajätteen polttokelpoisuutta leijukattilassa ja kerätä aiheeseen liittyvää tietoutta raporttiin. Työssä kuvataan kotitalouksien sekajätteeseen liittyvää lainsäädäntöä, sekajätteen koostumusta ja ominaisuuksia. Työssä selvitetään kierrätyspolttolaitokseen ja sen käsittelyyn liittyviä erityispiirteitä, jätteenpolttoon käytettävien leijukattiloiden ominaisuuksia ja ongelmien ehkäisyä sekä kirjallisuuden että kattilavalmistajien näkemysten ja kokemusten kautta. Tavoitteena on selvittää, mitkä aineet ovat erityisen haitallisia leijukattilalle, poltto-prosessille, päästöille ja mikä on näiden haitallisten aineiden alkuperä. Puhas Oy ja muut Riikinvoima

Oy:n omistajayhtiöt käyttävät opinnäytetyön tuloksia voimalaitoksen hankesuunnittelun tukena sekä kuluttajille suunnattavan valistuskampanjan pohjana.

1.3 Toteutustapa

Kotitalouksien sekajätteeseen liittyvää lainsäädäntöä kartoitetaan jätelain, valtakunnallisen jätesuunnitelman, Itä-Suomen jätesuunnitelman ja Joensuun alueellisen jätelautakunnan yleisten jätehuoltomääräysten pohjalta. Sekajätettä polttoaineena arvioidaan kiinteille polttoaineille annetun SFS 15359 standardin pohjalta ja Riikinvoima Oy:n antamien polttoaineen raja-arvojen avulla. Sekajätteen koostumusta kartoitetaan Suomessa eri paikkakunnilla tehtyjen lajittelututkimusten ja alkuaineanalyysien avulla.

Kierrätyspolttoaineiden polttoon käytettävän leijukattilan ominaisuuksia selvitetään julkaistun kirjallisuuden ja kattilavalmistajien kokemusten kautta. Kattilavalmistajia (Andritz, Foster Wheeler Energia Oy, Metso Power Oy) on haastateltu kesäkuussa 2013 Vantaalla Pöyry Oy:n tiloissa järjestetyissä Riikinvoima Oy:n voimalaitoksen teknisissä neuvotteluissa.

Työssä tarkastellaan Puhas Oy:n toiminta-alueen kotitalouksien syntypaikkalajittelun sekajätteen koostumusta kesällä 2013. Joensuussa tehtyjen lajittelututkimusten ja alkuaineanalyysien tuloksia verrataan muualta saatuihin tuloksiin. Työssä arvioidaan Puhas Oy:n toiminta-alueen jätteen polttokelpoisuutta ja annetaan tietoa ja suosituksia jätteiden lajitteluun.

2 KOTITALOUKSIEN SYNTYPAIKKALAJITELTU SEKAJÄTE KIERRÄTYSPOLTTOAINEENA

2.1 Jätelain tavoitteet

Jätelain mukaan kaikessa toiminnassa pitää ensisijaisesti vähentää syntyvän jätteen määrää ja sen haitallisuutta. Jos jätettä syntyy, se pitää valmistella uudelleenkäytettäväksi tai kierrättää se. Jos jätettä ei voi kierrättää, jäte on hyödynnettävä jollain muulla tavoin, esimerkiksi energiana. Jos jätettä ei voida hyödyntää, on se loppukäsiteltävä. (Jätelaki 646/2011, 2. luku, 8§.) Tuotteiden valmistajien tulee myös käyttää säästeliäästi raaka-aineita ja säästää ympäristöä välttämällä haitallisia aineita sisältäviä raaka-aineita (Jätelaki 646/2011, 2. luku, 9§). Tuottajan on myös järjestettävä käytöstä poistuvien tuottajavastuun piiriin kuuluvien tuotteiden jätehuolto. Tällaisia tuotteita ovat mm. autot, paristot, elektroniikkalaitteet, akut. (Jätelaki 646/2011, 6. luku 48§.)

Jätelain mukaisen valtakunnallisen jätesuunnitelman päämääränä vuoteen 2016 mennessä on ehkäistä jätteiden syntymistä, lisätä jätteiden kierrätystä ja kierrätykseen soveltumattoman jätteen polttoa, turvata jätteiden käsittely ilman haittoja ja loppusijoittaa se ja vähentää kasvihuonekaasuja vähentämällä jätteen sijoittamista kaatopaikoille. Tavoitteena on, että vuonna 2016 yhdyskuntajätteistä kierrätetään materiaalina 50 % ja hyödynnetään energiana 30 %. Kaatopaikalle saisi päätyä enintään 20 % yhdyskuntajätteistä. (Valtakunnallinen jätesuunnitelma 2008, 9.) Jätesuunnitelmassa suositeltavia toimia jätealan liiketoiminnan kehittämiseksi on, että jätehuollon investoinneissa edistetään käsittely- ja hyödyntämistekniikoiden monipuolisuutta. Tavoitteena on aikaansaada uusia teknologian esimerkkilaitoksia. (Valtakunnallinen jätesuunnitelma 2008, 27.)

Itä-Suomen jätesuunnitelman tavoite on, että vuonna 2016 kaatopaikalle sijoitettavan biohajoavan jätteen ja polttokelpoisen jätteen määrä on selvästi vähentynyt. Energiahyötykäytöllä halutaan korvata fossiilisten polttoaineiden käyttöä. Energiahyötykäyttöön kelpaavan jätteen määrä ja laatu sekä olemassa oleva polttokapasiteetti on selvitetty. (Itä-Suomen jätesuunnitelma, 22, 47.)

Puhas Oy:n toiminta-alueella yhdyskuntajätteen sisältöä rajoitetaan seuraavasti (Joensuun alueellisen jätelautakunnan yleiset jätehuoltomääräykset 2012, 8):

Yhdyskuntajätteen keräysvälineisiin ei saa panna:

- 1) *palo- tai räjähdysvaaraa aiheuttavia jätteitä;*
- 2) *nestemäisiä jätteitä;*
- 3) *vaarallisia jätteitä;*
- 4) *käymäläjätettä;*
- 5) *erityisjätettä;*
- 6) *hiekoitushiekkaa tai maa-aineksia;*
- 7) *aineita tai esineitä, jotka voivat aiheuttaa vaaraa jätteen tuojille, keräysvälineiden käsittelijöille tai jätteen käsittelyyn osallistuville henkilöille;*
- 8) *esineitä tai aineita, jotka painonsa, kokonsa, muotonsa, lujuutensa tai muun syyn takia voivat vahingoittaa keräysvälinettä tai kuljetuskalustoa taikka vaikeuttaa merkittävästi jätteen kuormausta tai purkamista;*

9) puutarhajätteitä ja puiden ja leikkuujätteitä eikä

10) keittiörasvoja ja – öljyjä, sähkö- ja elektroniikkaromua tai ajoneuvojen renkaita.”

Asuinkiinteistöjen kotitalousjäte tulee lajitella Puhas Oy:n toiminta-alueella Joensuun alueen yleisten jätehuoltomääräysten (2012, 8-9) mukaisesti:

- Kierrätyskelpoiset paperi, kartonki, lasi, metallit, muovi ja muu hyödyntämiskelpoinen jäte tulee lajitella erikseen ja toimittaa keräyspisteisiin.
- Asemakaava-alueilla kerros- ja rivitaloissa biojäte pitää lajitella erikseen. Muut asuinkiinteistöt voivat kerätä biojätteen erilliskeräyksen omaan astiaan tai käyttää useamman kiinteistön yhteistä keräysastiaa.

2.2 Syntypaikkalajitellun sekajätteen sisältö

2.2.1 Lajittelututkimukset

Jätteiden sisältöä tutkitaan lajittelututkimusten avulla. Jätelaitokset teettävät lajittelututkimuksia, jotta voivat seurata mm. jätteidenlajittelun tehokkuutta, sekajätteen sisältöä. Lajittelututkimus suunnitellaan niin, että saadaan näytekuormat halutuilta asutusalueilta, kuten taajama-alue, haja-asutusalue, kerrostaloalue, pientaloalue ja aluekeräyspiste. Alue valitaan sen mukaan, mitä tutkimuksen avulla halutaan selvittää. Tutkimuksen ajankohta kannattaa sijoittaa juhlapyhien tai muiden erikoistapahtumien ulkopuolelle, jotta jätteet vastaisivat normaalitilannetta. Näytteenoton vuodenaika vaikuttaa jätteen kosteuteen. Edustava näyte otetaan jätekuormasta esim. satunnaisesti jätepusseja keräämällä eri puolilta jätekuormaa ja laittamalla ne esim. 600 l jäteastiaan. Näyte voidaan ottaa myös jätekuormasta kauhakuormaajalla, jolloin jäte tyhjennetään lajittelupöydälle. Jätenäytteen tilavuus ja paino kirjataan tilavuuspainon laskemista varten. (Teirasvuo 2011, 26–51.)

Lajittelututkimuksessa jätteet lajitellaan lajittelupöydällä etukäteen määritellyllä tavalla käsin eri jättejakeisiin. Jätteiden ryhmittelyssä on pientä eroavaisuutta eri lajittelututkimuksissa. Jätepusseja avataan ja sisältö lajitellaan. Suurikokoiset jätteet eritellään ja kirjataan mahdolliset erityishuomiot. Lajitellut jättejakeet punnitaan. Lajittelussa tarvitaan suoravarusteiksi suojahaalarit, turvakengät, hengityssuojain, suojalasit, viiltosuojakäsineet ja kumihanskat (Teirasvuo 2011, LIITE II).

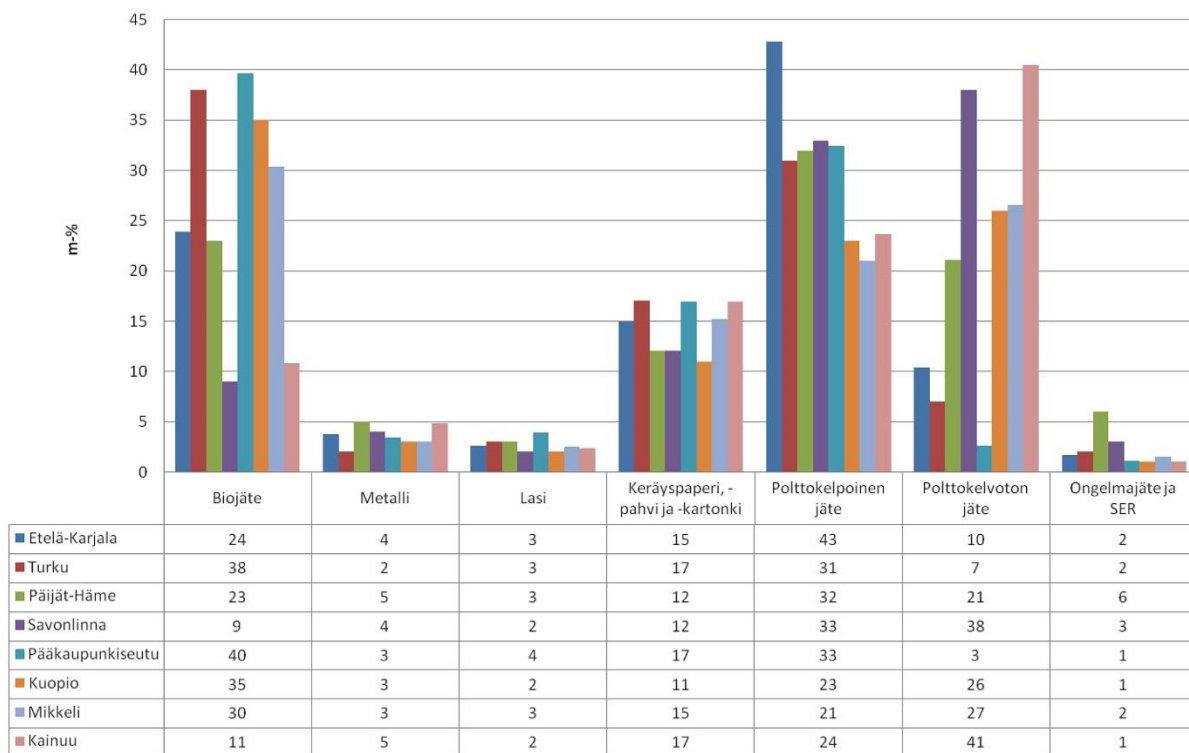
Kuopion jätelajittelututkimuksessa v. 2008 jätteet lajiteltiin alla olevan luettelon mukaan. Tätä samaa lajittelua käytettiin myös Joensuun seudun kesän 2013 lajittelututkimuksessa. Jättejakeiden yksityiskohtainen kuvaus ja kuvat liitteessä (LIITE 2. Jättejakeiden esittely).

- Biojäte
- Keräyspaperi
- Keräyskartonki ja -pahvi
- Muovienergiajäte
- Muu energiajäte
- Lasi
- Metallit

- Puu
 - Risut
 - Haravointijäte
 - Sähköinen jäte, SER
 - Vaaralliset jätteet
 - Vaipat ja kuukautissuojat
 - Tekstiilit ja vaatteet
 - Oikea kaatopaikkajäte
 - Ei-poltettavat ja tunnistamattomat muovit
- (Teirasvuo 2011, 39.)

Teirasvuon (2011) diplomityössä tutkittiin Etelä-Karjalan alueen sekajätteen koostumusta ja palamis-tekniisiä ominaisuuksia. Taulukossa 1 on koottuna Teirasvuon tekemät Etelä-Karjalan alueen ja seitsemän muun lajittelututkimuksen tulokset.

TAULUKKO 1. Lajittelututkimusten tulosten yhteenveto kotitalouksien sekajätteen sisällöstä. Osuudet taulukossa massaosuuksina (m- %). (Teirasvuo 2011, 96.)



Teirasvuon (2011, 96) tulosta mukailten voidaan todeta kotitalouksien sekajätteen sisältävän keskimäärin taulukon 2 mukaisesti erilaisia jakeita.

TAULUKKO 2. Sekajätteen sisältö jätejakeittain Suomessa. Osuudet taulukossa massaosuuksina (m- %). (Mukaiillen Teirasvuon 2011, 96).

Jätelaji	Keskiarvo m- %	Vaihteluväli m- %
Biojäte	26	9-40
Metalli	4	2-5
Lasi	3	2-4
Keräyspaperi, - pahvi ja -kartonki	15	11-17
Muu polttokelpoinen jäte	30	21-43
Muu polttokelvoton jäte	22	3-41
Ongelmajäte ja SER	2	1-6

2.2.2 Syntypaikkalajitellun sekajätteen ominaisuudet

VTT:n julkaisussa (Alakangas 2000, 113) on selvitetty kierrätyspolttoaineiden ominaisuuksien vaihtelua. Taulukossa 3 on VTT Energian laboratoriomittauksia sekajätteestä valmistetusta kierrätyspolttoaineesta.

TAULUKKO 3. Kierrätyspolttoaineiden ominaisuuksien vertailu (Alakangas 2000, 113).

Ominaisuus	Vaihteluväli, kaikki	REF I (syntypistelajiteltu pakkauksia ja puujätettä sisältävä seos), keskiarvo eri analyyseistä	REF III (syntypistelajiteltu kotitalouden jäte), keskiarvo eri analyyseistä
Kosteus, %	5-30	9,1 irtotavara 3,2 pelletit	28,5 irtotavara 3,2 pelletit
Irttoheys saapumistilassa, kg/m ³		180 irtotavara 300 pelletit	210 irtotavara 300 pelletit
Tuhka, % kuiva-aineesta	1-16	5,9	9,5
Haihtuvat aineet kuiva-aineesta, %	70-86		
Kalorimetrisen lämpöarvo, MJ/kg	20-40	24,7	22,9
Tehollinen lämpöarvo kuiva-aineesta, MJ/kg	17-37	23,1	21,5
Tehollinen lämpöarvo saapumistilassa, MJ/kg		20,8	14,6
Alkuainekoostumus, p-%			
Hiili	48-75	56,0	52,9
Vety	5-9	7,4	7,3
Typpi	0,2-0,9	0,63	0,71
Happi	10-45		
Rikki	0,05-0,20	0,16	0,13
Kloori	0,03-0,7	0,19	0,71
Tuhkan sulamiskäyttäytyminen		Hapettavat/pelkistävät olosuhteet	
Muodonmuutoslämpötila		1150-1220/1100-1200 °C	
Puolipallopiste		1200-1260/1200-1250 °C	
Juoksevuuslämpötila		1210-1265/1220-1270 °C	

Kun voimalaitoksessa käytetään korkeita höyryn tulistuslämpötiloja, tulee huomioida kierrätyspolttoaineen klooripitoisuuden mahdollisesti aiheuttama kuumakorroosioriski. Tämä on erityisen tärkeää,

kun tulistuslämpötila on yli 480 °C. Kierrätyspolttoaineessa saattaa olla myös tavallista korkeampia natrium-, kalium- ja alumiinipitoisuuksia. Nämä aineet muodostavat kattilaa likaavia yhdisteitä. Raskasmetallit aiheuttavat ympäristöpäästöjä ja tuhkan hyödyntäminen vaikeutuu. Myös tuhkan sulaminen voi käyttäytyä eri tavoin kuin perinteisillä polttoaineilla. Kotitalouden foliotuotteet lisäävät alumiinin määrää polttoaineessa. Sen sulamispiste on matala (660 °C). Se sulaa ja muodostaa pisarointa, jotka tarttuvat ensimmäiseen kylmempään pintaan, esim. tulistimeen aiheuttaen jopa kattilan tukkeentumista. Kierrätyspolttoaineiden sisältämä lyijy muodostaa voimakkaasti likaavia ja korrodoivia yhdistelmiä. (Alakangas 2000, 112.)

2.2.3 Kierrätyspolttoaineen sisältämien haitallisten alkuaineiden alkuperä

Seuraavassa on listattu jätteiden polttoon liittyviä haitallisia alkuaineita ja niiden alkuperä (Bankiewicz 2012, 10–11; Ajanko, Moilanen & al. 2005, 51; Enestam 2011, 28):

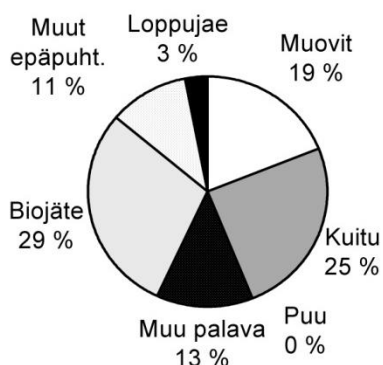
- Bromi (Br), raskasmetalli, tarttuu lämmönsiirtopintoihin
 - palonsuojakäsittelyaineet: sähkölaitteet, elektroniikka ja useat tekstiilit käsitelty palonsuoja-aineilla
- Elohopea (Hg), päästöt savukaasuihin ja tuhkaan, raskasmetalli, tarttuu lämmönsiirtopintoihin
 - kalvomuovi, PVC-muovi
 - jotkut kartongit ja pahvi
 - jotkut maalit, puunsuoja-aineet
- Kadmium (Cd), päästöt savukaasuihin ja tuhkaan
 - kova muovi
 - kumi
 - nahka
 - jotkut maalit
- Kalium (K), likaa kattilan lämpöpintoja, edistää korroosiota
 - hygienia tuotteiden virtsa
 - biojätteet
- Kloori (Cl), päästöt savukaasuihin ja tuhkaan
 - PVC-muovi: 70 % kotitalousjätteen sisältämästä kloorista tulee PVC:stä
 - ruoantähteet: ruoan sisältämä suola
 - palonsuojakäsittelyaineet
 - puunkäsittelyaineet: maalit, lisäaineet
 - puu: sisältää luontaisesti pieniä määriä
 - paperit, kartongit
 - tekstiilit: käytetään tekstiilien viimeistelyaineena (esim. rypyttömyys)
 - nahka: käytetään nahan käsittelyssä
- Lyijy (Pb), raskasmetalli, tarttuu lämmönsiirtopintoihin
 - patterit, lasi, sähkölaitteet, hehkulamput: 90 % kotitalousjätteen sisältämästä lyijystä näistä lähteistä
 - PVC-muovi: sisältää Pb/Zn yhdisteitä stabilisatorina

- jotkut maalit, puun pintakäsittelyaineet
- Natrium (Na), likaa kattilan lämpöpintoja, edistää korroosiota
 - hygieniatuotteiden virtsa
 - biojätteet
 - maali
 - puunsuoja-aineet
- Rikki (S), päästöt savukaasuihin ja tuhkaan
 - kumi: vulkanointi
 - tekstiilit: käytetään tekstiilien viimeistelyaineena, esim. rypyttömyys
- Sinkki (Zn): raskasmetalli, tarttuu lämmönsiirtopintoihin
 - kupari, Cu/Zn sekoite
 - värjätty lasi: sisältää piitä (Si), kuparia (Cu) ja sinkkiä (Zn)
 - muovit: sisältää sinkkiä ZnO muodossa, käytetään muovien valmistuksessa
 - puu: sisältää luontaisesti pieniä määriä, puun käsittelyaineet
 - PVC-muovi: sisältää Pb/Zn yhdisteitä stabilaattorina
 - jotkut maalit
 - galvanointi

”Tyypillisiä PVC-muovin lähteitä (Helsinki, Tervetuloa kierrättämään – nettisivut, 2013):

- mapit, muovitaskut, piirtoheitinkalvot
- kontaktimuovi, ruskea pakkausteippi, jotkut tarrat
- äänilevyt, cd/dvd-levyjen kotelot
- muovikortit, esim. luottokortit
- ns. syvävedetyt myyntipakkaukset, kuten tablettien läpilyöntilevyt, lelu- ja auto-tarvikepakkaukset
- puhallettavat lelut
- sadetakit, kerniliinat
- keinonahka
- johdot, putket, letkut
- kumihansikkaat ja muut suojavaatteet
- muovipressut ja – ritilät
- rakentamisessa käytetyt muovit, kuten tapetit, lattiapäällysteet, listat ja kattokourut”

Pietarsaaressa kerättiin maaliskuussa 2000 viikon ajalta kerrostalokiinteistöistä syntypaikkalajiteltua märkää ja kuivaa jätettä erivärisissä pusseissa. Kuivajätteellä tarkoitetaan jäljelle jäävää jätejätettä, kun yhdyskuntajätteestä on lajiteltu erilleen paperi, lasi, metalli ja biojäte. Biojäte kuului lajitella märkään jätteeseen. Biojätteen osuus oli lajittelutuloksessa 28 % kuivajätteestä lajittelun heikkouden takia (KUVIO 1). (Ajanko, Moilanen & al. 2005, 41.)



KUVIO 1. Pietarsaaren kerrostalokiinteistöjen kuivajätteen materiaaliokohtaiset lajittelutulokset viikon seurantajaksolta. (Ajanko, Moilanen & al. 2005, 41.)

Taulukossa 4 on esitetty Pietarsaassa kerätyn kuivajätteen materiaaliokohtaiset analyysitulokset. Taulukossa on lihavoitu ne alkuaineet, jotka ylittävät aiemman (voimassa 24.1.2000 - 12.12.2011) kierrätyspolttoaineiden SFS 5875 standardin "Jätteen jalostaminen kiinteäksi polttoaineeksi. Laadunvalvontajärjestelmä" laatuluokka I raja-arvon (raja-arvot taulukossa 6 s. 20).

TAULUKKO 4. Pietarsaaren kerrostalokiinteistöjen kuivajätteen materiaaliokohtaiset analyysitulokset viikon seurantajaksolta. (Ajanko, Moilanen & al. 2005, 51.)

Materiaali	Cl (m-%)	S (m-%)	K+Na (m-%)	Cd (mg/kg)	Hg (mg/kg)
KUIDUT:					
Pehmopaperi	0,35	0,04	0,42	0,2	<0,1
Kartonki + pahvi	0,20	0,07	0,14	0,2	0,3
Kartonki- ja pahvipakkaukset	0,34	0,08	0,25	0,1	<0,1
Paperipakkaukset	0,28	0,07	0,27	0,1	<0,1
Sanomalehdet	0,13	0,07	0,21	<0,1	<0,1
Aikakauslehdet	0,04	0,03	0,14	<0,1	<0,1
Nestepakkaukset	0,59	0,07	0,24	0,2	<0,1
Muu paperi	0,20	0,04	0,18	0,4	<0,1
MUOVIT:					
Kalvomuovi	0,65	0,1	0,19	0,4	0,8
Kalvomuovipakkaukset	1,00	0,06	0,35	0,1	0,1
Kovamuovipakkaukset	1,40	0,09	0,22	5,4	<0,1
Kova muovi	2,38	0,11	0,10	16	0,7
PVC-muovipakkaukset	5,86	0,12	0,04	0,8	<0,1
PVC-muovi	21,63	0,14	0,04	1,1	0,3
MUUT:					
Puu	0,10	0,04	0,14	0,7	<0,1
Kumi	3,07	0,29	0,08	3,7	<0,1
Nahka	7,70	0,32	0,08	23	<0,1
Alumiinilaminaatti	1,80	0,09	0,26	0,4	<0,1
Tekstiilit	0,40	0,32	0,12	1,8	<0,1
Muu palava	0,59	0,66	0,81	0,7	0,1
Hygieniatuotteet	0,41	0,07	6,46	<0,1	<0,1

2.3 Kiinteiden kierrätyspolttoaineiden laatuominaisuudet

2.3.1 Kiinteiden kierrätyspolttoaineiden standardit

Kierrätyspolttoaineet voivat olla teollisuuden, yritysten ja yhdyskuntien syntypistelajiteltuja poltto-kelpoisia materiaaleja sellaisenaan tai niistä valmistettuja polttoaineita. Näillä polttoaineilla korva-taan lämpö- ja voimalaitosprosessien kiinteitä polttoaineita. (Alakangas 2000, 109.)

Kiinteille kierrätyspolttoaineille (SRF) on määritetty SFS 15359 standardi, jota käytetään työkaluna kiinteiden kierrätyspolttoaineiden kaupassa. Kierrätyspolttoaineet tuotetaan jätteestä ja niiden sisäl-tö vaihtelee suuresti. Luokittelun avulla pyritään helpottamaan kierrätyspolttoaineiden käyttöä mah-dollisimman energiatehokkaasti, edistämään myyjän ja ostajan yhteisymmärrystä ja helpottamaan polttoaineen hankintaa ja käyttöä ja pitämään yhteyttä laitevalmistajien kanssa. (SFS 15359 2011, 6.)

Kiinteät kierrätyspolttoaineet luokitellaan standardin SFS 15359 (2011, 14) mukaan kolmen tärkeän ominaisuuden raja-arvojen perusteella. Nämä raja-arvot ovat:

1. tehollisen lämpöarvon keskiarvo saapumistilassa,
2. klooripitoisuuden keskiarvo kuiva-aineessa ja elohopeapitoisuuden mediaaniarvo ja
3. 80. prosenttipisteen arvo kuiva-aineessa ¹.

Polttoaineen luokituskoodi muodostetaan näiden luokkien yhdistelmänä.

Esimerkki: Polttoaine voi olla lämpöluokaltaan luokkaa 1, klooripitoisuudeltaan luokkaa 3 ja eloho-peapitoisuudeltaan luokkaa 3. Tällöin polttoaineen luokkakoodi on NCV 1; Cl 3; Hg 3.

Raja-arvoilla ilmaistaan:

1. Lämpöarvoa, joka kuvaa polttoaineen kaupallista arvoa,
2. klooripitoisuutta, joka kuvaa teknistä käyttökelpoisuutta ja
3. elohopeapitoisuutta, joka ympäristöön liittyvää käytön vaativuutta.

Standardin mukaan on määritettävä myös muiden raskasmetallien määrät, mutta niille ei ole mää-rätty raja-arvoja. (Vesanto, Hiltunen & al. 2007, 15.)

¹ 80. prosenttipiste on arvo, jonka kohdalle tai alapuolelle 80% havainnoista sijoittuu. (SFS 15359 2011, 16.)

TAULUKKO 5. Kiinteiden kierrätyspolttoaineiden luokitusjärjestelmä. (SFS 15359 2011, 16.)

	LUOKAT				
	1	2	3	4	5
TEHOLLINEN LÄMPÖARVO MJ/KG saapumistilassa KESKIARVO	≥ 25	≥ 20	≥ 15	≥ 10	≥ 3
KLOORIPITOISUUS (Cl) % kuiva-aineesta KESKIARVO	≤ 0,2	≤ 0,6	≤ 1,0	≤ 1,5	≤ 3
ELOHOPEAPITOISUUS (Hg) mg/MJ saapumistilassa Mediaani 80.prosenttipiste	≤ 0,02 ≤ 0,04	≤ 0,03 ≤ 0,06	≤ 0,08 ≤ 0,16	≤ 0,15 ≤ 0,30	≤ 0,50 ≤ 1,00

Kiinteiden kierrätyspolttoaineiden laadunhallintajärjestelmä on kuvattu standardissa SFS 15358. Sen tavoitteena on määrittää tarvittavat prosessit laadunhallintajärjestelmää varten ja soveltaa niitä koko organisaatioon. (SFS 15358 2011, 12.) Kiinteitä kierrätyspolttoaineita määrittäviä standardeja SFS 15358 ja 15359 voidaan soveltuvin osin käyttää jätteidenpolttovoimalaitoksen ohjeistuksena.

Polttoaineen käsittelyn tulee olla järjestelmällistä ja laadunhallintajärjestelmän avulla sitä ohjeistetaan ja seurataan. Jätteidenpolttolaitoksella, jossa valmistetaan polttoaine sinne tulevasta syntypaikkalajittelusta sekajätteestä, ei voida toimia täysin standardien mukaisesti. Sinne saapuva jäte ei ole niin tarkkaan määriteltyä. Voidaan kuitenkin käyttää standardin periaatteita hyväksi poltettaessa syntypaikkalajiteltua sekajätettä. Polttoaineen sisältö ja luotettavat polttoaineen syöttömenetelmät ovat tärkeitä voimalaitoksen toiminnan kannalta. (Sarkki 29-06-2013.)

Aiempi kierrätyspolttoaineita säätelevät standardi SFS 5875 jakoi polttoaineen laatuluokkiin I, II ja III. Tätä luokittelua käytetään monessa tässä työssä käytetyssä lähteessä, joten taulukossa 6 annetaan tämän vanhentuneen standardin raja-arvot.

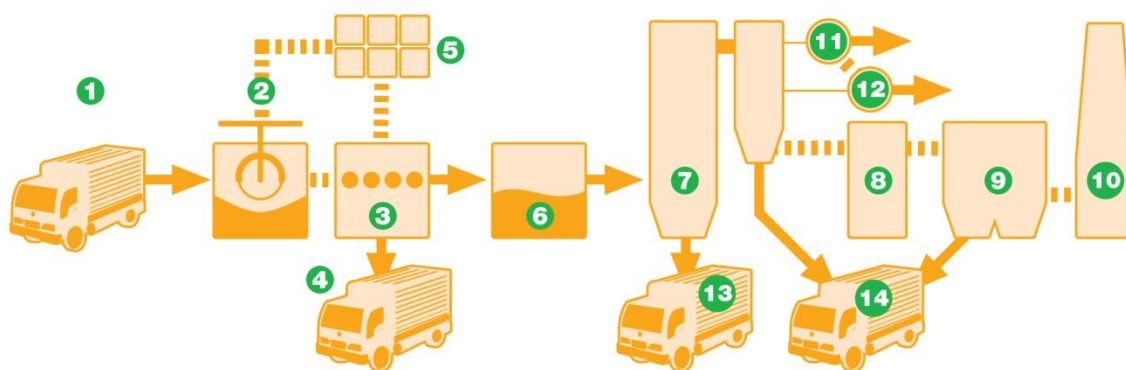
TAULUKKO 6. Vanhentunut (voimassa 24.1.2000 - 12.12.2011) kierrätyspolttoaineiden laatustandardi SFS 5875 jakaa polttoaineet kolmeen eri laatuluokkaan. SFS 5875 ”Jätteen jalostaminen kiinteäksi polttoaineeksi. Laadunvalvontajärjestelmä”. (SFS 5875 2000, 10).

Kohta	Ominaisuus	Yksikkö	Ilmoitus-tarkkuus	LAATULUOKITUS			Raja-arvon kohdistuminen
				I	II	III	
1	Klooripitoisuus kuiva-aineessa	m-% ²⁾	0,01	< 0,15	< 0,50	< 1,50	6)
2	Rikki-pitoisuus kuiva-aineessa	m-% ²⁾	0,01	< 0,20	< 0,30	< 0,50	6)
3	Typipitoisuus kuiva-aineessa	m-% ²⁾	0,01	< 1,00	< 1,50	< 2,50	6)
4	Kalium- ja natriumpitoisuus kuiva-aineessa ¹⁾	m-% ²⁾	0,01	< 0,20	< 0,40	< 0,50	6)
5	Alumiinipitoisuus kuiva-aineessa (metallinen)	m-% ²⁾	0,01	3)	4)	5)	6)
6	Elohopeapitoisuus kuiva-aineessa	mg/kg	0,1	< 0,1	< 0,2	< 0,5	6)
7	Kadmiumpitoisuus kuiva-aineessa	mg/kg	0,1	< 1,0	< 4,0	< 5,0	6)

1) Yhteenlaskettu (K+Na) vesiliukoisien ja ionivaihtuvan osan pitoisuus kuiva-aineessa.
2) m-% tarkoittaa massan osuutta prosentteina.
3) Metallista alumiinia ei sallita, mutta se on hyväksyttävissä ilmoitustarkkuuden rajoissa.
4) Syntypaikkalajittelulla ja polttoaineen valmistusprosessilla pyritään poistamaan metallinen alumiini.
5) Metallinen alumiinipitoisuus sovitetaan erikseen.
6) Raja-arvo kohdistuu enintään 1000 m³:n tai yhden kuukauden aikana valmistettuun tai toimitettuun polttoainemäärään ja tulee verifioida vähintään vastaavalla tiheydellä.

2.3.2 Kierrätyspolttoaine leijukattilassa

Leijupolttoa varten polttoaineesta on ensin poistettava palamattomat ainekset, kuten metalliesineet, lasi, keramiikka ja kiviaines. Sen jälkeen kierrätyspolttoaine murskataan sopivaan palakokoon polttoa varten ja samalla sekoitetaan tasalaatuiseksi. Leijupolttoa varten polttoaine on yleensä palakooltaan max. 50–100 mm halkaisijaltaan. (Vesanto, Hiltunen & al. 2007, 40.)



1. Jätteen vastaanotto
2. Vastaanottobunkkeri
3. Jätteen käsittelylaitos
4. Metallin, alumiinin ja muun kierrätyskelpoisen materiaalin erotus
5. Käsitellyn jättopolttaineen paalaus ja paalivarasto
6. Käsitellyn jättopolttaineen varasto
7. Leijupetikkatila
8. Savukaasujen puhdistusreaktori
9. Savukaasujen hiukkassuodatin
10. 60 metriä korkea savupiippu
11. Höyryturbiini ja generaattori
12. Kaukolämmönsiirtimet
13. Pohjatuhkan hyötykäyttö
14. Savukaasun puhdistuksen sivutuotteen turvallinen loppusijoitus

KUVA 3. Voimalassa vastaanotettu jäte lajitellaan ja murskataan sopivaan palakokoon. (Riikinvoima Oy esite 2013.)

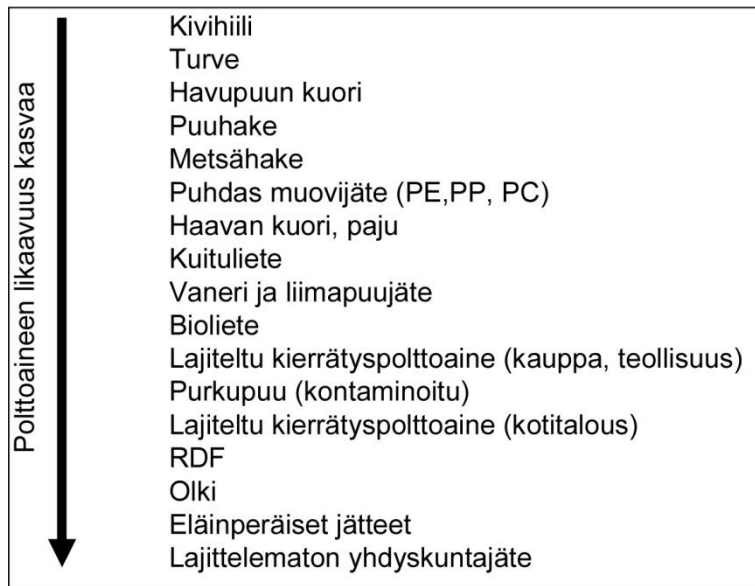
Kattilaan syötettävän kierrätyspolttoaineen tulee olla koostumukseltaan mahdollisimman tasalaatuis- ta ja se syötetään tasaisesti tulipesään. Kierrätyspolttoaineen mukana kulkeutuu kattilan arinalle lasia, metallia ja muita mekaanisia epäpuhtauksia. Tällainen romu huonontaa leijutusta, mikä vaikeuttaa kattilan lämpötilan, palamisen ja päästöjen hallintaa. Tämä voi johtaa myös pedin sintrautumiseen. (Vesanto, Hiltunen & al. 2007, 40–41.)

Tuhkan aiheuttamaan kattilapintojen likaantumiseen vaikuttavat polttoaine, tuhkan koostumus ja sen määrä. Kalsiumia ja alkalimetalleja sisältävä tuhka on likaavampaa kuin tuhka, jossa on silikaat- timineraaleja. Polttoaineen sisältämät kalsium ja alkalit muodostavat oksideja, sulfaatteja ja kloride- ja. Erityisesti kloridien muodostamalla suoloilla on alhaiset sulamislämpötilat (taulukko 7) ja tämä yleensä lisää tuhkan likaavuutta. Bio- ja kierrätyspolttoaineiden tuhkat ovat kalsium- ja alkalipitoisia. Nämä polttoaineet likaavat kattilaa selvästi enemmän kuin fossiiliset polttoaineet. (Vesanto, Hiltunen & al. 2007, 41.)

TAULUKKO 7. Esimerkkejä raskasmetallien ja niiden yhdisteiden sulamislämpötiloista (Enestam 2011, 37).

Alkuaine/ Yhdiste	Sulamis- lämpötila °C
Al	660
KCl	771
NaCl	801
Zn	420
ZnO	1975
ZnCl ₂	318
Pb	327
PbO	886
PbCl ₂	501
PbS	1113
ZnCl ₂ -FeCl ₂	300
PbCl ₂ -FeCl ₂	421
KCl-PbCl ₂	406
NaCl-PbCl ₂	408
KCl-NaCl	657

Kuvassa 4 eri polttoaineet ja niiden tuhkat on asetettu likaavuusjärjestykseen leijukattilaa käytettä- essä. Polttoaineisiin voi liittyä myös muita ongelmia, joten järjestys ei ole yksiselitteinen. Kotitalouk- sien lajiteltu kierrätyspolttoaine on erittäin likaavaa. Se on laadultaan vaihtelevaa ja poltto- ominaisuuksiltaan heikkoa. Biojätteet voivat nostaa kloori- ja alkalipitoisuutta. Lajittelematon yhdys- kuntajäte ei sovellu leijupolttokattilan polttoaineeksi. Kierrätyspolttoaineen muovijätteet palavat hy- vin ja niillä on korkea lämpöarvo. Ongelma liittyy erilaisiin sekamuoveihin, jotka sisältävät usein klooripitoista PVC:tä. (Vesanto, Hiltunen & al. 2007, 42–43.)



KUVA 4. Eri polttoaineiden likaavuus leijupoltossa. (Vesanto, Hiltunen & al. 2007, kuva 6, 42.)

Kattilalle haitallisia alkuaineita ovat matalissa lämpötiloissa sulavat metallit (mm. Al, Pb, Zn, Sn). Ei voida välttää siltä, ettei jätteestä valmistetussa kierrätyspolttoaineessa olisi näitä raskasmetalleja. Syntypaikkalajittelulla voidaan saada osa haitallisista alkuaineista pois polttoaineesta, mutta kaikkia haitallisia alkuaineita ei voida poistaa polttoaineesta. Biojätteet eivät ole yhtä ongelmallisia. Ne sisältävät paljon kosteutta, mikä alentaa polttoaineen lämpöarvoa, mutta eivät aiheuta muuten suuria riskejä kattilalle. (Strömdahl 26-6-2013.)

3 KIERRÄTYSPOLTTOAINEELLE SUUNNITELLUN LEIJUKATTILAN ERITYISPIIRTEET

Suulliset lähteet

Työssä käytetyt suulliset lähdetiedot on saatu haastattelemalla kattilavalmistajia kesäkuussa 2013 Riikinvoima Oy:n jätteenpolttovoimalaitoksen teknisissä neuvotteluissa Vantaalla Pöyryn tiloissa. Jokaisella yrityksellä oli n. 4-7 henkilön edustus tilaisuudessa.

Suullisiksi lähteiksi on merkitty henkilöt, joilta kyseiset tiedot on tilaisuudessa saatu:

Andritz

Thomas Hofer, CFB Sales Project Manager, ANDRITZ Energy & Environment GmbH (Hofer 19-06-2013)

Metso Power Oy (myöhemmin tekstissä Metso)

Jan Strömdahl, Manager, Solution Sales, Power Generation, Metso Power Oy (Strömdahl 26-6-2013)

Foster Wheeler Energia Oy (myöhemmin tekstissä Foster Wheeler)

Mikko Matilainen, Commercial Manager, Foster Wheeler Energia Oy (Matilainen 29-06-2013)

Juha Sarkki, Chief Engineer, Process Concepts, Foster Wheeler Energia Oy (Sarkki 29-06-2013)

Kattilavalmistajille kerrottiin, että kysymykset liittyvät tekeillä olevaan opinnäytetyöhön, työ tehdään luottamuksellisesti ja halutessaan he voivat määrittää joitain omaan toimintaansa liittyviä asioita salaisiksi. Liitteessä 1 on kysymyspohja, jonka pohjalta kysymyksiä esitettiin kattilavalmistajille. Andritzin tilaisuus käytiin englanniksi. Kattilavalmistajille oli kerrottu etukäteen, että tilaisuudessa tullaan kysymään jätteenpolttoon ja korroosioon liittyviä asioita. Kysymyksiä ei ollut annettu etukäteen. Kattilavalmistajilta pyydettiin myös kirjallisia materiaaleja liittyen jätteenpolttotekniikkaan, kattilasuunnitteluun, korroosioon ja eroosioon.

Jätteenpolttoasetuksen määräykset

Jätettä polttoaineena käyttävän voimalaitoksen on jätteenpolttoasetuksen mukaan täytettävä seuraavat ehdot (Valtioneuvoston asetus jätteen polttamisesta 151/2013, 9§-14§, 18§):

- Jätteenpolttolaitoksessa savukaasun lämpötilan on kaikkein epäedullisimmissakin olosuhteissa noustava vähintään 850 °C vähintään 2 sekunniksi.
- Jätteenpolttolaitos on varustettava vähintään yhdellä lisäpolttimella, joka käynnistyy automaattisesti kun savukaasujen lämpötila laskee alle 850 °C. Tätä tukipoltinta on käytettävä laitoksen käynnistyksen ja pysäytyksen aikana niin kauan kuin tulipesässä on poltettavaa jätettä.
- Jätteenpolttolaitoksessa on oltava automaattinen järjestelmä, joka estää laitosta käynnistettäessä jätteen syötön tulipesään, kunnes savukaasun lämpötila on saavuttanut 850 °C.
- Jätteenpolttolaitoksessa on oltava jatkuvatoimiset savukaasumittaukset (NO_x, CO, hiukkaspitoisuudet, orgaanisen hiilen kokonaismäärä, HCl, HF, SO₂, O₂, H₂O).

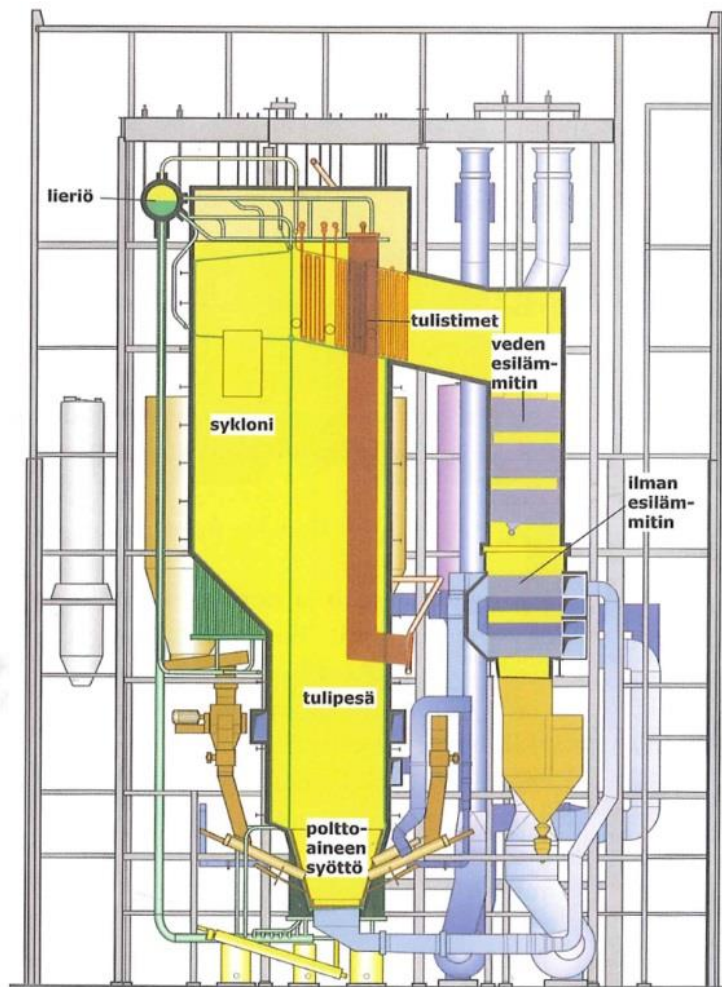
Kierrätyspolttoaineita poltettaessa joudutaan aina arvioimaan, onko järkevää polttaa edullista polttoainetta, mutta maksaa suurempia ylläpitokustannuksia. Lisäinvestointeja voidaan joutua tekemään polttoaineiden syöttölaitteisiin, savukaasupuhdistukseen ja päästöjen valvontaan. (Vesanto, Hiltunen & al. 2007, 47.) Tiukentuva jätelaki kuitenkin pakottaa vähentämään kaatopaikoille joutuvan jätteen määrää ja jätteen kierrättäminen vaatii joka tapauksessa investointeja. Jätteiden polttaminen on yksi hyvä tapa lisätä kierrätystä.

3.1 Kiertoleijukattilan toimintaperiaate

Voimalaitokset voidaan jakaa polttotekniikan perusteella arina- ja leijupolttajärjestelmiin.

Leijupolttotekniikkaa on alettu käyttämään energian tuotantoon 1970-luvulla. Se on syrjäyttänyt arinatekniikkaa yli 20 MW:n voimaloissa. Leijupolttotekniikalla polttoaine palaa leijutettavan hiekan seassa. Leijukattilat soveltuvat kosteiden ja huonolaatuisten polttoaineiden polttamiseen. Tulipesään syötetty polttoaine kuivuu kuumassa hiekassa ja syttyy palamaan. Hiekka leijuu altpäin puhallettavalla ilmalla. Leijukattilat jaetaan kupliviin kerrosleijukattiloihin ja kiertoleijukattiloihin. Kattiloiden ero on hiekan leijutusnopeudessa ja hiekan raekoossa. Kiertoleijukattilassa hiekka kulkeutuu savukaasujen mukana pois tulipesästä ja se palautuu takaisin syklonin kautta tulipesään. (Huhtinen & al. 2013, 36.) Riikinvoiman tuleva voimalaitos käyttää kiertoleijutekniikkaa.

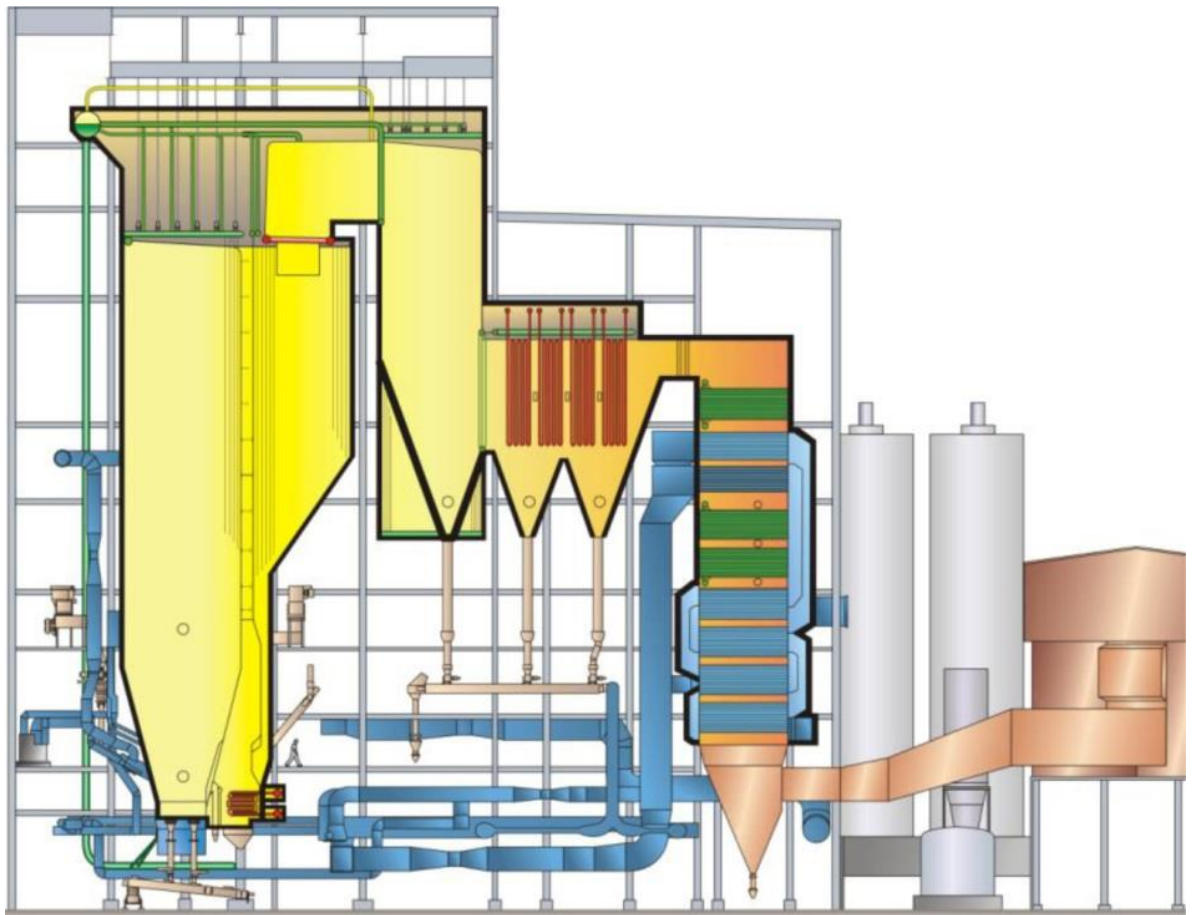
Kiertoleijukattilan pääosat (KUVA 5) ovat tulipesä ja siihen liitetty sykloni. Syklonin jälkeen savukaasukanavissa on tulistimet sekä syöttöveden (ekonomaiseri) ja ilman esilämmittimet (luvot). Savukaasun on virrattava sykloniin suurella nopeudella, n. 20 m/s, jotta sykloni erottelee savukaasut ja hiekan tehokkaasti. Lentotuhka poistuu kattilasta savukaasujen mukana. Se erotellaan savukaasusuodatusten avulla pois ennen savukaasujen johtamista savupiipusta ulos. Palamisilma tuodaan kattilaan primääri- (leijutusilma) ja sekundääri-ilmana. Leijupolttotekniikan etuna ovat pienet ty-
penoksidipäästöt ja savukaasujen rikinpoiston edullisuus. Rikkiä poistetaan savukaasuista syöttämällä tulipesään kalkkia. (Huhtinen & al. 2013, 97, 100.)



KUVA 5. Foster Wheeler Energia Oy:n toimittama kiertoleijukattila, Vesterås, Ruotsi. (Huhtinen & al. 2013, 99.)

3.2 Kiertoleijukattila kierrätyspolttoaineelle

Verrattaessa arinapolttotekniikkaa leijupolttotekniikkaan kierrätyspolttoaineita käytettäessä, leijupolttotekniikassa on useita etuja. Kierrätyspolttoaineiden poltto kiertoleijukattilassa edistää jätteiden kierrätystä ja pohja- ja lentotuhkan osuudet ovat n. 15 % alkuperäisen jätteen määrästä, syntypaikkalajitellun sekajätteen laadusta riippuen. Kiertoleijukattilapoltossa tarvitaan pienempi polttoainemäärä kuin arinapolttotekniikalla ja savukaasut ovat puhtaampia. Lisäksi kattilan hyötysuhde on parempi, n. 88 %. Kuvassa 6 on Ruotsissa toimiva Igelsta Kraft Värme voimalaitos, joka on suunniteltu REF-pelleteille ja puujätteelle. (Matilainen 2006, 23.)



KUVA 6. Igelsta CFB, Foster Wheeler. Kiertoleijukattila kierrätyspolttoaineiden polttamiseen. (Zabetta & al. 2009, Foster Wheeler, 8.)

Kun suunnitellaan voimalaitosta esikäsitellyn sekajätteen polttoa varten, on huomioitava laitokseen liittyviä asioita hyvin monipuolisesti. Erityisesti höyryarvojen ollessa korkeita, lähellä 500 °C, on tärkeää hallita polttoaineen laatua ja palamista tarkasti. Kattilatapahtumia tulee seurata mahdollisten ongelmatilanteiden havaitsemiseksi. Käyttäjien koulutus ja ohjeistus on erittäin tärkeää. On seurattava, mitä laitokselle tuodaan poltettavaksi ja estettävä kattilalle haitallisten aineiden joutuminen palotilaan. Tällä vaikutetaan kattilan kestävyyyteen sekä nostetaan voimalaitoksen hyötysuhdetta. Voimalaitoksen tavoitteena on tuottaa sähköä ja lämpöä myyntiin, joten hyötysuhteen parantamisella saadaan selvää hyötyä toimintaan. (Sarkki 29-06-2013.)

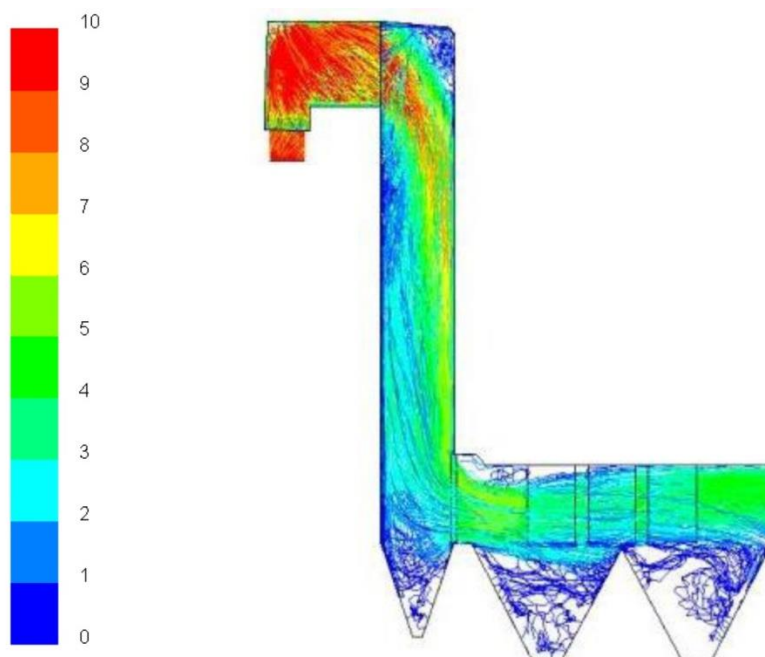
Savukaasunopeudet

Kattila kierrätyspolttoaineille mitoitetaan normaalia väljemmin pienemmille savukaasunopeuksille. Väljä mitoitus takaa toiminnan polttoaineen koostumuksen vaihdellessa.

Savukaasunopeuksia esikäsitellyn sekajätteen polttoon tarkoitettussa kiertoleijukattilassa (KUVA 7):



(Matilainen 29-06-2013.)



KUVA 7. Savukaasunopeudet, (m/s), Lomellina II, Foster Wheeler (Matilainen 2006, 22).

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

(Matilainen 29-06-2013.)

Suunnitellut höyryarvot

Uusia kierrätyspoltoaineita polttavia kiertoileijukattiloita suunnitellaan yhä korkeammille höyrylämpötiloille ja paineille. Viime vuosien kierrätyspoltoaineita käyttävien kiertoileijukattiloiden höyryarvot ovat olleet n. 60 - 80 bar / 440 -470 °C (referenssilaitoksia Euroopassa kappaleessa 3.7, sivu 40).

Esimerkkejä Riikinvoima Oy:n voimalaitoksen teknisissä neuvotteluissa esitetyistä suunnittelun pohjana olevista höyryarvoista:

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

(Hofer 19-06-2013.)

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

(Strömdahl 26-6-2013.)

[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]
(Matilainen 29-06-2013.)

3.3 Korroosio ja eroosio

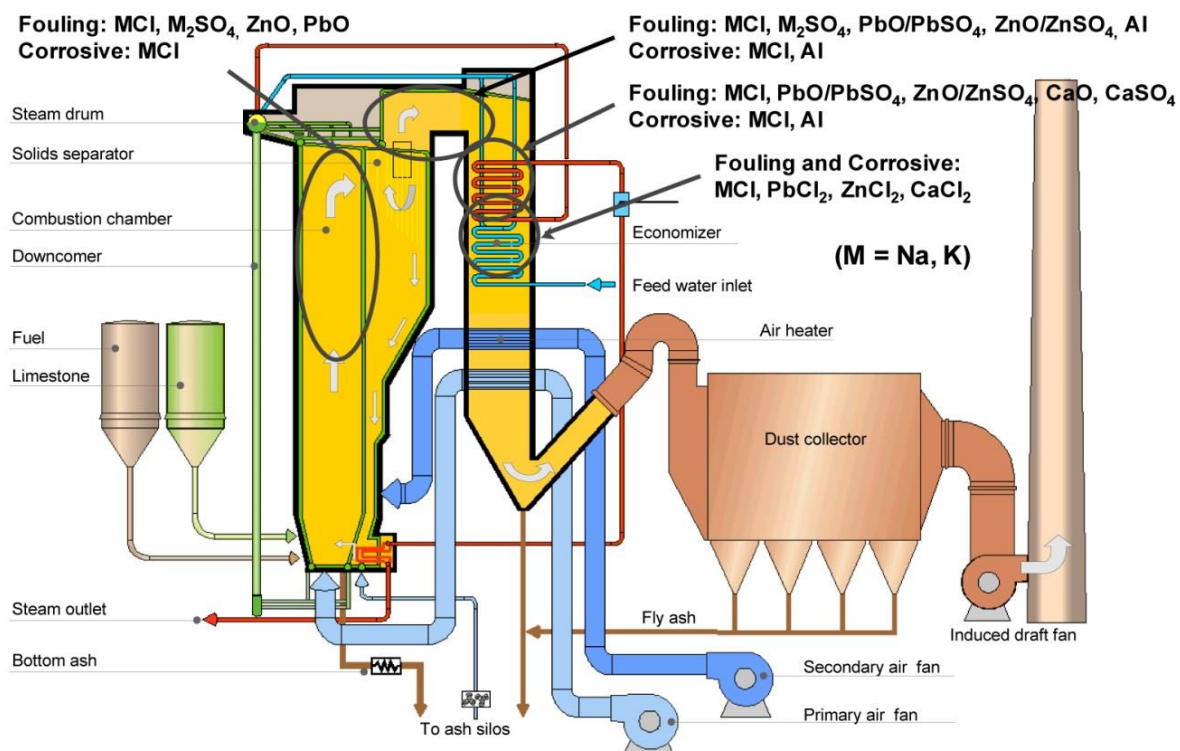
Voimalaitoskattiloiden teräksillä esiintyy karkeasti jaotellen kahdenlaista korroosiota: Matalalämpötilakorroosiota eli kastepistekorroosiota ja kuumakorroosiota, joka on yleensä klooriyhdisteiden aiheuttamaa korroosiota. Kastepistekorroosio liittyy mataliin lämpötiloihin ja syövyttäviin happoihin. Klooridin aiheuttamaa kuumakorroosiotyyppiä esiintyy lähinnä jätteenpolttolaitoksissa ja soodakattiloissa. Monimutkaista ja nopeasti etenevää korroosiota tapahtuu korroosioympäristössä, jossa kaasu sisältää syövyttäviä aineita tai metallin pinnalle muodostuu kuonaa tai muuta kerrostumaa oksidikerrostuman lisäksi. Sulan faasin muodostuminen metallin pinnalle lisää huomattavasti korroosioriskiä. Jos sulan määrä tuhkassa kasvaa suureksi, saattaa korroosionopeus olla jopa useita millimetrejä vuodessa. (Karvonen 2010, 14–15.)

Kattilan eri osissa vaikuttavat korrodoivat tekijät Karvosen mukaan (2010, 14):

- Tulipesän korroosio johtuu paikallisista pelkistävästä olosuhteista. Metallin lämpötila ei ole tulipesässä yhtä korkea kuin tulistinalueella.
- Tulistinpintojen korroosio johtuu metallin todella korkeista lämpötiloista ja tulistinputkien pintaan muodostuneesta sulasta faasista.
- Savukaasukanavassa on tulistinpintoja alhaisemmat lämpötilat, joten korroosiota on vähemmän. Savukaasukanavan kylmässä päässä ekonomaiserin ja luvon rakenteissa voi esiintyä kastepistekorroosiota rikkihapon takia.

Jotta välttyttäisiin voimalaitoksen käytön ongelmilta, kuten likaantumiselta, kuonan muodostumiselta, petihiekan agglomeraatiolta (paakkuuntuminen) ja korroosiolta, on tunnettava tuhkan käyttäytymisen ja polttoaineen sisällön välinen suhde. Tuhkan ongelmat liittyvät usein sen muodonmuutoksiin. Kokonaan tai osittain sulanut tuhka on takertuvaa ja se likaa kattilan seinämiä, aiheuttaa korroosiota lämmönsiirtimiin ja petihiekan agglomeraatiota. Tuhka on takertuvaa, jos se on vähintään 15 m-% sulassa olomuodossa. Sulamislämpötilaan vaikuttavat alentavasti erityisesti alkalimetallit. Tuhkan käyttäytymistä on tutkittu parantuneiden polttoaineanalyysien avulla ja teoreettisten laskentatyökalujen ja kinetiikan avulla. Näin voidaan entistä paremmin ennustaa takertuvan tuhkan muodostuminen ja välttää sen aiheuttamat haitat. (Werkelin & Hupa 2009, 1-2, 8.)

Korroosiolle altistuvat erityisesti kattilan kuuma yläosa, tyhjavedon yläosa, konvektiotulistimet ja veden esilämmittimet. Erityisesti lyijyn ja rikin yhdisteet (esim. PbSO_4 , ZnSO_4) aiheuttavat korroosiota. Kuvassa 8 osoitetaan biomassaa tai kierrätyspolttoaineita polttavan voimalaitoksen likaantumiselle ja korroosiolle alttiit kohdat ja niitä aiheuttavat yhdistelmät. (Zabetta & al. 2009. Foster Wheeler, 4.)



KUVA 8. Biomassaa tai jätettä polttavan voimalaitoksen likaantumislle ja korroosiolle altistavat yhdisteet ja kohdat. (Zabetta & al. 2009. Foster Wheeler, 4.)

Enestam (2011, 1, 75) tutkii väitöskirjassaan kierrätyspuun (RWW) polttamista leijukattilassa. Kierrätyspuun lähteet: pakkausmateriaalit, purkupuu, työmaiden puutavara ja käytetty puutavara yhdyskunnilta, teollisuudesta ja kaupalta. Kierrätyspuu on usein saastutettu maalilla, muovilla ja metalliaineesilla. Tästä syystä kierrätyspuusta valmistetussa polttoaineessa on huomattavasti enemmän raskasmetalleja, klooria, natriumia ja joskus myös rikkiä, kuin puhtaassa puussa. Raskasmetalleista kierrätyspuu sisältää eniten sinkkiä (Zn) ja lyijyä (Pb), jotka ovat suurilta osin lähtöisin puun pintakäsittelyaineista. Kierrätyspuussa on näiltä osin samoja piirteitä kuin sekajätteestä valmistetussa kierrätyspolttoaineessa. Enestamin mukaan on mahdollista lähes kokonaan välttää korroosion aiheuttamat vahingot, jos valitaan lämmönsiirripintoihin optimaaliset materiaalit, käytetään sopivia polttoaineseoksia tai lisäaineita, mitkä vähentävät korrodoivaa ympäristöä. Tulistimet tulee sijoitella vähemmän korrodoivaan ympäristöön ja höyryarvoja tulee säätää sopiviksi. Jotta tämä pystytään tekemään, on tunnettava täysin koko prosessi alkaen polttoaineen syöttämisestä kattilaan, palaminen, savukaasun korrosoisuus ja eri materiaalien korroosion kesto erilaisissa olosuhteissa.

3.3.1 Tulipesän korrosio

Jätepohjaisia polttoaineita polttavissa kattiloissa kattilaputkiston lämpötila on yleensä 300–400°C. Alkalikloridit (KCl, NaCl) eivät ole erityisen aktiivisia näin matalilla lämpötiloilla, vaan ne aktivoituvat lähellä 500 °C olevissa lämpötiloissa. Lyijyn ja sinkin kloridien muodostamat, matalissa lämpötiloissa sulavat suolat aiheuttavat korroosiota kuitenkin jo 300–400°C. (Bankiewicz 2012, 2.)

Foster Wheelerin mukaan tulipesän tyypillinen tulipesän lämpötila kierrätyspolttoaineita polttavan kattilan yläosassa on n. 865 °C. Tulipesä mitoitetaan niin, että se täyttää jätepolttoaineille annettun

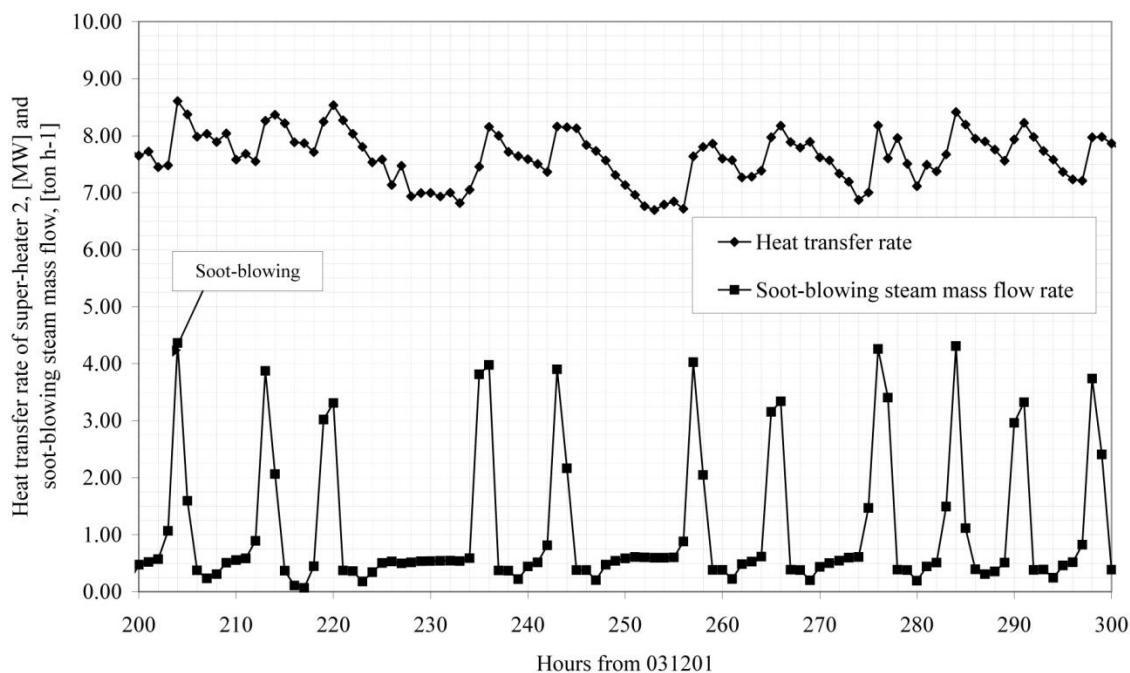
asetuksen 850 °C / 2 s. Muurauspinnat kestävät hyvin, koska korrodoivat aineet ovat höyrystyneinä tässä lämpötilassa. Kun huolehditaan petimateriaalin puhtaudesta pohjatuhkan poistolla ja puhtaalla pohjahiekalla, vältetään petihiekan sintraantuminen. (Matilainen 29-06-2013.)

[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED] (Strömdahl 26-6-2013.)

3.3.2 Lämmönsiirtimien korroosio ja eroosio

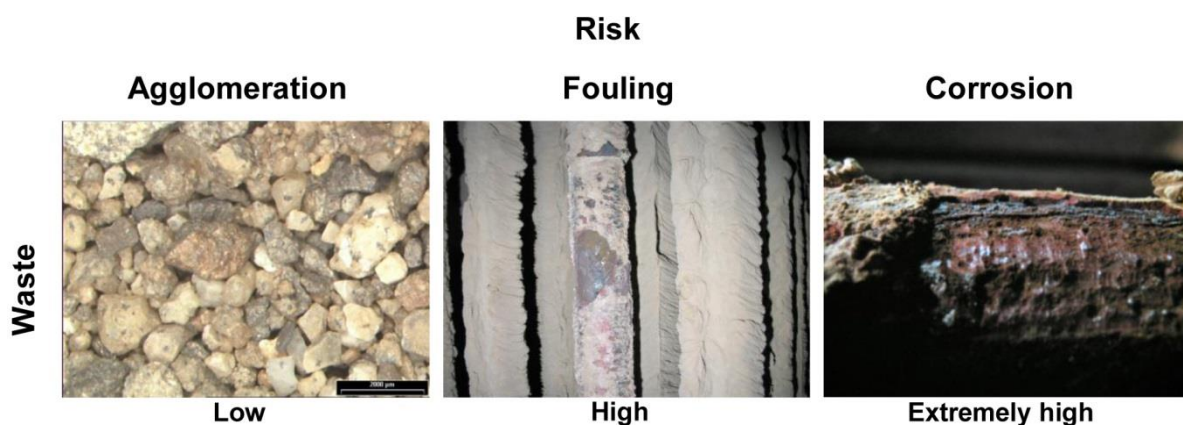
Kattilan likaantumiseen vaikuttaa polttoaineen lisäksi kattilarakenne ja poltto-olosuhteet. Kun lämpötilat nousevat korkeiksi, tuhka sulaa ja tarttuu lämmönsiirripintoihin. Myös hallitsematon, epätasainen palaminen aiheuttaa tätä. Säteilytulistimet ovat alttiita tuhkan tarttumiselle ja kovettumiselle. Kun poltetaan kierrätyspolttoaineita, tehokas nuohous on erittäin tärkeää kattilan toiminnan kannalta. Rungas nuohoaminen ja lentohiekka kuluttavat lämmönsiirtopintoja, mikä altistaa entistä enemmän korroosiolle. Mitä enemmän polttoaine sisältää klooria sitä alhaisemmilla höyryn lämpötiloilla voi esiintyä kloorikorroosiota, 460–480 °C. Samoin kierrätyspolttoaineen suolaseokset laskevat raskasmetallien sulamislämpötiloja. Kloorikorroosion alkamislämpötila laskee samalla. Erityisen haitallisia raskasmetalleja ovat lyijy (Pb) ja sinkki (Zn.) Kierrätyspolttoaineita polttavien kattiloiden höyryn lämpötila on yleensä alle 460 °C. (Vesanto, Hiltunen & al. 2007, 43- 44.)

Vaikka rungas nuohoaminen kuluttaa lämmönsiirtopintoja, on se välttämätöntä lämmönsiirtymisen kannalta. Sandberg (2007, 23–24) tutkii väitöskirjassaan nuohoamisen merkitystä. Hänen mukaansa vuonna 2003 tehtyjen mittausten pohjalta voidaan havaita, että nuohoaminen parantaa lyhyellä aikavälillä tulistimen lämmönsiirtokykyä välittömästi. Kuvassa 9 on kuvattu nuohouksen ja lämmönsiirtokyvyn välinen yhteys tulistimella. Nuohous parantaa lämmönsiirtokykyä n. 0,5-1 MW poistamalla osan lämmönsiirtopintaan kertyneestä liasta. Nuohous ei kuitenkaan poista putkien pintaan muodostunutta kovempaa likaa, joka kasvaa ajan kuluessa paksummaksi kerrokseksi.



KUVA 9. Lämmönsiirtymisaste tulistimessa ja nuohoimen toiminta. (Sandberg 2007, 24 fig. 14.)

Likaavan kierrätyspolttoaineen kloori aiheuttaa kuumakorroosiota yhdessä alkaliain kanssa tulistimisessa. Kuvassa 10 näkyy jätteitä polttavan voimalaitoksen likaantumisen ja korroosion aiheuttamia ongelmia. Jätepolttoaineen palaessa kloori ja tuhkan alkalit muodostavat alkalikloridisuoloja, NaCl (sulamispiste 801 °C), KCl (sulamispiste 801 °C) ja kloorivetyä HCl (sulamispiste 771 °C). Alkalikloridit voivat esiintyä savukaasussa sekä sulassa että höyrymäisessä olomuodossa. Kun alkalikloorihöyry kohtaa tulistinpinnan, se kondensoituu ja tarttuu tulistimen pintaan. Putken pinnassa suojaava oksidikerros rikkoutuu kloridisuolan tarttuessa putkeen aloittaen korroosion putken pinnassa. Kloorin aiheuttama korroosio on yleensä pistekorroosiota. Korroosionopeus voi tällaisessa pistemäisessä korroosiossa olla jopa 1-2 mm/vuosi. (Vesanto, Hiltunen & al. 2007, 43.)



KUVA 10. Jätteistä valmistettu kierrätyspolttoainetta polttavan voimalaitoksen riskit agglomeraatioon, likaantumiseen ja korroosioon. (Zabetta & al. 2009, Foster Wheeler, 3.)

Bankiewicz (2012) tutkii väitöskirjassaan kattilaputkistojen korroosioikäytymistä poltettaessa lyijyä (Pb) ja sinkkiä (Zn) sisältäviä polttoaineita. Jätepohjaisten polttoaineiden sisältämä sinkki (Zn) ja lyijy (Pb) muodostavat palamisessa kloorin (Cl) kanssa klorideja, jotka ovat erittäin aggressiivisia. Syntyneet kloridit voivat merkittävässä määrin laskea sinkin (Zn) ja lyijyn (Pb) sulamispistettä ja vai-

kuttavat sulassa olomuodossa olevan metallin määrään. Tämä taas saattaa kiihdyttää korroosiota voimalaitoskattilan lämmönsiirtopinnoilla. On kuitenkin tapauksia, joissa Zn/Pb -sula ei ole aiheuttanut vakavaa korroosiota. On myös osoitettu, että bromidit voivat aiheuttaa voimakasta korroosiota. Sinkkibromidit ($ZnBr_2$) osoittautuivat korrosoivimmiksi kuin sinkkikloridit ($ZnCl_2$) testatussa 400 °C lämpötilassa. Testitulokset osoittavat, että 350 °C voisi olla turvallinen lämpötila kattilaputkiston lämpötilaksi käytettäessä polttoainetta, joka sisältää sinkkibromidia. (Bankiewicz 2012, 43, 45.)

Lämmönsiirtimien materiaalit

Kun poltetaan klooripitoisia polttoaineita voimalaitoksissa, joissa on korkea hyötysuhde, tulistimien kloorikorroosio on huomioitava. Tulistimien materiaalivalinnoilla voidaan kestävyttä parantaa, mutta kloorikorroosion riskiä ei voida kokonaan poistaa. Tulistimien elinikä ei ole kovin pitkä ja niiden helpo vaihdettavuus on syytä huomioida laitoksen suunnitteluvaiheessa. (Vesanto, Hiltunen & al. 2007, 44.)

Lämmönsiirtopintojen materiaalivalinta on yhdistelmä lukuisia eri asioita. Valintaan vaikuttavia materiaalin ominaisuuksia ovat mm. korroosiokestävyys, myötölujuus, murtolujuus, muovattavuus ja hitsattavuus. Materiaalin tulee kestää käyttöolosuhteiden maksimilämpötilaa ja -painetta, savukaasujen lämpötilaa ja koostumusta sekä paikallista olosuhdetta ja polttoaineen vaihteluita. Mekaanisten ominaisuuksien lisäksi myös materiaalin hinta vaihtelee suuresti eri materiaalilaatujen välillä. Taulukosta 8 nähdään, että niukkaseosteisen teräksen (esim. 10CrMo9-10) hinta on alle puolet austeniittisen teräksen (esim. AISI 347) hinnasta tai lähes kymmenesosa runsasseosteisen austeniittisen teräksen (esim. Sanicro 28) hinnasta. Materiaalivalinta on jatkuvaa tasapainottelua laitoksen asettamien vaatimusten, hinnan ja materiaaliominaisuuksien välillä. (Bankiewicz 2012, 6, 8.)

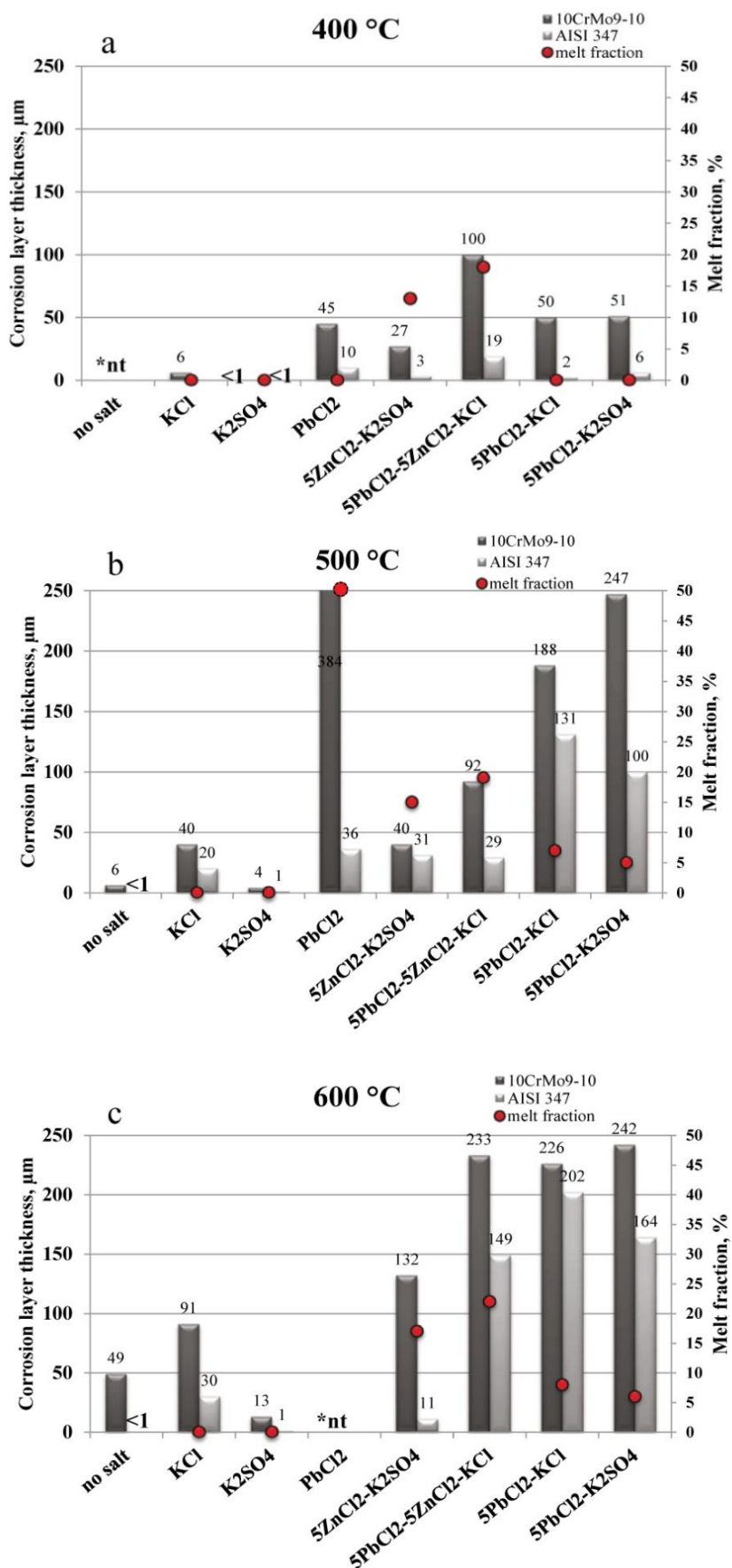
TAULUKKO 8. Yleisimpien voimalaitoksen putkistomateriaalien koostumuksia ja hintoja. (Bankiewicz 2012, 8.)

Name	Category	Relative price/kg ^a	Application	Elements, wt-% ^d								
				Fe	Cr	Ni	C	Mo	Mn	Si	Nb	P, S
St.45.8/III	Non-alloy steel	1.5	membrane walls	95,8	0,2	-	2,85	-	0.8	0.3	-	<0.2
10CrMo9-10	Low-alloy steel	3	superheaters ^c	95,9	2,2	-	0,07	1.0	0.4	0.2	-	<0.2
AISI 347	Austenitic stainless steel	8.5	superheaters ^c	68,7	18,1	10,9	0,04	-	0.9	0.5	0.8	<0.2
Sanicro 28	High-alloy austenitic stainless steel	28 ^b	superheaters	36,1	27,4	31,9	0,11	3.5	1.1	0.5	-	<0.2

^a March 2012, ^b price for composite tube, ^c taken from Enestam, S [25], ^d analysed with SEM

Bankiewiczin (2012, 30–33) väitöskirjaansa varten tekemien laboratoriotestausten perusteella testatut suolaliokset sisältäen $PbCl_2$ (5 m- % suolaliuksesta) aiheuttivat testatuille 10CrMo9-10 materiaaleille vakavaa korroosiota testauslämpötilassa 500 °C ja yläpuolella. Myös AISI 347 korrosoitui merkittävästi. Taulukosta 9 näkee, että samat materiaalit kestivät huomattavasti paremmin $ZnCl_2$ suoloja samassa lämpötilassa. Bankiewiczin mukaan voidaan osoittaa, että yli 500 °C lämpötiloissa austeniittinen teräs AISI 347 (18 m- % Cr) ei ole välttämättä soveltuva ympäristöön, joka sisältää lyijykloridia ($PbCl_2$). Austeniittisen teräksen kromi reagoi raudan ja kloorin kanssa niin, että lämmönsiirrintä suojaava oksidikerros (Cr_2O_3) heikkenee.

TAULUKKO 9. Korroosiokerroksen mitattu paksuus (μm) 10CrMo9-10 ja AISI 347 teräksillä 168 tunnin altistuksen jälkeen suolaseoksille $\text{PbCl}_2\text{-ZnCl}_2\text{-KCl-K}_2\text{SO}_4$ lämpötiloissa 400–600°C. nt=ei testattu. Myös sulan osuus suolassa on merkitty kaavioon. (Bankiewicz 2012, 32.)



[REDACTED]

[REDACTED]

(Strömdahl 26-6-2013.)

[REDACTED]

[REDACTED]

(Sarkki 29-06-2013.)

Tulistimien nuohous ja sijoittelu

Kierrätyspolttoaineiden polttaminen onnistuu parhaiten kattilalla, jonka suunnittelussa on huomioitu likaantumisen. Tällöin ainakin kaikkein kuumimmissa savukaasuissa olevat tulistimet on tehty harvalla jaotuksella. Tulistimien sijoittamisella saavutetaan etuja. Tulistimet kannattaa kytkeä myötävirtaan. Tällaisissakin kattiloissa tulistetun höyryn lämpötila rajataan 480–510 °C. Kiertoleijukattiloissa päätulistinratkaisuna edullisin on kuumaan kiertohiekkaan sijoitettu päätetulistin. (Vesanto, Hiltunen et al. 2007, 46.)

Konvektiotulistimet

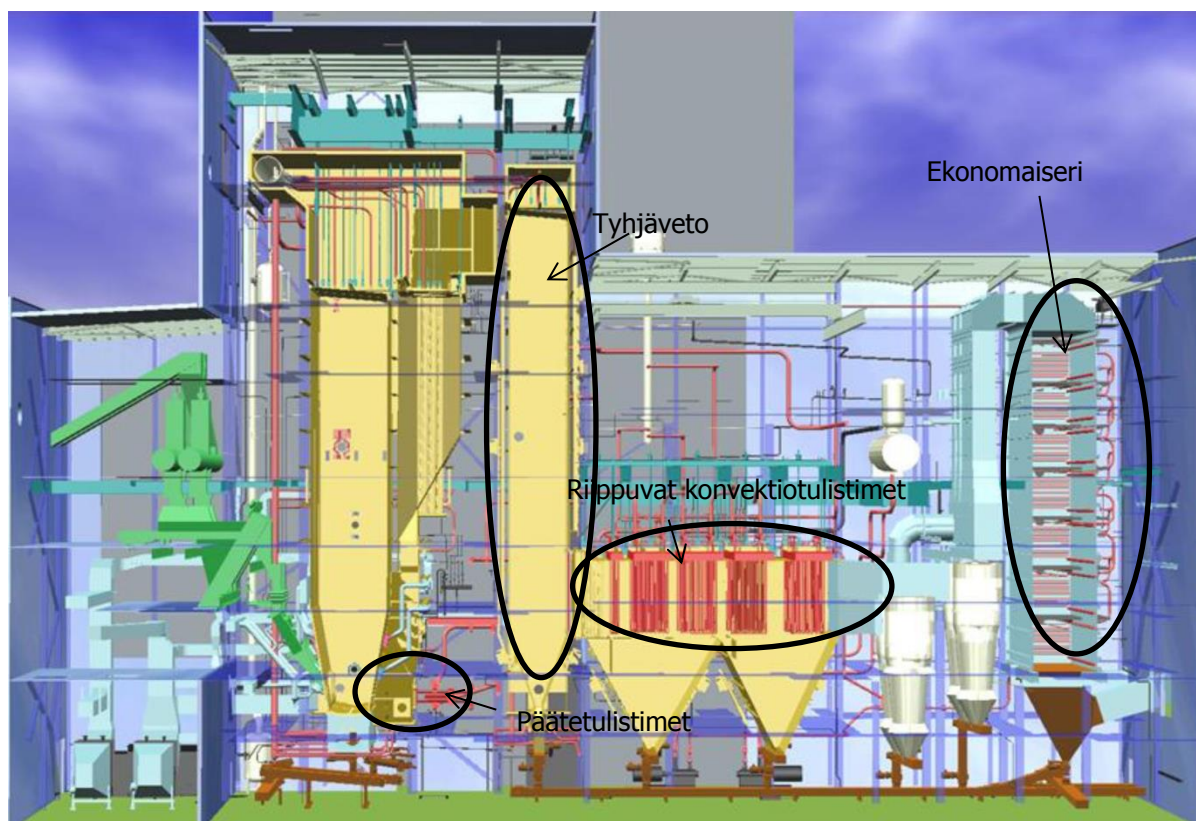
Andritzin tyypillisessä kierrätyspolttoainetta käyttävässä kiertoleijukattilassa konvektiotulistimet on sijoitettu roikkuvina kattoon. Savukaasujen lämpötila on ensimmäisellä tulistinpaketilla n. 650 °C. Ensimmäiseen tulistinpakettiin tulee kylmin lämmitykseen tuleva höyry sisään, toiseen seuraavaksi kylmin jne. Nuohoimina käytetään Andritzin kehittämää erikoismallista vasaranuohoustekniikkaa. Tulistin voidaan puhdistaa useasti ja sen kesto paranee. Tuhka tarttuu tiukasti kiinni myös ekonomaiseriin ja yleensä sen poistamiseen käytetään kuulanuohointa. Yhdessä kohteessa käytettyä ultraääninuohoimesta on myös hyvä kokemus. (Hofer 19-06-2013.)

[REDACTED]

[REDACTED] (Strömdahl 26-6-2013.)

Foster Wheelerin mukaan kierrätyspolttoaineita käyttävät voimalaitosten tulistimet suunnitellaan niin, että ne joutuvat mahdollisimman vähän alttiiksi kaikkein kuumimmille ja korrosoivimmille savukaasuille. Kuvassa 11 on Foster Wheelerin jätteenpolttoon suunniteltu voimalaitos Italiassa, jossa höyrylämpötilat ovat korkeita: 443 °C / 63 bar. Kuvan 11 referenssilaitoksesta on lisätietoa sivulla 42. Tällaisessa voimalaitoksessa jätetään takavetoon tyhjäveto, jossa savukaasujen lämpötilat laskevat n. 600 °C. Konvektiotulistimet sijoitetaan tyhjävedon jälkeen. Tyhjäveto puhdistetaan vesitykeillä. (Matilainen 2013, 21.)

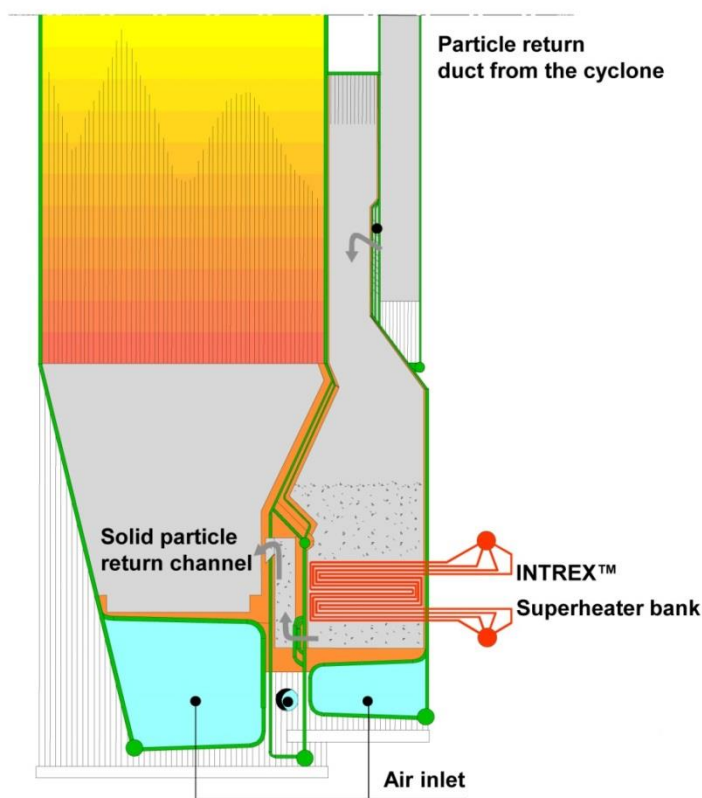
Foster Wheeler sijoittaa jätteenpolttoon tarkoitetun voimalaitoksen konvektiotulistimet riippuvina (KUVA 11). Riippuvat tulistimet puhdistetaan esim. vasaranuohoimien avulla. Puhdistuksen on oltava jatkuvaa. Jos lika jää lämmönsiirtopinnoille, se kiinteytyy ja kovettuu eikä lähde pois. Primäärikeritymät on saatava lämmönsiirtopinnoilta heti pois. Puhdistamiseen käytettävät jousivasarat ovat Foster Wheelerin pitkäaikaisen tuotekehityksen tulos, jolla on jo 30 vuoden perinteet. Vasaranuohointen iskuvoima mitoitetaan niin, että lämmönsiirtimen rakenteet kestävät iskun. Foster Wheeler ei suosi tällaisissa tulistimissa höyrynuohoimia. Tulistimet puhdistuvat hyvin vasaranuohoimilla ja höyrynuohous tuo ylimääräistä kosteutta prosessiin sekä vähentää tuorehöyryn määrää. Höyryn lämpötila konvektiotulistimien jälkeen on tyypillisesti n. 380 °C [REDACTED]. Tulistimien vaihto on tehty mahdollisimman helpoksi ja nopeaksi. (Matilainen 29-06-2013, Sarkki 29-06-2013.)



KUVA 11. Lomellina II, Foster Wheeler. Jätteenpolttoon suunnitellun kiertoileijukattilan erityispiirteitä lämmönsiirtopintojen sijoittelussa. (Matilainen 2013, 15.)

Päätetulistimet

Foster Wheelerin suunnitelmissa päätetulistin (Foster Wheelerin tuotemerkki "Intrex") sijoitetaan pe-
tihiekkaan (KUVA 12) takavedon sijaan, jotta vältetään putkien sijoittaminen kuumimpiin ja kor-
rosoivimpiin savukaasuihin. Päätetulistimien avulla saavutetaan parempi lämmönsiirtyminen kuin
konvektiotulistimen avulla, mikä tarkoittaa myös pienempää tilantarvetta. (Matilainen 2013, 15.)
Foster Wheelerin korrosoivia kierrätyspolttoaineita käyttävän kattilan päätetulistimiin suunnitellaan
harva putkijako, mikä mahdollistaa lämmön siirtymisen tulistimen likaantuessakin. Äkillisiä polttoai-
nevaihteluita tasataan pienessä määrin tulistimella. [REDACTED]
[REDACTED] (Matilainen 29-06-2013.)

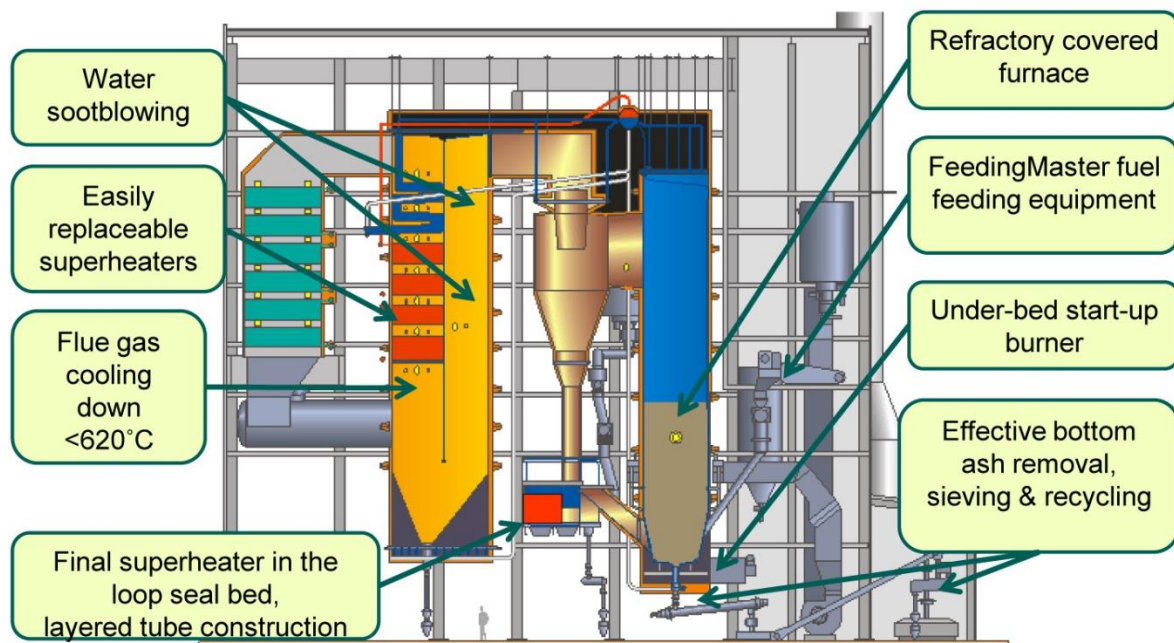


KUVA 12. Foster Wheelerin päätetulistin on sijoitettu kattilasta syklonin kautta palaavaan hiekkape-
ttiin. (Matilainen 2013, 20.)

Kuvassa 13 näkyy Metson päätetulistimien (Metson tuotemerkki "FBHE") sijoittelu [REDACTED]



(Strömdahl 26-6-2013.)



KUVA 13. CYMIC-kiertoleijukattila kierrätyspolttoainekäyttöön. (Metso General Presentation 25062013, 2013, 4.)

3.3.3 Savukaasukanavan korrosio

Foster Wheelerin kierrätyspolttoaineelle suunnitellussa leijupetikattilassa tyhjäveto on vesijäähdytetty. Käännekohtassa, missä on eniten pyörteitä, on päällehitsattu Inconel-pinnoite. Tämä vähentää eroosiota ja siten myös korroosiota. (Matilainen 29-06-2013.)



(Strömdahl 26-6-2013.)

3.4 Tuhka

Kierrätyspolttoaineet sisältävät yleensä tuhkaa enemmän kuin esim. turve tai puu. (Vesanto, Hiltunen & al. 2007, 49). Tuhkat ovat jätelainsäädännön mukaisesti jätettä. Niiden edelleen sijoittaminen ja hyödyntäminen edellyttävät jäte- ja ympäristölupaa. Kierrätyspolttoaineiden tuhkat luokitellaan tuhkan laadun ja syntyvän perusteella joko tavanomaiseksi tai ongelmajätteeksi. Tuhkan tuottajalla on oltava tiedot tuhkan alkuperästä, jäteluokituksesta ja sijoituskelpoisuudesta. Tuhkan syttyvyys, syövyttävyyys, hapettavuus, reaktiivisuus ja myrkyllisyys on huomioitava sen loppusijoituksessa.

Tuhkan ominaisuudet tutkitaan laitoskohtaisesti edustavista tuhkanäytteistä. (Vesanto, Hiltunen & al. 2007, 48.)

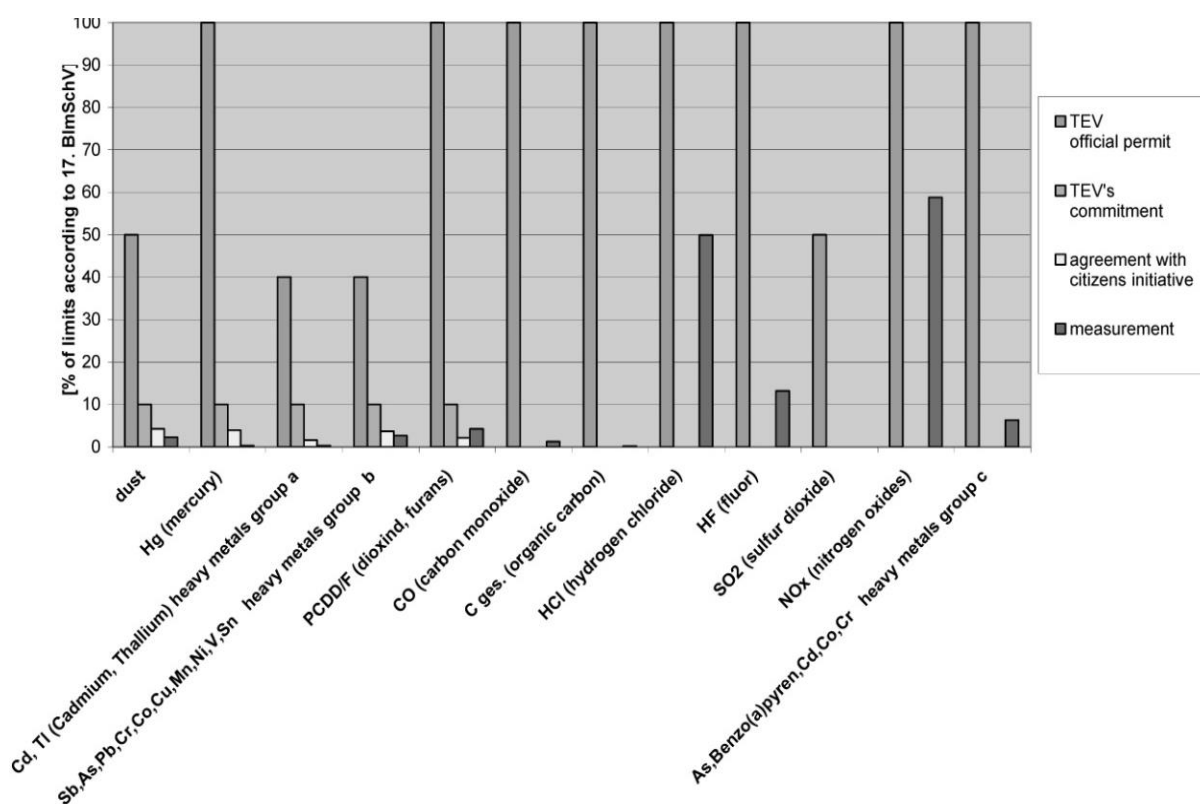
Andritzin mukaan pohja- ja lentotuhkan osuus kierrätyspolttoainetta käyttävässä kiertoleijukattilassa on karkeasti jaotellen n. 50 %/ 50 %. (Hofer 19-06-2013.)

3.5 Savukaasut

Metson mukaan jätteenpolttolaitosten savukaasut ovat normaalein suodatuksin puhdistettavissa. Yhdyskuntasekäjäte on savukaasujen näkökulmasta kokonaisuudessaan homogeenista. Sen koostumuksessa ei ole suuria huippuja kuten esim. jollain tehdasjätteellä voi olla. (Strömdahl 26-6-2013.)

Andritzin toimittama voimalaitos TEV Neumünster Saksassa käyttää polttoaineenaan kotitalousjätteestä valmistettua RDF-polttainetta. Sen savukaasupäästöjä on seurattu tarkasti sen käyttöönotto vuodesta 2005 alkaen. Voimalaitos on sopinut kaupungin edustajien kanssa valtion asettamia rajoituksia tiukemmat päästörajoitukset (TAULUKKO 10). (Gerdes 2008.)

TAULUKKO 10. TEV Neumünster voimalaitoksen savukaasujen seuranta vuonna 2007. Se on täyttänyt päästöissä reilusti vaatimukset. Virallisia vaatimuksia tiukemmat rajoitukset on tehty kaupungin edustajien kanssa. (Gerdes 2008.)



3.6 Huolto ja ylläpito

Andritzin mukaan Riikinvoima Oy:n tyyppinen kierrätyspolttainetta polttava voimalaitos huolletaan suunnitellusti 2 krt/vuosi. Ensimmäisessä seisokissa tarkistetaan kattilan kunto ja puhdistetaan se.

Seisokin pituus on yksi viikko. Toinen seisokki on ennen lämmityskautta, jolloin tehdään kattilan perushuoltoa. Seisokin pituus on kaksi viikkoa. Suunniteltuja huoltoseisokkeja on siis kolme viikkoa/vuosi. (Hofer 19-06-2013.)

Metson mukaan Riikinvoima Oy:n tyyppinen kierrätyspolttoainetta polttava voimalaitos huolletaan suunnitellusti 2 krt/vuosi. Lyhyemmän seisokin aikana tehdään visuaalinen tarkastus ja suunnitellaan tulevaa isompaa huoltoa. Toinen seisokki on pidempi ja siihen suunnitellaan isommat huoltotyöt. (Strömdahl 26-6-2013.)

3.7 Kierrätyspolttoainetta käytäviä leijukattiloita Euroopassa (referenssilaitoksia)

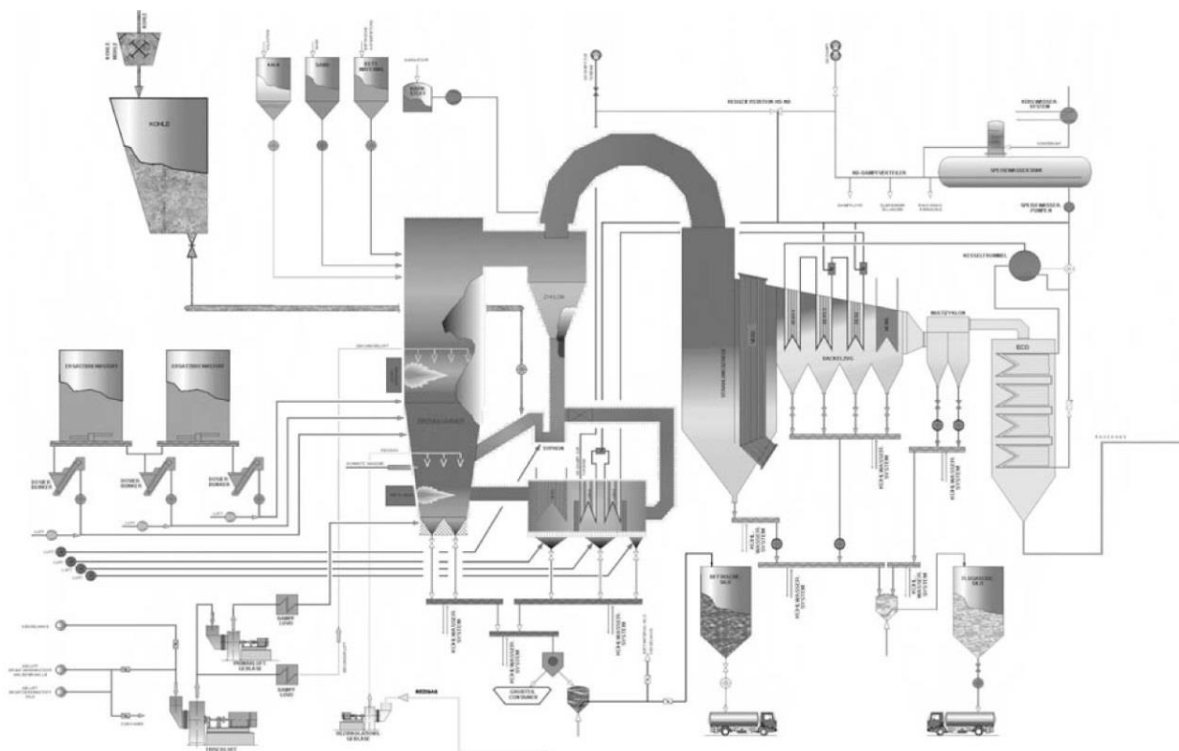
TEV Neumünster, Saksa (Andritz)

- käyttöönotto vuonna 2005
- 75 MW, 66 bar, 470 °C
- polttoaine pääosin kotitalouksien kotitalousjätettä 180 000 t /vuosi
- noin 20 % polttoaineesta teollisuusjätteiden käsittelylaitoksista
- polttoaineeksi mahdollisia myös hiili, kevyt polttoöljy ja maakaasu
- polttoaineen lämpöarvo välillä 10–30 MJ/kg
- jätteen käsittely polttokelpoiseksi voimalaitoksessa
- polttoaineen palakoko 80–120 mm
- konvektiotulistimet riippuvina tyhjavedon jälkeen, materiaali 16Mo3
- tulistimien puhdistus vasaranuhoimilla ja lisänuhoimilla
- päätetulistin petihiekassa
- palokaasut yli 2 s 850 °C lämpötilassa
- petilämpötilan laskiessa alle 850 °C kierrätyspolttoaineen syöttö keskeytyy välittömästi
- tuhkan erotteluun 4-osainen sykloni, tuhka erotellaan lentotuhkasta.
- monikanavaisten syklonien jälkeen ekonomaiseri, joka puhdistetaan jatkuvatoimisella kuu-
lanuhoimella

Kokemuksia voimalaitoksen käytöstä:

- HCl aiheuttanut nopeasti näkyvää kulumaa takavedossa, nuhoimissa sekä tulistinputkissa seinien ohenemaa
- konvektiotulistimien käyttöikä voimakkaan kloorikorroosion ja materiaalikestävyyden takia n. 1,5 vuotta, vaihdettu tulistimet materiaaliin 10CrMo910, tulistimien nopea vaihtamismahdollisuus tärkeää
- polttoainekuljettimien kanssa aluksi ongelmia, tehty komponenttimuutoksia ja parannettu polttoaineen käsittelyä, tärkeää jatkuva puhdistus ja huolto
- tuhkanerottelusykloneissa tulipalo käyttöönottovuonna polttoaineen sisältämän suuren alumiinisäällön takia, myös korkea HCl-pitoisuus savukaasussa saattoi edesauttaa tulen syttymistä
- polttoaineen sisältämä suuri lasipitoisuus yhdistettynä muihin polttoaineen elementteihin aiheutti petimateriaalin sintraantumista

- pysytty reilusti päästörajojen alapuolella, leijupolttotekniikka polttaa savukaasut mahdollisimman pitkälle
 - o CO- ja hiili-päästöt hyvin matalat
 - o urean syöttö jälkipoltto-osioon alentanut NOx päästöjä
 - o muiden päästöjen SO₂, HCl, raskasmetallit, dioksiinit savukaasupuhdistusten kautta
- ekonomaiserin putkistossa kulumista puhdistamisesta
(Gerdes 2008, 1-5.)



KUVA 14. Andritz TEV Neumünster voimalaitos Saksassa. (Gerdes 2008.)

Lenzing, Itävalta (Andritz)

- käyttöönotto vuonna 1998
- 80 bar, 500 °C
- polttoaineena RDF, muovi, hiili, liete, lämpöarvo 6-31 MJ/kg
- 10 jätetyksikköä, 1,8 milj. t/vuosi
- ensimmäinen Andritzin jätteiden polttoon tarkoitettu kierto-leijutekniikalla toimiva voimalaitos
- suurin RDF-polttoainetta käyttävä kierto-leijukattila käyttöön otettaessa

(Hofer 19-06-2013.)

Lomellina I, Parona, Italia (Foster Wheeler)

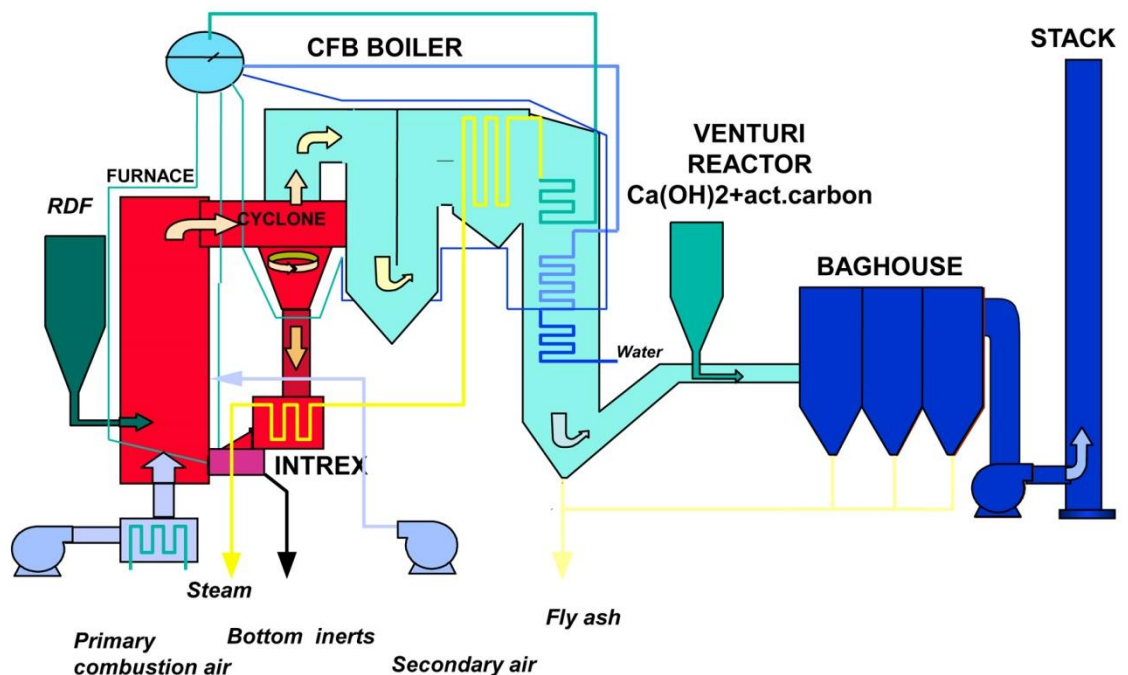
Perustiedot:

- käyttöönotto vuonna 2000
- 59 MW, 63 bar, 443 °C

- polttoaine lämpöarvo 12,77 MJ/kg, 19 t/ h RDF
- sähköntuotanto
- kattilatekniikka kiertoleijukattila CFB
- omana tuotantona kotitalousjätteestä valmistettu kierrätyspolttoaine RDF sekä tuotua teollisuusjätettä, kotitalousjätteen määrä 200 000 t/vuosi.
- RDF raja-arvot
 - o lämpöarvo 10,5–16,7 MJ/kg
 - o kosteus 20–35%
 - o tuhka 3,7–17,3 %
 - o kloori (Cl) 0,7 % (max.1,0 %)
 - o rikki (S) 0,1 % (max. 0,25 %)
 - o palakoko <91mm

Kokemuksia voimalaitoksen käytöstä :

- polttoaineen syöttö tasainen, luotettava
- tasainen poltto
- yksinkertainen savukaasunpuhdistus, matalat päästöt
- päätetulistin vaihdettu 16–20 kk jälkeen
- tyhjäviedossa eroosiota ja korroosiota (Matilainen 2006, 2-11.)
- vasaranuhoimet toimineet hyvin
- tyhjäviedon pinnoitteelle ei ole tehty mitään, alkuperäinen päällehitsaus on kestänyt (Matilainen 29-06-2013, Sarkki 29-06-2013.)



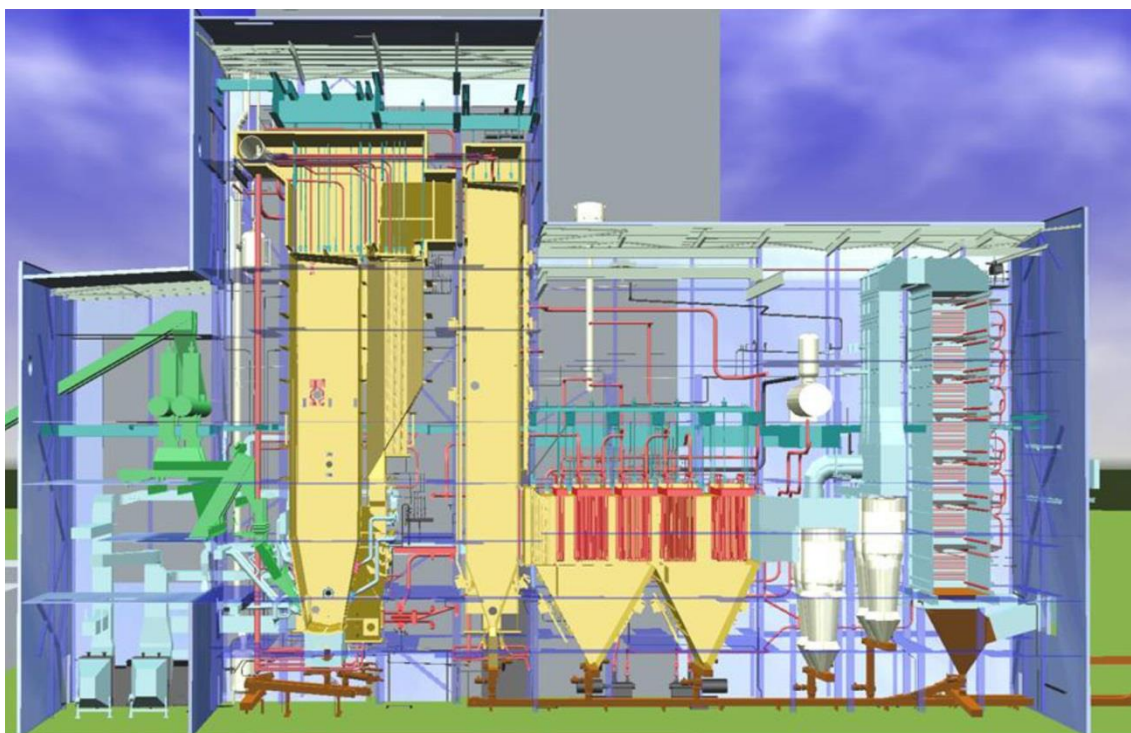
KUVA 15. Jätteitä polttava kiertoleijukattila Lomellina I, Foster Wheeler Oy. (Matilainen 2006, 9.)

Lomellina II, Parona, Italia (Foster Wheeler)

Perustiedot:

- käyttöönotto vuonna 2007
- kehitetty versio Lomellina I laitoksesta
 - päätetulistimet eivät yhtä alttiita kloorikorroosiolle kuin savukaasussa olevat tulistimet, nopea vaihtomahdollisuus
 - tyhjävedossa savukaasujen lämpötilan alentaminen 600 °C
 - tyhjäviedon puhdistus vesitykein
 - roikkuvat konvektiotulistimet puhdistetaan vasaranuhoimin, höyryn lämpötila rajattu max 380 °C, matala savukaasunopeus, n. 5 m/s

(Matilainen 2006, 2-11.)



KUVA 16. Lomellina II, Foster Wheeler Oy. (Matilainen 2006, 15.)

Norrköping, Ruotsi (Foster Wheeler)

- austeniittiset tulistimet, kestäneet hyvin, olleet käytössä 3 vuotta, ei ohentumia tai muutoksia käytössä, [REDACTED]
- ei ongelmia tulistimien likaantumisessa
- tyhjäviedossa iskuvasarapuhdistus, vesitykkeitä ei ole käytetty koska ei ole ollut tarpeen
- tyhjäviedossa Inconel-pinnoite, ei raportoitu eroosiota tai korroosiota pinnoitteen loppumiskohdassa
- vuoden kuluessa metallikertymiä päätetulistimissa, myöhemmin, ½ - vuotistarkastuksessa ei merkittävää huonontumista
- iskuvasarapuhdistus käytössä, ei ongelmia

(Matilainen 29-06-2013, Sarkki 29-06-2013.)

Norrköping, Sydkraft Östvärme, Ruotsi (Metso)

Perustiedot:

- käyttöönotto vuonna 2002
 - 75 MW, 65 bar, 470 °C
 - polttoaineena kotitalouksien sekajäte, kierrätyspuu, jätevesiliete
 - polttoaineen lämpöarvo saapumistilassa 6-25 MJ/kg ja kosteus 5-60 %, jätepolttoaineen lämpöarvo vaihteluväli 10–16 MJ/kg ja kosteuden vaihteluväli 15–40% (Andersson & al. 2002, 216, 225)
 - jätepolttoaineen käsittely (Andersson & al. 2002, 219):
 - saapuva jäte kumotaan jätebunkkeriin, johon mahtuu 4 päivän kattilakuorman verran jätettä
 - jäte revitään ja kuljetetaan kuljettimilla vasaramurskaimille
 - metallit erotellaan magneettierottimien avulla
 - jäte kuljetetaan kattilan yläpuolella oleviin siloihin ja syötetään sieltä kattilaan
 - tulistimet alkuperäiset, kestäneet hyvin
 - joitain takavedon seinämien lämpöpintoja on vaihdettu, Norrköpingissä ei pinnoitteita takavedon katossa tai seinämissä
- (Strömdahl 26-6-2013.)

Meirama, Sogama S.A, Espanja (Metso)

- käyttöönotto vuonna 2000
 - 49 MW, 43 bar, 450 °C
 - polttoaineena RDF, esikäsitelty sekajäte
 - toiminnan alussa suurikokoiset polttoainepalat tukkivat sekä jätteensyöttö- että tuhkanpoistojärjestelmiä, jätteiden käsittelyjärjestelmiä parannettiin
 - savukaasupäästöt reilusti EU:n asettamien päästörajojen alapuolella, pohjatuhkassa erittäin vähän palamatonta hiiltä, mikä kertoo kattilan hyvästä poltosta.
- (Andersson & al. 2002, 216, 227, 229–230.)

[REDACTED]

[REDACTED]

(Strömdahl 26-6-2013)

Stora Enso Langerbrugge, Belgia (Metso)

- käyttöönotto vuonna 2010
- 125 MW, 60 bar, 475 °C
- polttoaineena RDF, käsittelemätön ja käsitelty puu, hiili, kaasu
- [REDACTED]
- voimalaitoksella ajateltu, että höyryn lämpötila olisi kannattanut asettaa korkeammaksi
- päätetulistimet tehty uudella hiekkalukkotekniikalla

[REDACTED]

[REDACTED]

(Strömdahl 26-6-2013.)

4 JOENSUUN ALUEEN SEKAJÄTTEEN LAJITTELU- JA ALKUAINETUTKIMUS

4.1 Lajittelututkimukset Joensuun alueella

Jotta tiedettäisiin tulevan Riikinvoiman voimalaitoksen polttoaineen koostumuksesta enemmän, Puhas Oy teki kotitalouksien sekajätteen lajittelututkimuksen toiminta-alueellaan (Joensuu, Ilomantsi, Kontiolahti, Liperi ja Polvijärvi) 18.6 - 29.8.2013 (TAULUKKO 11). Puhas Oy:n projektipäällikkö Krista Mikkonen (2013) on tehnyt lajittelututkimuksesta raportin, jossa on kuvattu tutkimuksen yksityiskohdat ja tulokset. Lajittelututkimukset tehtiin näytteille 1-12. Kaikista toiminta-alueen kunnista otettiin kaksi näytettä erityyppisistä jätteenkeräyspisteistä. Jäteastioista otetut näytteet sisälsivät kotitalouksien jätteen lisäksi myös yritysten sekajätettä. Näytteet 11–12 otettiin uusintana Joensuun kaupungin alueelta varmistamaan ensimmäisen näytteenottokierroksen tulokset. Näytteet 13–14 otettiin antamaan kuvaa kierrätyspuun koostumuksesta. Näistä kahdesta näytteestä ei tehty lajittelututkimusta.

TAULUKKO 11. Puhas Oy:n kotitalouksien sekajätteen lajittelututkimus 2013 (Mikkonen 2013).

Näyte	pvm	Näytteen koko kg	Kunta	Alkuperä
1	18.6.	216 kg	Ilomantsi	jäteastiat, sisältää jätettä asunnoista, julkisilta toimijoilta ja yrityksiltä
2	19.6.	171 kg	Ilomantsi	aluekeräyspisteet
3	25.6.	103 kg	Joensuu	omakotitalojen jäteastioita keskustasta
4	26.6.	139 kg	Joensuu	kerrostalojen jäteastioita keskustasta
5	1.7.	108 kg	Polvijärvi	koko kunnan alueen jäteastiat, sisältää jätettä asunnoista, julkisilta toimijoilta ja yrityksiltä
6	2.7.	94 kg	Polvijärvi	aluekeräyspisteiden jätteitä
7	3.7.	82 kg	Kontiolahti	jäteastiat taajama-alueelta Lehmosta, omakotitaloja ja rivitaloja
8	4.7.	75 kg	Liperi	jäteastiat taajama-alueelta Ylämyllyltä, omakotitaloja ja rivitaloja
9	8.7.	75 kg	Liperi	jäteastiat Rummakon haja-asutusalueelta
10	11.7.	92 kg	Kontiolahti	jäteastiat haja-asutusalueelta Varparannan alueelta
11	20.8	95 kg	Joensuu	omakotitalojen sekajäte
12	21.8.	142 kg	Joensuu	asunto-osakeyhtiöiden talousjäte
13	22.8.		Joensuu	rakennusjäte omakotialueilta
14	29.8.		Joensuu	rakennusjäte omakotialueilta

Lajittelututkimuksen kuvaus

Jätekeskuksessa jätekuormat kipattiin erikseen ennalta määrättyyn paikkaan. Kuormat kuvattiin ja tehtiin sanallinen yleiskuvaus. Jätteen laatua arvioitiin silmämääräisesti ja kirjattiin erityisesti huomioitava suurikokoinen jätejake, esim. renkaat. Kuormasta poimittiin lajitteluerä kahteen 660 l jäteastiaan.

Kahdesta viiteen henkilöä (Puhas Oy:n henkilökuntaa) lajitteli jätteet käsin hallissa. Jäteastioista nostettiin jätetuppeja suojatulle pöydälle. Pussit avattiin ja lajiteltiin. Jätteet lajiteltiin 16 jättejakeeseen (LIITE 2. Jättejakeiden esittely). Lajittelu tehtiin sen mukaan, millainen jäte oli ollut syntypaikal-

la. Esim. kartonki- ja paperijäte olisi ollut syntypaikkalajiteltuna hyötyjätteeseen sopivaa, vaikka se lajitteluhetkellä oli jo märkää. Pakkauksissa tai pusseissa oleva biojäte purettiin pakkauksesta ja lajittiin biojätteeseen. Biojätteen pakkausmateriaali lajiteltiin myös oikeaan jättejakeeseen. Liitteen (LIITE 2. Jättejakeiden esittely) mukaista lajittelua jatkettiin vielä lajittelemalla jae ”15. Oikea kaatopaikkajäte” lisäjakeisiin: kengät, imuripussit, alumiinifoliot, posliini, tupakantumpit, kumi ja lajittelusta yli jäänyt tunnistamaton aines. (Mikkonen 2013, 3, 8.)

Jätteiden lajittelijoilla oli suojahaalarit, hengityssuojaimet ja viiltosuojatut suojakäsineet, joiden alla oli kosteudelta suojaavat ohuet muoviset suojakäsineet. Pusseja avattiin puukon avulla ja pienen harran ja lapion avulla jätettä levitettiin pois pussista. Lajittelu tehtiin pääosin käsin. Lajitellut jättejakeet lajiteltiin jätessäkillä vuorattuun 240 l jäteastiaan. Lajittelun päätyttyä punnittiin eri jakeiden painot (TAULUKKO 11). (Mikkonen 2013, 4.)

Taulukossa 12 on esitetty lajittelututkimuksen tulokset. Taulukossa on lisäksi eritelty hyötyjätteen osuus ja keräyspisteeseen vietävän jätteen osuus. Tämä kertoo siitä, kuinka paljon kaatopaikalle joutuvasta jätteestä on väärin lajiteltu eikä kuuluisi sekajätteen joukkoon. Väärin lajitellussa jätteessä biojätteen suuri osuus lisää jätteen kosteuspitoisuutta sekä sähkö- ja elektroniikkaromu lisää raskasmetallien osuutta sekajätteessä. Lajittelututkimuksen näytteiden määrä ei ole niin suuri, että voitaisiin katsoa tulosten olevan kattavia, mutta niistä voidaan kuitenkin karkeasti arvioida sekajätteen sisältöä Puhas Oy:n toiminta-alueella. Lajittelututkimuksen tulokset ovat kokonaisuudessaan liitteesä 3.

TAULUKKO 12. Puhas Oy:n toiminta-alueella tehdyn lajittelututkimuksen tulokset (Mikkonen 2013, 6). Tulokset kokonaisuudessaan löytyvät liitteestä 3.

	Ilomantsi		Joensuu, keskusta		Polvijärvi		Kontiolahti		Liperi	
	astiat	akp	okt	aso	astiat	akp	taajama	haja	taajama	haja
1. Biojäte (pakattu avattu)	19 %	17 %	24 %	32 %	21 %	19 %	31 %	24 %	29 %	24 %
2. Keräyspaperi	7 %	7 %	7 %	3 %	3 %	5 %	5 %	8 %	3 %	1 %
3. Keräyskartonki ja -pahvi	9 %	9 %	8 %	9 %	11 %	7 %	8 %	10 %	12 %	9 %
4. Muovienergiajäte	19 %	15 %	20 %	16 %	22 %	28 %	22 %	22 %	21 %	22 %
5. Muu energiajäte	2 %	2 %	4 %	2 %	2 %	6 %	6 %	5 %	6 %	4 %
6. Lasi	2 %	3 %	4 %	4 %	3 %	4 %	3 %	3 %	3 %	3 %
7. Metalli	2 %	2 %	4 %	3 %	2 %	5 %	1 %	3 %	1 %	2 %
8. Puu	1 %	3 %	4 %	1 %	0 %	3 %	0 %	3 %	3 %	3 %
9. Risut	1 %	0 %	1 %	1 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0,3 %	0 %
10. Haravointijäte	0 %	0 %	6 %	0 %	8 %	0 %	4 %	0 %	0 %	0 %
11. Sähkölaitteet, SER	0 %	1 %	3 %	6 %	0 %	1 %	1 %	0 %	0 %	2 %
12. Vaaralliset jätteet	1 %	5 %	1 %	2 %	1 %	3 %	3 %	3 %	4 %	8 %
13. Vaipat ja kuukautissuojat	9 %	2 %	2 %	3 %	12 %	2 %	4 %	9 %	12 %	9 %
14. Tekstiilit ja vaatteet	4 %	8 %	3 %	8 %	11 %	5 %	5 %	3 %	2 %	4 %
15. Oikea kaatopaikkajäte	22 %	27 %	8 %	8 %	2 %	5 %	4 %	3 %	1 %	5 %
16. Ei-poltettavat ja tunnistamattomat muovit	1 %	0 %	0 %	2 %	1 %	4 %	2 %	3 %	1 %	3 %
<i>Renkaat, kpl</i>	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>2</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
<i>Suuret kappaleet (yli 80 cm), kpl</i>	<i>10</i>	<i>15</i>	<i>0</i>	<i>2</i>	<i>2</i>	<i>1</i>	<i>0</i>	<i>4</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Hyötyjäte yhteensä ¹	40 %	41 %	58 %	53 %	48 %	43 %	52 %	51 %	51 %	42 %
Keräyspisteille vietävä jäte ²	21 %	27 %	27 %	27 %	20%	25 %	21 %	27 %	23 %	25 %

¹ bio, paperi, pahvi, lasi, metalli, puu, risut, haravointijäte ² paperi, pahvi, lasi, metalli, SER, vaaralliset jätteet

Lajittelututkimuksen tuloksesta voidaan nähdä, että annettuja lajitteluohjeita noudatetaan huonosti. Puhas Oy:n toiminta-alueella annettuja yhdyskuntajätteen sisältöä ja lajittelua ei monilta osin noudateta (Puhas Oy:n toiminta-alueen jätteiden sisältö ja lajitteluohjeet s. 11). Jos ohjeita noudatettaisiin, sekajäte ei sisältäisi lajittelututkimuksessa löydettyjä puutarhajätteitä, sähkö- ja elektroniikkaromua, ajoneuvojen renkaita, kierrätyskelpoista paperia, kartonkia, lasia, metalleja ja biojätettä. Nämä tulisi ohjeistuksen mukaan lajitella ja toimittaa erillään sekajätteestä. Taulukossa on eritelty omille riveilleen hyötyjätteet ja keräyspisteille vietävät jätteet. Näiden ei tulisi olla sekajätteen joukossa.

4.2 Alkuaineanalyysit

Ramboll Oy otti jätteiden lajittelututkimuskuormista edustavat näytteet näytteiden analysointia varten. Näytteenottaja tuli paikalle ennen jätekuorman lajittelua. Näytteet otettiin taulukon 11 mukaisista 14 jäte-erästä. Rakennusjätenäytteistä 13 ja 14 tehtiin suppeammat analyysit. Ramboll Oy teki

standardien mukaiset analyysit, joiden perusteella saatiin tietoa jäte-erien sisältämistä alkuaineista, lämpöarvoista ja raskasmetallipitoisuuksista. Analyysien kaikki tulokset löytyvät liitteestä 4.

Riikinvoima Oy on antanut voimalaitoksen suunnittelun pohjaksi raja-arvoja polttoaineen sisältämille alkuaineille. Voimalaitostoitimitat ovat käyttäneet taulukon 13 arvoja suunnittelun pohjana.

TAULUKKO 13. Riikinvoima Oy:n antamat polttoaineen raja-arvot (m- % kuiva-aineesta, mg/kg kuiva-aineesta) kattilatoimittajille.

		Average	Minimum	Maximum
H ₂ O	wt-%	30,00	17,00	36,00
Ash	wt-% (ds)	25,00	13,30	35,20
C	wt-% (ds)	40,40	27,00	60,60
H	wt-% (ds)	5,30	3,50	7,90
S	wt-% (ds)	0,30	0,10	0,40
N	wt-% (ds)	1,00	0,70	1,50
O	wt-% (ds)	27,00	18,00	40,50
Cl	wt-% (ds)	0,90	0,10	1,30
F	wt-% (ds)	0,01	0	0,02
Br	wt-% (ds)	0,004	0	0,008
Na + K	wt-% (ds)	0,90	0,10	2,00
Al	wt-% (ds)	1,00	0,10	2,00
Sum	wt-% (ds)	100	100	100
LHV	MJ/kg	10,50	8,00	15,00

		Average	Maximum
Sb	mg/kg (ds)	20	50
As	mg/kg (ds)	4	20
Cd	mg/kg (ds)	2	6
Cr	mg/kg (ds)	70	200
Co	mg/kg (ds)	15	80
Cu	mg/kg (ds)	30	1300
Pb	mg/kg (ds)	40	300
Mn	mg/kg (ds)	100	200
Hg	mg/kg (ds)	0,1	0,7
Ni	mg/kg (ds)	20	130
Tl	mg/kg (ds)	1	2
Sn	mg/kg (ds)	10	50
V	mg/kg (ds)	5	20
Zn	mg/kg (ds)	100	1300

Taulukkoon 14 on koottu ne arvot/alkuaineet, joille on annettu raja-arvoja joko Riikinvoima Oy:n spesifikaatioissa (TAULUKKO 13) tai kierrätyspolttoaineiden standardissa SFS 15359 (raja-arvot taulukossa 5 sivulla 19). Taulukkoon 14 on merkitty punaisella ne arvot, jotka ylittävät annetut raja-arvot. Näytteidenottoaikat 1-14 on lueteltu taulukossa 11 s. 45. Näytteet 13 ja 14 ovat muista poikkeavia siinä, että ne sisältävät ainoastaan rakennusjätettä, eikä niistä ole tehty alkuaineanalyyssejä. Sekajätteen polttokelpoisuutta arvioitaessa on jätetty pois Riikinvoima Oy:n spesifikaatioiden alarajat mm. kosteudelta, tuhkalta ja kloorilta. Nämä alarajat eivät ole tarpeen polttokelpoisuutta määritettäessä. Taulukoissa 15-24 tarkastellaan yksityiskohtaisesti taulukon 14 rivien raja-arvoja ja tuloksia.

TAULUKKO 14. Puhas Oy:n toiminta-alueella tehdyn lajittelututkimuksen alkuaineanalyysien tulokset. Punaisella merkittyjen rivien arvot ylittävät Riikinvoima Oy:n tai standardin SFS 15359 raja-arvot. Standardiluokitusrivien luokittelunumero määrittelee polttoaineen ominaisuuksia SFS 15359 mukaisesti. Luokka 1 on paras ja luokka 5 huonoin.

	yksikkö	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Kosteus, kokonais- (kierrätyspolttoaine)	m-%	45,7	51,2	56,9	53,6	39,3	35,6	28,6	29,2	36,6	32,7	52,9	58,2	12,2	3,3
Tuhka 550C, vedetön	m-%	6,3	8	16,2	17,2	14,1	21,3	24,6	14,4	24,3	18,2	24	20	81,7	86,6
Hiili, C vedetön	m-%	49,5	49,5	48,6	41,7	48,2	44,8	46,2	49,5	48,6	48,2	43,2	41,4	12,9	6,9
Typpi, N vedetön	m-%	0,79	1,6	1	1,5	0,98	1,5	1,1	1,2	1,3	1,5	1,4	1,3		
Bromidi, Br, vedetön	m-%	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,0059	<0,005	<0,005	<0,005		
Fluoridi, F, vedetön	m-%	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,014	<0,005		
Kloridi Cl, vedetön	m-%	0,55	0,16	0,51	0,99	1,3	1,2	0,71	1,7	0,2	0,54	0,41	0,12		
Standardiluokitus		3	1	2	3	4	4	3	5	1	2	2	1		
Rikki S vedetön	m-%	0,068	0,15	0,17	0,12	0,078	0,19	0,13	0,11	0,089	0,11	0,25	0,12		
Tehollinen lämpöarvo	MJ/kg	10,08	9,14	6,92	6,37	10,92	11,01	12,6	12,83	12,37	12,35	6,88	4,93		
Standardiluokitus		4	5	5	5	4	4	4	4	4	4	5	5		
Alumiini Al, metalliner	m-% ka	1,8	0,67	2	1,4	1,9	0,017	1,1	2	4,1	0,59	1,3	0,51		
Elohopea Hg	mg/kg ka	<0,1	0,24	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,14	<0,1	<0,1	<0,1		
Elohopea Hg	mg/MJ ar	0,014	0,040	0,023	0,024	0,013	0,012	0,010	0,010	0,015	0,011	0,022	0,032		
Standardiluokitus		1	3	2	2	1	1	1	1	1	1	2	3		
Kadmium Cd	mg/kg ka	8900	11000	0,5	<0,2	<0,2	0,39	<0,2	<0,2	0,4	<0,2	0,34	<0,20		
Lyijy Pb	mg/kg ka	65	49	1,6	5,7	5,6	95	6,9	4,3	4	3,8	4,4	4		
Sinkki Zn	mg/kg ka	50	71	38	83	54	76	62	68	39	44	420	22		

Kosteus ja tehollinen lämpöarvo

TAULUKKO 15. Kosteus ja tehollinen lämpöarvo (m-%, MJ/kg).

	yksikkö	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Kosteus, kokonais- (kierrätyspolttoaine)	m-%	45,7	51,2	56,9	53,6	39,3	35,6	28,6	29,2	36,6	32,7	52,9	58,2	12,2	3,3
Kalorinen lämpöarvo d	MJ/kg	22,17	22,85	20,69	17,83	20,99	19,78	20,07	20,69	22,35	21,01	18,57	16,45		
Tehollinen lämpöarvo d	MJ/kg	20,62	21,29	19,27	16,55	19,57	18,44	18,62	19,13	20,92	19,54	17,34	15,18		
Tehollinen lämpöarvo ar	MJ/kg	10,08	9,14	6,92	6,37	10,92	11,01	12,6	12,83	12,37	12,35	6,88	4,93		
Standardiluokitus		4	5	5	5	4	4	4	4	4	4	5	5		

Näytteiden kosteusarvot ylittävät useissa näytteissä Riikinvoima Oy:n polttoaineelle asettaman maksimi-arvon (kosteus 36 m-%). Suuri kosteus vaikutti myös näytteiden saapumistilaiseen teholliseen lämpöarvoon alentavasti, asetettu minimiarvo (8 MJ/kg).

Erityisesti Joensuun kaupungin alueella tehdyissä alkuaineanalyyseissa (näytteet 3,4 ja uusintänäytteet 11,12) näytteiden kosteus on erittäin korkea, yli 50 m-%. Näytteet on tätä tutkimusta varten otettu kesällä. On todennäköistä, että muina vuodenaikoina otetut näytteet olisivat vielä tätäkin kosteampia. Muualla tehtyjen tutkimusten mukaan biojätteen osuus sekajätteestä on Suomessa n. 26 %. Suuri biojätteen määrä nostaa jätteen kosteutta. Joensuun kaupungin jätteiden osuus on Puhas Oy:n jätemäärästä n. 60%, joten sieltä tulevalla jätteellä on suuri merkitys koko voimalaitokselle tulevan jätteen laadulle. Puhas Oy:n toiminta-alueelta tuleva jätemäärä on n. neljäsosa Riikinvoima Oy:n tulevasta jätteestä. Riikinvoima Oy:lle tuleva jätemäärä on n. 145 000 t/vuosi, Puhas Oy:n sekajätteen määrä on n. 33 000 t/vuosi ja Joensuun kaupungin sekajätteen määrä on n. 21 000 t/vuosi.

Polttoaineen suuri kosteus alentaa polttoaineen saapumistilaista tehollista lämpöarvoa. Joensuun alueen näytteiden keskimääräinen kosteus on 55,4 m- % ja tehollinen lämpöarvo saapumistilassa vain 6,3 MJ/kg. Voimalaitoksen nimellinen polttoaineteho 51 MW saavutetaan jätemäärällä 145 000 t/vuosi (vähentäen käyttötunneista 3 vk huoltokatkokset) polttoaineella, jonka laskennallinen tehollinen lämpöarvo saapumistilassa on 10,4 MJ/kg. Otettujen analyysien mukaan tämä lämpöarvo saavutetaan vielä n. 40 % biojätettä sisältävällä sekajätteellä. Joensuun näytteiden mukaisella polttoaineella ei olisi mahdollista saavuttaa haluttua voimalaitoksen polttoainetehoa. Tämä tarkoittaisi, ettei voimalaitos pystyisi tuottamaan haluttua määrää lämpöä (180 GWh, 33 MW) ja sähköä (91 GWh, 15 MW).

Näytteet 13 ja 14 on otettu rakennusjätteestä omakotialueella Joensuussa. Rakennusjäte polttoaineena ei yksinään täytä kierrätyspolttoaineelle annettuja määräyksiä, mutta soveltuu käytettäväksi sekajätteen joukossa polttoaineena. Jos kierrätyspuussa on pintakäsittelyaineita ja maaleja, voi se sisältää runsaasti haitallisia raskasmetalleja (esim. Zn, Pb).

Haitalliset alkuaineet

TAULUKKO 16. Alumiinipitoisuus (Al, m- %).

	yksikkö	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Alumiini Al, metallinen	m-% ka	1,8	0,67	2	1,4	1,9	0,017	1,1	2	4,1	0,59	1,3	0,51

Alumiinipitoisuus (Al) kuiva-aineessa (metallinen) kertoo alumiinin määrästä polttoaineessa. Riikinvoiman asettama maksimiarvo (2 m- %) ylittyy yhdessä näytteessä. Alumiini sulaa alhaisessa lämpötilassa, tarttuu helposti lämmönsiirtopintoihin ja aiheuttaa ongelmia kattilan toiminnalle. Alumiinia tulee sekajätteen joukkoon mm. alumiinipakkausten muodossa.

TAULUKKO 17. Bromipitoisuus (Br, m- %).

	yksikkö	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Bromidi Br, vedetön	m-%	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,0059	<0,005	<0,005	<0,005

Riikinvoiman asettama maksimipitoisuus bromille (Br) (0,008 m- %) ei ylity yhdessäkään näytteessä. Bromi on liijyn ja sinkin tavoin erittäin korrosoiva alkuaine.

TAULUKKO 18. Kadmiumipitoisuus (Cd, 6 mg/kg ka).

	yksikkö	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Kadmium Cd	mg/kg ka	8900	11000	0,5	<0,2	<0,2	0,39	<0,2	<0,2	0,4	<0,2	0,34	<0,20

Riikinvoiman asettama maksimipitoisuus kadmiumille (Cd) (6 mg/kg ka) ylittyy kahdessa näytteessä. Kadmiumipitoisuuksille on vanhentuneessa kierrätyspolttoainestandardissa SFS 5875 (TAULUKKO 6, s. 20) annettu raja-arvo (alle 5 mg/kg, laatuluokka III). Kadmium aiheuttaa ongelmia savukaasupuhdistuksessa ja tuhkan loppusijoituksessa. Kadmiumia saadaan mm. nahkasta ja kovasta muovista. Erityisen suuret määrät kadmiumia oli Ilomantsin näytteissä (näytteet 1, 2). Lajittelututkimuksesta ei suoraan selviä kadmiumin alkuperää, mutta Ilomantsin näytteille tyypillistä oli suuri "Oikean kaatopaikkajätteen" (jae 15) osuus. Tämä jae sisältää mm. kenkiä, kumi- ja nahkatuotteita, jotka voivat olla kadmiumin lähteitä.

TAULUKKO 19. Klooripitoisuus (Cl, m- %).

	yksikkö	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Kloridi Cl, vedetön	m-%	0,55	0,16	0,51	0,99	1,3	1,2	0,71	1,7	0,2	0,54	0,41	0,12
Standardiluokitus		3	1	2	3	4	4	3	5	1	2	2	1

Kloorin (Cl) määrä on yhdessä näytteessä Riikinvoiman asettaman raja-arvon (1,3 m- %) yläpuolella. Standardin mukaan se on luokkaa 5, joten se on vielä polttokelpoinen, mutta huono polttoaine. Klooriyhdisteet alentavat raskasmetallien sulamislämpötiloja ja liikaavat lämmönsiirtopintoja aiheuttaen korroosiota ja eroosiota.

TAULUKKO 20. Elohopeapitoisuus (Hg, mg/kg ka, mg/MJ).

	yksikkö	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Elohopea Hg	mg/kg ka	<0,1	0,24	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,14	<0,1	<0,1	<0,1
Elohopea Hg	mg/kg ar	0,15	0,36	0,16	0,15	0,14	0,14	0,13	0,13	0,19	0,13	0,15	0,16
Elohopea Hg	mg/MJ ar	0,014	0,040	0,023	0,024	0,013	0,012	0,010	0,010	0,015	0,011	0,022	0,032
Standardiluokitus		1	3	2	2	1	1	1	1	1	1	2	3

Riikinvoiman asettama maksimiraja (0,7 mg/kg ka) elohopeapitoisuudelle (Hg) ei ylitä yhdessäkään näytteessä. Elohopeapitoisuus on standardin SFS 15359 raja-arvon (0,50 mg/MJ) alapuolella kaikissa näytteissä. Standardia varten elohopean määrä on laskettu yksikköön mg/MJ saapumistilaisena. Kaikki näytteet täyttävät standardin vaatimukset olemalla elohopeapitoisuudeltaan luokkaa 1-3.

TAULUKKO 21. Typpipitoisuus (N, m-%).

	yksikkö	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Typpi, N vedetön	m-%	0,79	1,6	1	1,5	0,98	1,5	1,1	1,2	1,3	1,5	1,4	1,3

Typen (N) määrä ylittää Riikinvoiman asettaman raja-arvon (1,5 m- %) yhdessä näytteessä ja kolmessa näytteessä ollaan maksimiarvossa. Suuri typen määrä lisää tarvetta savukaasujen puhdistamiselle, sillä NOx päästöille on annettu raja-arvot, jotka on alitettava.

TAULUKKO 22. Lyijypitoisuus (Pb, mg/kg ka).

	yksikkö	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Lyijy Pb	mg/kg ka	65	49	1,6	5,7	5,6	95	6,9	4,3	4	3,8	4,4	4

Lyijyn määrä vaihtelee eri näytteiden välillä, mutta ei ylitä Riikinvoiman asettamaa maksimi raja-arvoa (max 300 mg/kg ka), yhdessäkään näytteessä ja keskiarvo (keskiarvo 40 mg/kg ka) ylittyy kolmessa näytteessä. Lyijy on leijukattilapoltossa erittäin haitallinen muodostaessaan raskasmetallisuoloja alkalien, rikin ja kloorin kanssa. Paljon lyijyä sisältävä polttoaine on erittäin korrosoiva lämmönsiirtopinnoille.

Lyijyä on eniten näytteissä 1 (Ilomantsi asunnot), 2 (Ilomantsi aluekeräyspisteet) ja 6 (Polvijärvi, aluekeräyspisteet). Ilomantsin lajitelluissa kuormissa oli suuri määrä lajitelluluokkaa "15. Oikea kaatopaikkajäte". Tähän sisältyy mm. hehkulamput, jotka ovat lyijyn lähteitä. Ilomantsin 1. näytteessä oli myös paljon suuria kappaleita, kuten patja, kanistereita, auton rengas, muovisia öljytynnyreitä. Ilomantsin 2. näytteessä oli myös paljon suuria kappaleita, kuten muoviputkia, muovista verkkoa. Jos näistä osa sisältää esim. PVC-muovia, ovat ne mahdollisia lyijyn lähteitä.

TAULUKKO 23. Rikkipitoisuus (S, m- %).

	yksikkö	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Rikki S vedetön	m-%	0,068	0,15	0,17	0,12	0,078	0,19	0,13	0,11	0,089	0,11	0,25	0,12

Rikin määrä ei ylitä Riikinvoiman asettamaa maksimi raja-arvoa (0,4 m- %) yhdessä näytteessä.

Rikin asetettu alaraja (0,1 m- %) alittuu kolmessa näytteessä.

TAULUKKO 24. Sinkkipitoisuus (Zn, mg/kg ka).

	yksikkö	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Sinkki Zn	mg/kg ka	50	71	38	83	54	76	62	68	39	44	420	22

Sinkin (Zn) määrä on melko tasainen kaikissa näytteissä, Riikinvoiman asettama raja-arvo (max 1300 mg/kg ka) ei ylity yhdessä näytteessä, keskiarvo (100 mg/kg ka) ylittyy yhdessä näytteessä. Sinkki on lyijyn tapaan erittäin haitallinen muodostaessaan raskasmetallisuoloja alkalien, rikin ja kloorin kanssa

Suuri poikkeama sinkkipitoisuuksissa on Joensuu omakotitaloalueelta otetussa uusintanäytteessä 11.

Siinä sinkin pitoisuus on lähes kymmenkertainen muihin näytteisiin verrattuna. Näytteessä 11 oli suuri määrä rakennusjätettä, missä voi olla sinkkiä sisältävää puunkäsittelyainetta.

5 YHTEENVETO

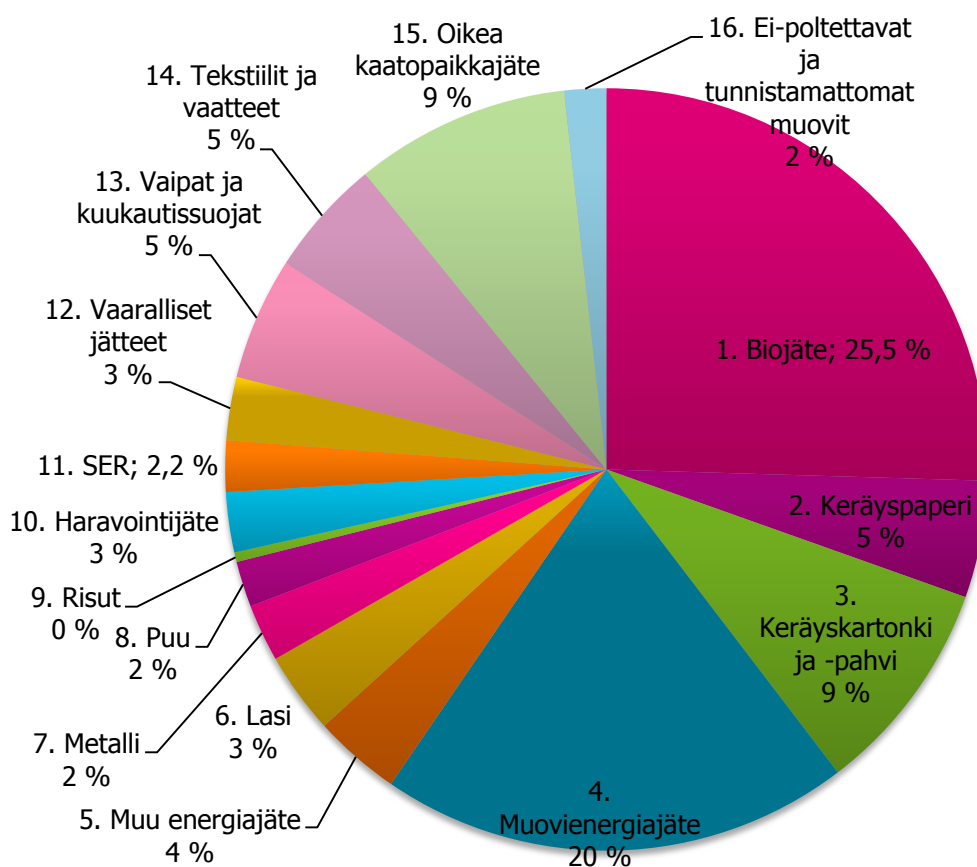
Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää kotitalouksien sekajätteen polttokelpoisuutta leijukattilassa. Jätelain päämäärä on, että vuonna 2016 yhdyskuntajätteistä kierrätetään 50 % ja hyödynnetään energiana 30 %. Kaatopaikalle saa päätyä enintään 20 % yhdyskuntajätteistä. Jäteyhtiöt Savossa, Pohjois-Karjalassa ja Keski-Suomessa (Jätekuikko Oy, Keski-Savon Jätehuolto, Puhas Oy, Ylä-Savon Jätehuolto Oy, Metsäsairila Oy, Savonlinnan Seudun Jätehuolto Oy ja Sammakkokangas Oy) ovat tehneet hankesuunnitelman uudesta jätteenpolttovoimalaitoksesta. Vuonna 2013 jäteyhtiöiden perustama Riikinvaimo Oy:n rakentaminen Leppävirralle on alkuperäisten suunnitelmien mukaan suunniteltu alkavaksi vuoden 2014 aikana, jolloin käyttöönotto tapahtuisi vuoden 2015 lopussa. Sekajätteen polttaminen tukee hyvin jätelain vaatimuksia jätteiden tarkemmalle kierrätykselle ja uudelleen käyttämiselle. Samalla saadaan tuotettua arvokasta sähköä ja lämpöä lähiseudun asukkaille.

Lajittelematon kotitalouksien sekajäte ei sovellu leijupolttoon. Sekajätteestä tulee syntypaikkalajittelun avulla poistaa metallit, lasi, sähkö- ja elektroniikkaromut, suurikokoiset romut, muut kuin kierrätyskelpoiset muovit ja minimoida biojätteen osuus. Syntypaikkalajittelusta sekajätteestä valmistetaan kierrätyspolttoainetta leijupoltttoa varten repimällä jäte leijupolton vaatimaan palakokoon. Kierrätyspolttoaine on hyvinkin lajiteltuna huonolaatuinen polttoaine. Sitä voidaan kuitenkin käyttää polttoaineena sitä varten suunnitellussa voimalaitoksessa. Jos jätettä ei syntypaikkalajitella ohjeiden mukaisesti, voimalaitoksen toiminta heikkenee ja sen toimintavarmuus ja elinikä laskevat.

Sekajäte ei saa sisältää seuraavia materiaaleja, jos sitä poltetaan leijukattilassa:

PVC-muoveja	mm. mapit, muovitaskut, CD-levyt, sadetakit, kerniliinat, johdot, putket, letkut, pressut, rakennusmuovit, ruskea pakkausteippi, syvävedetyt myyntipakkaukset, kontaktimuovi
Ongelmajätteitä	mm. öljyt, akut, paristot, maalit, liimat, voimakkaat pesuaineet, jäädytin-, kytkin- ja jarrunesteet, lääkkeet, elohopeakuumemittarit, kyllästetty puu
Biojätteitä	mm. ruoantähteet, kalanperkeet, pilaantuneet elintarvikkeet, teepussit ja kahvinsuodattimet, pehmopaperi
Metalleja	mm. säilyke- ja juomatölkit, maalipurkit, metalliastiat, foliovoat ja kannet, folio, sähköjohdot
Sähkö- ja elektroniikkaromua	mm. sähkö- ja elektroniikkalaitteet, loisteputket, energiansäästölamput
Lasia, posliinia, keramiikkaa	mm. värilliset ja kirkkaat lasipurkit ja pullot, lasiesineet ja -astiat, kristalli, peili, ikkunalasi
Sähkölamppuja	
Nahkaa, keidonahkaa	mm. kengät, vaatteet, kalusteet
Kumia	

Puhas Oy:n toiminta-alueella Joensuun seudulla (Joensuu, Ilomantsi, Polvijärvi, Kontiolahti ja Liperi) kesä-elokuussa 2013 tehdyissä sekajätteen lajittelututkimuksissa selvitettiin kerättävän sekajätteen sisältöä. Lajittelututkimuksista selvisi, että jätteitä lajitellaan huonosti. Kuviossa näkyy eri jättejakeiden osuudet. Kierrätyspolttoaineeksi käytettävästä sekajätteestä pitäisi syntypaikkalajitella leijupoltolle haitallisten alkuaineiden lähteet: biojäte (25,5 %), lasi (3 %), metalli (2 %), sähkö- ja elektroniikkaromu (2,2 %), vaaralliset jätteet (3 %) ja osa oikeasta kaatopaikkajätteestä (9 %) ja ei-poltettavat ja tunnistamattomat muovit (2 %). Tämä tarkoittaa, että lähes puolet tällä hetkellä sekajätteessä olevista jättejakeista tulisi syntypaikkalajitella ennen niiden käyttämistä leijupolttoon. Biojätteen määrä vastaa muualla Suomessa tehtyjen lajittelututkimusten tulosta.



Sekajätteestä valmistetun kierrätyspolttoaineen haitallisia alkuaineita leijukattilapoltossa ovat mm. kloori (Cl), lyijy (Pb), sinkki (Zn), elohopea (Hg), alumiini (Al), bromi (Br), kadmium (Cd), kalium (K) ja natrium (Na). Niiden lähteet ja niiden aiheuttamat ongelmat on koottu taulukkoon.

Alkuaine	Alkuaineen lähde	Ongelmia leijukattilassa
Kloori (Cl)	<ul style="list-style-type: none"> - biojäte - muovit, erit. PVC-muovit - paperit, kartongit - tekstiilien viimeistely - nahka 	<ul style="list-style-type: none"> - kloori muodostaa mm. lyijyn ja sinkin ja alkalimetallien kanssa raskasmetallisuoloja, jotka tarttuvat sulassa olomuodossa lämmönsiirtopintoihin aiheuttaen korroosiota
Lyijy (Pb)	<ul style="list-style-type: none"> - patterit - lasi - sähkölaitteet - hehkulamput - PVC-muovit 	<ul style="list-style-type: none"> - sulaa matalissa lämpötiloissa - muodostaa yhdisteitä kloorin ja alkalimetallien kanssa, tarttuvat lämmönsiirtopintoihin - korroosio
Sinkki (Zn)	<ul style="list-style-type: none"> - kupari - värjätty lasi - PVC-muovit 	<ul style="list-style-type: none"> - haitallinen savukaasuissa ja pohjatuuhassa
Elohopea (Hg)	<ul style="list-style-type: none"> - kalvomuovi, PVC-muovi - jotkut kartongit ja pahvi 	
Alumiini (Al)	<ul style="list-style-type: none"> - foliovuoratut sipsipussit - purkit, mehutölkit, kahvipaketit 	
Bromi (Br)	<ul style="list-style-type: none"> - palonsuojakäsittelyaineet: sähkölaitteet, elektroniikka, tekstiilit 	
Kadmium (Cd)	<ul style="list-style-type: none"> - kovat muovit - nahka - kumi 	<ul style="list-style-type: none"> - haitallinen savukaasupäästöissä ja pohjatuuhassa
Kalium (K)	<ul style="list-style-type: none"> - biojätteet - hygienia tuotteiden virtsa 	<ul style="list-style-type: none"> - likaa kattilaa - alkalimetalli, muodostaa yhdisteitä kloorin ja raskasmetallien kanssa
Natrium (Na)	<ul style="list-style-type: none"> - biojätteet - hygienia tuotteiden virtsa 	<ul style="list-style-type: none"> - likaa kattilaa - alkalimetalli, muodostaa yhdisteitä kloorin ja raskasmetallien kanssa

Joensuun seudulla lajittelututkimusta varten otetuista jäte-eristä tehtiin myös alkuaineanalyysit, joissa selvitettiin jäte-erien koostumus. Analyysissä selvitettiin mm. näytteiden kosteus, kalorinen lämpöarvo ja saapumistilainen tehollinen lämpöarvo, tuhkan, hiilen, vedyn, typen, bromin, fluorin ja kloorin määrä sekä raskasmetallien määrät. Alkuaineanalyysien tuloksia verrattiin Riikinvoima Oy:n

laitossuunnittelun pohjaksi antamiin raja-arvoihin ja kiinteiden kierrätyspolttoaineiden standardin SFS 15359 sisältämiin raja-arvoihin. Jos voimassa olevassa standardissa ei ollut tarpeellista raja-arvoa, käytettiin viitteellisenä tarkasteluarvona vanhentuneen kierrätyspolttoainestandardin SFS 5875 raja-arvoja.

Kokonaiskosteus (raja-arvo 36 m-%) ja **tehollinen lämpöarvo** (raja-arvo 8 MJ/kg)

Kokonaiskosteus ylitettiin yli puolessa otetuista näytteistä. Kaikkein kosteimmat näytteet alittivat saapumistilaiselle teholliselle lämpöarvolle asetetut rajat. Erityisesti Joensuun kaupungin asunto-osakeyhtiöiden jätteestä tehdyissä alkuaineanalyysissä näytteiden kosteus oli erittäin korkea, yli 50 m-%. Biojätteen osuus tällä alueella oli 26-35 %, mikä oli muita alueita suurempi. Biojätteen suuri osuus nostaa jätteen kosteutta. Asunto-osakeyhtiöillä oli järjestetty erilliset biojätteen keräysastiat, joten tuloksen olisi pitänyt olla näissä kohteissa muita parempi. Joensuun kaupungin jätteiden osuus on Puhas Oy:n jätemäärästä n. 60 %, joten sieltä tulevalla jätteellä on suuri merkitys koko voimalaitokselle tulevan jätteen laadulle. Puhas Oy:n toiminta-alueelta tuleva jätemäärä on noin neljäsosa Riikinvoima Oy:n tulevasta jätteestä. Näin kostealla polttoaineella voimalaitos ei pystyisi tuottamaan haluttua määrää lämpöä (180 GWh, 33 MW) ja sähköä (91 GWh, 15 MW).

Haitalliset alkuaineet

- **Al: Alumiinipitoisuus** (Riikinvoiman raja-arvo 2 m-% ka)
Asetettu maksimiarvo ylittyy vain yhdessä näytteessä. Puhas Oy:n toiminta-alueelta otetuissa näytteissä pitoisuuksien vaihteluväli oli 0,017- 4,1 m-% ka. Alumiini sulaa alhaisessa lämpötilassa, tarttuu helposti lämmönsiirtopintoihin ja aiheuttaa ongelmia kattilan toiminnalle. Alumiinia tulee sekajätteen joukkoon mm. alumiinipakkausten muodossa.
- **Cd: Kadmiumpitoisuus** (Riikinvoima raja-arvo 6 mg/kg ka, vanhentuneessa kierrätyspolttoainestandardissa SFS 5875 annettu raja-arvo, alle 5 mg/kg, laatuluokka III).
Kadmiumpitoisuuksien vaihteluväli oli <0,2 – 0,5 mg/kg ka ja kahdessa näytteessä raja-arvot ylittyivät runsaasti (8900, 11000 mg/kg ka). Kadmiumia saadaan mm. nahkasta ja kovasta muovista. Kadmium aiheuttaa ongelmia savukaasupuhdistuksessa ja tuhkan loppusijoituksessa.
- **Cl: Klooripitoisuus** (Riikinvoiman raja-arvo 1,3 m-%)
Klooripitoisuuden vaihteluväli oli 0,12 - 1,7 m-%. Kloorin määrä on yhdessä näytteessä annetun raja-arvon yläpuolella. Standardin mukaan se on luokkaa 5, joten se on vielä poltto-kelpoinen, mutta huono polttoaine. Kloori muodostaa raskasmetallien ja alkalimetallien kanssa raskasmetallisuoloja, jotka tarttuvat sulassa olomuodossa lämmönsiirtopintoihin aiheuttaen korroosiota.
- **Hg: Elohopeapitoisuus** (Riikinvoiman raja-arvo 0,7 mg/kg ka, standardin SFS 15359 raja-arvo 0,50 mg/MJ, laatuluokka 5)

Elohopeapitoisuus on raja-arvon alapuolella kaikissa näytteissä vaihteluvälin ollessa <0,1-0,24 mg/kg ka. Kaikki näytteet täyttävät standardin vaatimukset olemalla elohopeapitoisuudeltaan luokkaa 1-3.

- **N: Typpipitoisuus** (Riikinvoima raja-arvo 1,5 m- %)

Typpipitoisuus ylittää annetun raja-arvon yhdessä näytteessä vaihteluvälin ollessa 0,79-1,6 m- %. Suuri typen määrä lisää tarvetta savukaasujen puhdistamiselle, sillä NOx päästöille on annettu raja-arvot, jotka on alitettava.
- **Pb: Lyijypitoisuus** (Riikinvoima raja-arvo 300 mg/kg ka)

Lyijypitoisuus vaihtelee eri näytteiden välillä runsaasti, vaihteluvälin ollessa 1,6 - 95 mg/kg ka. Lyijy on leijukattilapoltossa erittäin haitallinen muodostaessaan raskasmetallisuoloja alkalien, rikin ja kloorin kanssa. Paljon lyijyä sisältävä polttoaine on erittäin korrosoiva lämmönsiirtopinnoille.
- **S: Rikkipitoisuus** (Riikinvoima maksimi raja-arvo 0,4 m- %, minimi raja-arvo 0,1 m- %)

Rikin määrä ei ylitä annettua raja-arvoa yhdessäkään näytteessä ja alittaa annetun raja-arvon kolmessa näytteessä. Rikkipitoisuuksien vaihteluväli oli 0,068 – 0,25 m-%.
- **Zn: Sinkkipitoisuus** (Riikinvoiman raja-arvo 1300 mg/kg ka)

Sinkin määrä on melko tasainen kaikissa näytteissä vaihteluvälin ollessa 22 - 76 mg/kg ka, eikä näytteet ylitä asetettua raja-arvoa. Suuri poikkeama on Joensuu omakotitaloalueelta otettu uusintanäyte 11. Siinä sinkin pitoisuus on lähes kymmenkertainen muihin näytteisiin verrattuna (420 mg/kg ka). Sinkki on lyijyn tapaan erittäin haitallinen muodostaessaan raskasmetallisuoloja alkalien, rikin ja kloorin kanssa.

Kierrätyspolttoaineita polttavan voimalaitoksen on täytettävä valtioneuvoston asetuksen määräykset jätteen polttamisesta. Asetuksen määräykset lämpötiloista, varajärjestelmistä, savukaasumittauksista ja päästörajoista on huomioitava voimalaitosta suunnitellessa. Voimalaitos mitoitetaan ja varustellaan kierrätyspolttoaineille sopivaksi. Polttoaineen laatuun, käsittelyyn ja sen syöttöön on kiinnitettävä erityistä huomiota.

Haitallisten alkuaineiden vaikutukset kierrätyspolttoaineita polttavassa kiertoleijukattilassa

- **Korroosio**
 - Tulipesän korroosio johtuu paikallisista pelkistävästä olosuhteista, ei korkeasta lämpötilasta.
 - Tulistinpintojen korroosio johtuu metallin korkeista lämpötiloista ja tulistinputkien pintaan muodostuneesta sulasta faasista.
 - Savukaasukanavien lämpötilat ovat tulistinpintoja alhaisemmat, joten korroosiota ei ole niin paljon. Savukaasukanavat kylmemmässä päässä ekonomaisierissa ja luvossa voi esiintyä kastepistekorroosiota rikkihapon takia.

– ***Olomuodonmuutokset***

- Alkalimetallit muodostavat yhdisteitä raskasmetallien ja kloorin kanssa. Syntyneet kloridit voivat merkittävässä määrin laskea raskasmetallien sulamispistettä ja vaikuttaa tuhkan sulassa olomuodossa olevan metallin määrään.
- Kiertoleijukattilassa yritetään välttää sulassa olomuodossa olevan metallin määrää lämmönsiirtopintojen kohdalla. Sula metalli tarttuu tiukasti kiinni lämmönsiirtopintoihin ja tämä taas saattaa kiihdyttää korroosiota. Tuhka on takertuvaa, jos se on vähintään 15 m- % sulassa olomuodossa.
- Kokonaan tai osittain sulanut tuhka on takertuvaa, se likaa kattilan seinämiä, aiheuttaa korroosiota lämmönsiirtimiin ja petihiekan agglomeraatiota (paakkuuntumista).
- Kiinteässä tai kaasumaisessa olomuodossa oleva metalli ei ole yhtä ongelmallinen, koska silloin se ei ole niin takertuvaa. Lämmönsiirtopinnan lämpötila vaikuttaa kuitenkin osaltaan tarttuvuuteen.

– ***Likaavuus***

- Kierrätyspolttoaineet ovat erittäin likaavia, joten niitä käytävissä kiertokattiloissa tehokas ja jatkuva nuohous on tärkeää lämmönsiirtymisen ja voimalaitoksen toiminnan kannalta.
- Jatkuva nuohous kuluttaa lämmönsiirtopintoja, joten ne altistuvat entistä enemmän korroosiolle ja leijutushiekan aiheuttamalle eroosiolle.
- Lämmönsiirtimet suunnitellaan putkijaoltaan normaalia harvemmiksi, jotta mahdollistetaan tehokas nuohous ja lämmönsiirto likaavilla polttoaineilla.

– ***Lämmönsiirtopintojen sijoittelu***

- Takavetoon jätetään tyhjäveto ja konvektiotulistimet sijoitetaan takavetoon vastasen jälkeen, jotteivät ne altistu korkeiden lämpötilojen korroosiolle.
- Petihiekkaan sijoitetuilla päätetulistimilla vältetään kaikkein korrosoivimmat savukaasut, koska suljettu lukkorakenne estää savukaasujen pääsyn tulistimelle.
- Polttoaineanalyysien ja kokonaisprosessin (lämpötilat, paineet, savukaasunopeudet jne.) suunnittelun avulla pyritään sijoittamaan lämmönsiirtopinnat niin, että ne olisivat mahdollisimman vähän alttiita korroosiolle.

– ***Materiaalivalinnat***

- Lämmönsiirtopintojen materiaalivalintaan vaikuttavia materiaalin ominaisuuksia ovat mm. korroosiokestävyys, myötölujuus, murtolujuus, muovattavuus ja hitsattavuus. Materiaalin tulee kestää käyttöolosuhteiden maksimilämpötilaa ja -painetta, savukaasujen lämpötilaa ja koostumusta sekä paikallista olosuhdetta ja polttoaineen vaihteluita. Mekaanisten ominaisuuksien lisäksi materiaalin hinta vaihtelee erittäin paljon eri materiaalilaatujen välillä.
- Tulistimien kloorikorroosio on huomioitava kierrätyspolttoaineita polttavissa voimalaitoksissa. Tulistimien kestävyyttä voidaan parantaa materiaalivalinnoilla, mutta korroosion riskiä ei voida kokonaan poistaa. Tulistimien helppo vaihdettavuus on tärkeää.

- Materiaalivalinnoilla ei pystytä poistamaan korroosioriskiä, koska polttoaineen sisällön vaihtelut muuttavat tuhkan metallien olomuotoa joskus ennalta-arvaamattomalla tavalla. Tuhkan sisältämän sulan metallin tarttuminen lämmönsiirtopintaan voi aiheuttaa ongelmia myös kalliille materiaaleille.
- ***Savukaasupuhdistus ja tuhka***
 - Jätteenpolttolaitoksessa on oltava jatkuvatoimiset savukaasumittaukset (NO_x , CO, hiukaspitoisuudet, orgaanisen hiilen kokonaismäärä, HCl, HF, SO_2 , O_2 , H_2O). Polttoaineen sisältämä typen määrä vaikuttaa savukaasupuhdistukseen.
 - Kierrätyspolttoaineiden tuhkat luokitellaan tuhkan laadun ja syntyvän perusteella joko tavanomaiseksi tai ongelmajätteeksi. Tuhkan tuottajalla on oltava tiedot tuhkan alkupe-
räästä, jäteluokituksesta ja sijoituskelpoisuudesta. Tuhkan syttyvyys, syövyttävyys, ha-
pettavuus, reaktiivisuus ja myrkyllisyys on huomioitava sen loppusijoituksessa. Polttoai-
neen sisältämät raskasmetallit näkyvät tuhkan koostumuksessa.
 - Polttoaineen sisältämät raskasmetallit (esim. Pb, Zn, Cd, Al) vaikeuttavat tuhkan loppu-
sijoitusta.

6 PÄÄTELMÄT JA SUOSITUKSET

Jätteiden polttaminen energiaksi sopii hyvin jätelain tavoitteisiin. Sen mukaan vuonna 2016 kaatopaikalle saa päätyä enintään 20 % yhdyskuntajätteistä. Tätä tavoitetta on vaikea saavuttaa ilman jätteiden tehokasta kierrättämistä ja polttamista energiaksi. Kierrätyspolttoaineiden poltto leijukattilassa edistää kierrätystä, on energiatehokkaampaa, tuhkan määrä on vähäisempi ja savukaasut ovat puhtaampia kuin arinapolttotekniikalla. Lajittelematon sekajäte ei sellaisenaan sovellu leijukattilapoltoon. Huolellisesti syntypaikkalajitellusta sekajätteestä valmistettu kierrätyspolttoaine soveltuu leijukattilan polttoaineeksi, jos kattila on suunniteltu tällaiselle polttoaineelle. Kokeneet kattilavalmistajat osaavat suunnitella ja valmistaa toimivia kierrätyspolttoainetta polttoaineena käyttäviä voimalaitoksia. Sekajätteestä valmistettu polttoaine sisältää kuitenkin muuttujia, johon kattilavalmistajat eivät voi vaikuttaa. Huonosti syntypaikkalajiteltu sekajäte sisältää runsaasti leijupoltolle haitallisia alkuaineita, mm: klooria, lyijyä, sinkkiä, elohopeaa, alumiinia, bromia, kadmiumia, kaliumia ja natriumia.

Joensuun seudun kesän 2013 jätteidenlajittelutkimuksissa havaittiin, että jätteitä lajitellaan huonosti. Joensuun seudulla sekajätteen sisällöstä lähes puolet on leijukattilapoltoon sopimattomia jätejakeita. Erityisesti raskasmetallit voivat aiheuttaa ongelmia kierrätyspolttoaineita polttavalle leijukattilalle: voimalaitoksen toimintavarmuus heikkenee, aiheutuu suunnittelemattomia huoltokatkoksia ja joudutaan vaihtamaan kalliita komponentteja. Nykyisiä ohjeita noudattamalla vaaralliset aineet, sähkö- ja elektroniikkaromut, lasit ja metallit tulisivat lajiteltua jätteen syntypaikalla. Puhas Oy:n lajitteluohjeet asukkaille löytyvät liitteestä 5.

Lajittelututkimuksesta selvisi, että Puhas Oy:n toiminta-alueella sekajäte on liian kosteaa ja sisältää keskimääräistä enemmän biojätettä erityisesti Joensuun keskustan kerros- ja omakotitaloalueella. Liika kosteus alentaa sekajätteestä valmistetun kierrätyspolttoaineen lämpöarvoa, joten sitä polttamalla ei saada tuotettua suunniteltua määrää energiaa. Suunniteltu Riikinvoima Oy voimalaitos ei pystyisi näin kostealla polttoaineella tuottamaan suunniteltua määrää sähköä ja lämpöä. Tämä tarkoittaisi pienempää tuottoa voimalaitokselle ja mahdollisesti nousevia jätemaksuja alueen asukkaille.

Tällä hetkellä Joensuun alueella asemakaava-alueilla kerros- ja rivitaloissa biojätteille on järjestetty erilliset keräysastiat. Muut asuinkiinteistöt voivat kerätä biojätteen omaan astiaan tai käyttää useamman kiinteistön yhteistä keräysastiaa. Jotta biojäte saataisiin erotettua sekajätteestä, tulisi jätehuollon järjestämiä biojätteen keräysastioita käyttää. Biojätteiden keräysastiat tulisi lisätä jätehuollon piiriin myös muilla asuinalueilla. Nykyisestä tilanteesta voidaan kuitenkin päätellä, että pelkästään keräysastioita lisäämällä biojätettä ei saada erotettua sekajätteestä. Asukkaita tulee valistaa biojätteen lajittelun merkityksestä entistä enemmän ja tuoda esille biojätteen aiheuttamat haitat sekajätteen seassa myös jätteiden polton kannalta.

Tuotteiden valmistajien tulisi entistä enemmän mm. muovituotteiden, tuotteiden viimeistelyaineiden ja pakkausmateriaalien valmistuksessa vähentää haitallisimpien aineiden käyttäminen. PVC-muovin

käyttöä lukuisissa eri kohteissa tulee vähentää, sillä se on vaikea erottaa muista polttokelpoisista muoveista ja se sisältää lukuisia haitallisia alkuaineita, kuten elohopeaa, klooria, lyijyä ja sinkkiä.

LÄHTEET

- Ajanko, Moilanen & al. 2005. Jätteiden syntypaikkalajittelujärjestelmän ja käsittelytekniikan vaikutus kierrätyspolttoaineen laatuun. Espoo: 2005. VTT tiedotteita 2317. 83 [viitattu 15.6.2013]. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2005/T2317.pdf>
- Alakangas, Eija. 2000. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. Espoo: 2005. VTT tiedotteita 2045. 172 [viitattu 15.6.2013]. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2000/T2045.pdf>
- Andersson, Lundberg, Heikne & Josefsson. 2002. Norrköping 75 MW CFB plant and biomass RDF combustion in fluidized-bed boilers. Artikkelijulkaisussa VTT Symposium 222. Power production from waste and biomass IV. Advanced concepts and technologies. Espoo, Finland, 8-10 April, 2002.
- Anttila, Lauri. 2011. Sekajätettä ja energijätettä polttavien jätteenpolttolaitosten energiantuotannon hyötysuhteet. Kandidaatintyö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, teknillinen tiedekunta. Lappeenranta. 48.
- Bankiewicz, Dorota. 2012. Corrosion behaviour of boiler tube materials during combustion of fuels containing Zn and Pb. Väitöskirja. Åbo Akademi, Institutionen för kemiteknik. Turku. 73
- Enestam, Sonja. 2011. Corrosivity of hot flue gases in the fluidized bed combustion of recovered waste wood. Väitöskirja. Åbo Akademi, Department of Chemical Engineering. Turku. 85
- Gerdes, R. 2008. Two-and-a-half years of operating experience with the RDF-fired power plant Neumünster. 4. International VGB Workshop "Operating Experience with Fluidized Bed Firing Systems"/9th International Conference on circulating Fluidized Beds. Luento 08/08. Hampuri 2008. 5.
- Helsinki, Tervetuloa kierrättämään -nettisivut. 2013. [viitattu 3.11.2013]. Saatavissa: <http://www.helsinki.fi/jarj/symbioosi/kierratys/energia.html>
- Hofer, Thomas 19-06-2013. CFB sales Project Manager, ANDRITZ Energy & Environment GmbH. [haastattelu]. Vantaa: Pöyry.
- Huhtinen, Korhonen & al. 2013. Voimalaitostekniikka. Opetushallitus. Suomen Yliopistopaino Oy, Tampere, 2013.
- Itä-Suomen jätesuunnitelma vuoteen 2016. 2009. Suomen ympäristö 47/2009. Etelä-Savon, Pohjois-Savon ja Pohjois-Karjalan ympäristökeskus. Sastamala 2009. [viitattu 24.8.2013]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=115290&lan=fi>
- Joensuun alueellisen jätelautakunnan yleiset jätehuoltomääräykset. 2012. Joensuun alueellinen jätelautakunta. [viitattu 25.8.2013]. Saatavissa: <http://www.joensuu.fi/documents/11127/205670/J%C3%A4tehuoltom%C3%A4%C3%A4r%C3%A4ykset/3d708eeb-b2fa-4769-a46d-bf61f20351c3?documentId=ep24212090433247&cmd=download>
- Jätelaki 17.6.2011/646. 2011. Finlex. Lainsäädäntö [viitattu 15.6.2013]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110646>
- Karvonen, Aki. 2010. Voimakattilan kunnonseurantajärjestelmä. Kandidaatintyö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, Teknillinen tiedekunta, Konetekniikan osasto. Lappeenranta. 42. [viitattu 24.11.2013]. Saatavissa: <http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/90819/Voimakattilan%20kunnonseurantaj%C3%A4rjestelm%C3%A4.pdf?sequence=1>
- Kodin lajitteluopas. 2013. Puhas Oy. [viitattu 3.11.2013]. Saatavissa: http://www.puhas.fi/p/fi/tietopankki/liitetiedostot/5-kodin_lajitteluopas_2013.fi.pdf
- Matilainen, Mikko. 2006. Lomellina II – the second line of a n RDF power plant in Italy. Esitys Clean Power Lahti 6.9.2006. Foster Wheeler Power Group Europe.
- Matilainen, Mikko 29-06-2013. Commercial manager, Foster Wheeler Energia Oy. [haastattelu]. Vantaa: Pöyry.

Mikkonen, Krista. 2013. Lajitteluselvitys. Selvitys kunnallisessa jätteenkuljetuksessa olevan sekajätteen koostumuksesta Puhas Oy:n toiminta-alueella. Kesä-elokuu 2013. [viitattu 28.9.2013]. Saatavissa: <http://www.puhas.fi/p/fi/tietopankki/liitetiedostot/001-lajitteluselvitys2013.pdf>

Navitas Kehitys Oy. 2012. Riikinnevan Ekovoimalaitos Ympäristövaikutusten arviointiselostus. Marraskuu 2012. 138. [viitattu 29.9.2013]. Saatavissa: http://www.riikinvoima.fi/ekovoimalaitos/fi/liitetiedostot/Ymparistovaikutusten_arviointiselostus_121_122.pdf

Puhas Oy kotisivu. [viitattu 25.8.2013]. Saatavissa: <http://www.puhas.fi/p/fi/>

Riikinvoima Oy esite. 2013. Jätteistä energiaa jätevoimalaitoksessa. [viitattu 15.8.2013]. Saatavissa: http://riikinvoima.fi/ekovoimalaitos/fi/liitetiedostot/ekovoimalaitos_esite.pdf

Riikinvoima Oy kotisivut. 2013. [viitattu 24.8.2013]. Saatavissa: <http://riikinvoima.fi/ekovoimalaitos/fi/>

Sandberg, Jan. 2007. Fouling in Biomass Fired Boilers. Väitöskirja. Mälardalen university. Department of Public Technology. Press Licentiate Theses No. 75. Västerås Sweden. 62

Sarkki, Juha 29-06-2013. Chief Engineer, Process concepts, Foster Wheeler Energia Oy. [haastattelu]. Vantaa: Pöyry.

SFS 5875 2000. Jätteen jalostaminen kiinteäksi polttoaineeksi. Laadunvalvontajärjestelmä. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto.

SFS 15358 2011. Kiinteät kierrätyspolttoaineet. Laadunhallintajärjestelmät. Kiinteiden kierrätyspolttoaineiden tuotantoon sovellettavat erityisvaatimukset. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto.

SFS 15359 2011. Kiinteät kierrätyspolttoaineet. Vaatimukset ja luokat. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto.

Strömdahl, Jan 26-06-2013. Manager, Solution Sales, Power Generation, Metso Power Oy. [haastattelu]. Vantaa: Pöyry.

Teirasvuo Niina. 2011. Syntypaikkalajitellun sekajätteen koostumuksen sekä palamisteknisten ominaisuuksien selvitys Etelä-Karjalan alueella. Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, Ympäristötekniikan koulutusohjelma. Lappeenranta. 122.

Vesanto, Hiltunen & al. 2007. Kierrätyspolttoaineiden ominaisuudet ja käyttö. Selvitys kierrätyspolttoaineiden laatuominaisuuksista ja soveltuvuudesta leijupolttoon. Helsinki: 2007. VTT tiedotteita 2416. 64.

Vesanto, Moilanen & al. 2005. Kierrätyspolttoaineiden laadunvalvonta. Espoo: 2006. VTT Tiedotteita 587. 64.

Valtakunnallinen jätesuunnitelma vuoteen 2016. 2008. Kohti kierrätysyhteiskuntaa. [viitattu 24.8.2013]. Suomen ympäristö 32/2008. Ympäristöministeriö. Helsinki 2008. [viitattu 24.8.2013]. Saatavissa: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38363/SY_32_Kohti_kierratys.pdf?sequence=1

Valtioneuvoston asetus jätteen polttamisesta 151/2013. 2013. Finlex. Lainsäädäntö. [viitattu 1.9.2013]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130151>

Werkelin & Hupa. 2009. Towards better prediction of ash related problems in biomass combustion via improved fuel analysis. Projektiraportti. Åbo Akademi University, Process Chemistry Center. Turku. 9.

Zabetta, Edgardo & al. 2009. Foster Wheeler references and tools for biomass- and waste-fired CFB. Foster Wheeler Energia Oy ja Foster Wheeler Power Group International. Esitys konferenssissa "34th International Technical Conference on Coal utilization & Fuel Systems". 2009. [viitattu 24.8.2013]. Saatavissa: http://www.fwc.com/publications/tech_papers/files/TP_CFB_09_06.pdf

LIITTEET

LIITE 1. Kysymyspohja kattilatoimittajille

Kysymyspohja, jota käytetty kattilatoimittajien (Andritz, Metso, Foster Wheeler) kanssa käydyissä keskusteluissa kesäkuussa 2013:

Kattilan perustiedot, lämpötilat/paineet/tehot?

Kiertoleijukattila sekajätteen poltossa, korkeat lämpötilat?

-Mikä mahdollistaa? Tähän asti pidetty korkeita lämpötiloja mahdottomina erit. korroosion takia
-testaukset? laboratoriokokeet? miten mahdollistettu? toimiiko? onko kokemusta

Onko toimittaja valmistanut samalla tekniikalla kattiloita sekajätteen polttoa varten?

-referenssikohteet
-kokemukset, käyttöikä
-mahdolliset ongelmat, ratkaisut niihin?
-kehitystoimenpiteet?
-yhteyshenkilöt

Miten suunnitellussa kattilassa on huomioita sekajäte polttoaineena?

-suunnitelma läpi kohta kohdalta, esille polttoaineen mukanaan tuomia asioita, miten ratkaistu
-polttoaineen koostumus vaihtelee, miten
-materiaalivalinnat, (korroosionkestävyys, hapetuksen kesto, myötöraja/lujuus, virumismurtoja, muovattavuus, hitsattavuus, hinta, lämpö+paine)
-rakenteet (kattila, tulistimet, välitulistimet, ekonomaiseri,
-korroosio, eroosio, jännitteet

Kloori, lyijy, bromi, alkalit (K, Na),

Millaisina pitoisuuksina kattila kestää näiden alkuaineiden yhdistelmiä?

-kriittiset rajat, mitä silloin tapahtuu, missä erityisen kriittistä, mihin on varauduttu
-mikä alkuaine hankalin, "pahin" ?

Miten vaikuttaa korroosioon, jos raskasmetallisuolat ovat sulassa muodossa lämmönsiirtopinnoilla? --

-onko eroa, jos höyrystyneinä?
-lämpötilat
-testaus, tutkimus?

Tulistimet, muut lämmönsiirtimet

-materiaalit
-sijoittelu
-arvioitu kestoikä?

Tuhka

- kuinka suuri osuus polttoaineen tuhkasta jää petimateriaaliin/savukaasuihin? pohjatuhka
- arvio tuhkan ominaisuuksista?
- erosio, korroosio
- loppusijoitus

Huolto, ylläpito

- Miten kattilaa tulisi ajaa, jotta se kestäisi mahdollisimman kauan?
- Kattilan likaantuminen
- lämmönsiirto-ominaisuudet
- likaisuus
- korroosio, korroosion seurantamenetelmiä?
- nuohoimet, vesitykit
- miten puhdistetaan lämmönsiirtimiin tarttunut sula suola?
- petimateriaalin vaihto, laatu

Vauriotutkimus, kokemuksia

- tapoja likaisuuden estämiseksi?
- onko tiedossa jotain erityisongelma-kohtia?
- uusia kehitettyjä menetelmiä?

Seisokki

- Seisokitoimenpiteet
- Miten kattila käsitellään seisokin aikana, n. 1-2 kk?

Millä huoltotoimenpiteillä pidennetään kattilan elinikää? Suositukset?

- elinikäodote

LIITE 2. Jätejakeiden esittely
(Mikkonen Krista 2013, Puhas Oy)

LAJITTELUSELVITYS Puhas Oy, JÄTEJAKEET



1. Biojäte (pakattu avataan)

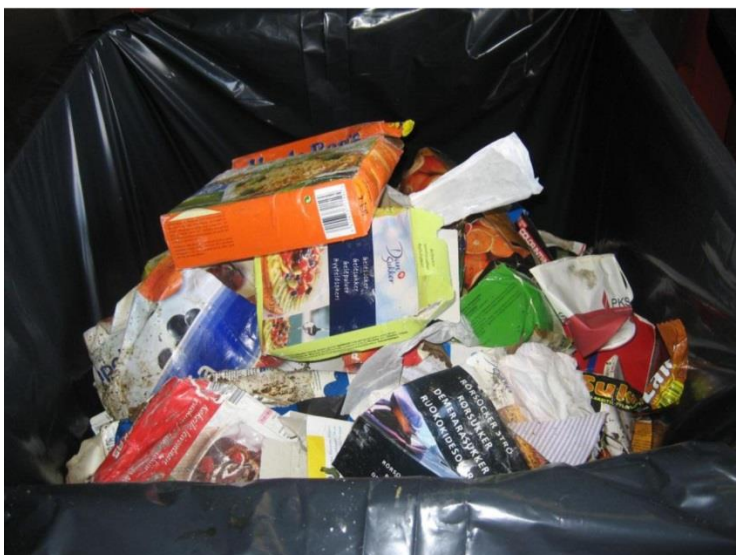
- ruoantähteet , ruoan valmistuksessa syntyvä biojäte, kalanperkeet, pienet luut
- kuivuneet ja pilaantuneet elintarvikkeet
- likaiset biohajoavat elintarvikepakkaukset
- teepussit ja kahvinsuodattimet
- talouspaperit ja lautasliinat, eli pehmopaperi
- pienet määrät elintarvikerasvoja
- kukkamulta, kasvijätteet
- kotieläinten häkkien siivousjätteet, kissanhiekka

HUOM! pakattu biojäte (elintarvikepakkaukset) puretaan pakkauksesta ja pakkaus lajitellaan sille kuuluvaan jakeeseen



2. Keräyspaperi

- sanoma- ja aikauslehdet
- mainokset ja kirjekuoret (myös ikkunalliset)
- kirjoitus- ja monistuspaperit, kuitit, muistilaput
- puhelinluettelot ja kirjat (kovat kannet poistettuna)



3. Keräyskartonki ja -pahvi

- aaltopahvi, ruskea kartonki, voimapaperi
- pahvilaatikot ja ruskeat paperit
- kartonkiset muro-, hiutale- ja keksikotelot, pizzalaatikot
- paperiset perunalastupussi, näkkileipäpaketit ja leipäpussit
- maito-, mehu-, yms. tölkit (myös alumiinipintaiset)
- muna- ja hedelmäkennot, wc- ja talouspaperihylsyt
- paperipussit, -kassit ja -säkit
- askartelukartongit ja piirrustukset



4. Muovienergiajäte

- elintarvikemuovit esim. viili- ja jogurttipurkit, muovirasiat, -pullot, -pakkaus pussit, -kääreet ja -alustat,
- muovikannet ja korkit
- muoviset pullot ja ämpärit esim. shampoopullot
- muovisäkit ja -kassit
- vaahтомуovit rouheena tai pieninä paloina
- styrox-alustat ja -kotelot
- pienet muoviesineet esim. tiskiharjat, kynien muovikuoret
- muoviset kukkaruukut, deodoranttipurkit

5. Muu energiajäte

- läpivärjätetyt kartongit
- kartonkiset kertakäyttöastiat
- lajitteluhetkellä märkä ja likainen paperi, pahvi ja kartonki esim. likaantuneet kartonki- ja paperipakkaukset
- käärepaperit (elintarvike- ja lahjapaperit), tapetit
- kirjankannet, valokuvat, postikortit, julisteet
- disketit



6. Lasi

- värilliset ja kirkkaat lasipurkit ja -pullot
- lasiesineet ja -astiat
- kristalli, peili
- ikkuna- ja lämpölasit

7. Metalli

- säilyke- ja juomatölkit, tyhjät maalipurkit
- metallikannet ja -korkit
- muut pienet metalliastiat ja -esineet
- foliovuorat ja -kannet, folio
- kattilat, paistinpannut
- työkalut, pultit, naulat, ruuvit
- paperiliittimet, avaimet, sähköjohdot



8. Puu

- vaneri, lastulevy, kuitulevy ja puuhuonekalut sekä muut puuesineet
- yli ranteenpaksuiset oksat ja puiden rungot
- puhdas puru ja lastu

9. Risut

- alle ranteenpaksuiset oksat ja puiden rungot



10. Haravointijäte

- puunlehtien ja -neulasten haravoinnista kertyvä jäte
- pensasaitojen tasaamisesta syntyvä silppu
- ruohonleikkusilppu, ruohovartiset kasvit ja rikkaruohot juurineen

11. Sähköinen jäte SER

- sähkö- ja elektroniikkalaitteet, loisteputket, energiansäästölamput



12. Vaaralliset jätteet

- käytetyt öljyt, öljynsuodattimet, iskunvaimentimet, öljyiset jätteet
- akut, paristot
- maalit, liimat, luottimet, lakat, aerosolipakkaukset
- kynsilakka, kynsilakan poistoaine
- iletulitteet, hätäraketit ja erilaiset sytytysmateriaalit
- jäädytin-, kytkin- ja jarrunesteet, moottoripesuaineet
- voimakkaat pesuaineet
- lääkkeet, elohopeakuumemittarit
- kyllästetty puu

HUOM! Myös kaikki kanisterit, pullot ym. joissa em. nesteitä on säilytetty, ainoastaan täysin kuivuneet maalipurkit metallijakeeseen





13. Vaipat ja kuukautissuojat

vaipat, siteet, tamponit



14. Tekstiilit ja vaatteet

- vaatteet
- pöytäliinat, verhot, matot, sohvanpäälliset ym. kodin tekstiilit
- pehmolelut



15. Oikea kaatopaikkajäte

- kengät, kumi-, nahka- ja keinonahkatuotteet
 - posliini, keramiikka, hehkulamput
 - pölynimuripussit, tupakantumpit, purukumit, suuret luut
 - alumiinia sisältävät pakkaukset, esim. kahvipussi, sipsipakkaukset
 - narut, nauhat
- (- muovipussit, joissa kaatopaikkajäte oli viety jäteastiaan -> siirrettiin energiajätteeseen)
- hienojakoinen lajittelujäännös ”mutu”, jota ei voitu enää lajitella



16. Ei-poltettavat ja tunnistamattomat muovit

- PVC-muovit (03-merkityt), taivutettaessa kirkasta muovia, muuttuu se valkoiseksi taittokohdasta
- 07 –merkatut, jossa alla O
- letkut, viemäriputket, asennusputket, profiililistat, johdinten eristeet ja kaapeleiden vaipat, auraukset
- kuormien ja lehtinippujen sidontamuovivanteet
- konttorikalvot, mapit, muovitaskut, kontaktimuovi
- sadevaatteet, kylpy- ja rantalelut, tiskihansikkaat
- C- ja VHS-kasetit, myös irrallinen nauha
- syvävedetyt myyntipakkaukset esim. tablettien läpilyöntilevyt, lelu- ja autotarvikepakkaukset
- tunnistamattomat muovit
- vinyyläänilevyt, CD/dvd levyjen kotelot

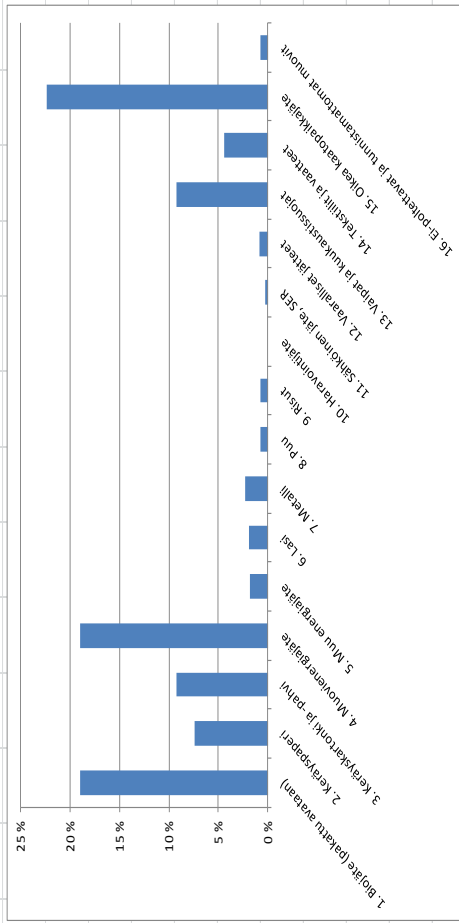
17. Suuret kappaleet

- Yli 80cm kovat ja vaikeasti hajoavat tavarat

LIITE 3. Puhas Oy:n lajittelututkimuksen tulokset

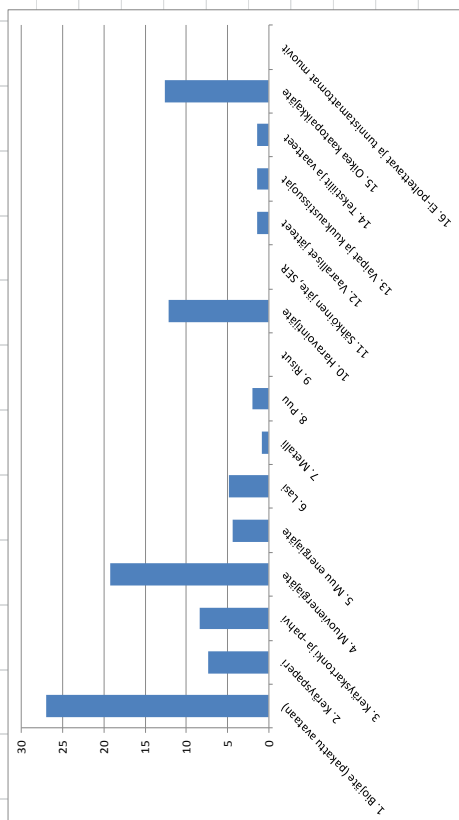
Näyte 1, Ilomantsi

Jätteiden lajittelututkimus		
Päiväys: 18.6.		
Lajittelijat:		
Jätteen alkuperä: ILOWANTSI muut kuin akp:t		
	kg	%
1. Biojäte (pakattu avataan)	41	19%
2. Keräyspaperi	16	7%
3. Keräyskartonki ja -pahvi	20	9%
4. Muovienergiäjäte	41	19%
5. Muu energiäjäte	3,8	2%
6. Lasi	4,2	2%
7. Metallit	5	2%
8. Puu	1,6	1%
9. Risut	1,6	1%
10. Haravointijäte	0	0%
11. Sähkönen jäte, SER	0,6	0%
12. Vaaralliset jätteet	1,8	1%
13. Vaipat ja kuukaustissuojat	20	9%
14. Tekstiilit ja vaatteet	9,6	4%
15. Oikea kaatopaikkajäte	48,4	22%
16. Ei-poltettavat ja tunnistamattomat muovit	1,6	1%
Renkaat	216,2	
Suuret kappaleet	0kpl	
	10kpl	
HUOMI! Vaikuvaa vaaralliset jätteet ja sähköiset jätteet		
<p>KUVUUS: Kuumina pääosin pieniä kotitalouspusseja, muuttamia jättesäkkejä, vähän isoja kappaleita. Irojätteen osuus n. 10%.</p>		
Huomioit:		
Suuret kappaleet: muoviputkia, suursäkki, laudanpätkä, muovinen verkko		



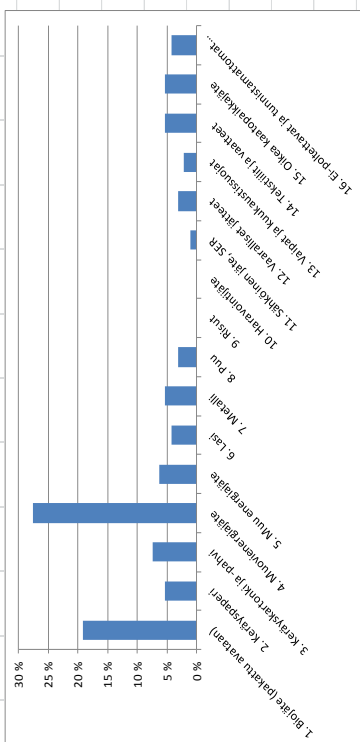
Näyte 3, Joensuu omakotitalot

Jätteiden lajittelututkimus			
Päiväys: 25.6.			
Lajittelijat:			
Jätteen alkuperä: Joensuu taajama okt:t			
	kg	%	
1. Biojäte (pakattu avataan)	27	26,2 %	
2. Keräyspaperi	7,4	7,2 %	
3. Keräyskartonki ja -pahvi	8,4	8,2 %	
4. Muovienergiajäte	19,2	18,6 %	
5. Muu energiajäte	4,4	4,3 %	
6. Lasi	4,8	4,7 %	
7. Metallit	0,8	0,8 %	
8. Puu	2	1,9 %	
9. Risut	0	0,0 %	
10. Haravointijäte	12,2	11,8 %	
11. Sähköinen jäte, SER	0	0,0 %	
12. Vaaralliset jätteet	1,4	1,4 %	
13. Vajait ja kuukaustissuojat	1,4	1,4 %	
14. Tekstiilit ja vaatteet	1,4	1,4 %	
15. Oikea kaatopaikkajäte	12,6	12,2 %	
16. Ei-poltettavat ja tunnistamattomat muovit	0	0,0 %	
Renkaat	103		
Suuret kappaleet	0 kpl		
	0 kpl		
HUOMI! Valokuvaa vaaralliset jätteet ja sähköiset jätteet			
<p>KUVAUS: pieniä pusseja/pääosin, isoja sakkela n. 10%, irtojätettä 5%.</p> <p>Huomiot: yksi 4l tyhjä öljyastia ja energialamppu Suuret kappaleet: ei isoja kappaleita</p>			



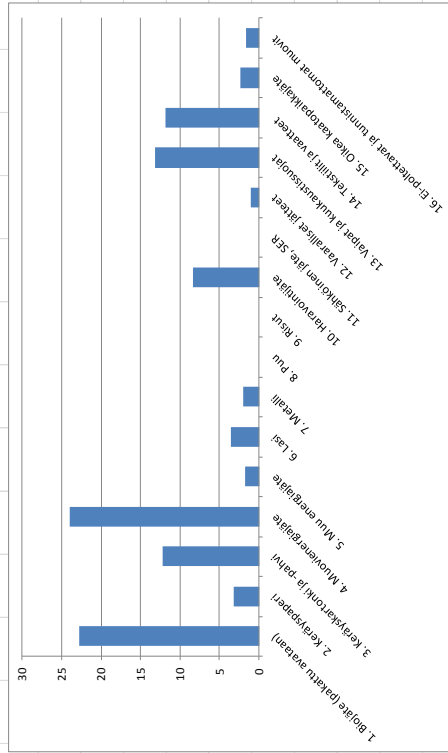
Näyte 5, Polvijärvi

Jätteiden lajittelututkimus					
Päiväys: 1.7.					
Lajittelijat:					
Jätteen alkuperä: Polvijärvi akp:t					
		kg	%		
1. Biojäte (pakattu avataan)	18	19%			
2. Keräyspaperi	5	5%			
3. Keräyskartonki ja -pahvi	7	7%			
4. Muovienergiäjäte	26	28%			
5. Muu energiäjäte	6	6%			
6. Lasi	4	4%			
7. Metalli	5	5%			
8. Puu	3	3%			
9. Risut	0	0%			
10. Haravointijäte	0	0%			
11. Sähköinen jäte, SER	1	1%			
12. Vaaralliset jätteet	3	3%			
13. Vaipat ja kuukaustissuojat	2	2%			
14. Tekstiilit ja vaatteet	5	5%			
15. Oikea kaatopaikkajäte	5	5%			
16. Ei-pollittavat ja tunnistamattomat muovit	4	4%			
Renkaat	0 kpl				
Suuret kappaleet	1 kpl				
HUOMI! Valokuvaa vaaralliset jätteet ja sähköiset jätteet					
<p>KUVAUS: paljon irtojätettä, noin neljännes koko kuormasta. Pakatusta jätteestä noin puolet isoja jättesakkeja ja puolet roskapusseja.</p> <p>Huomiot: sähköistä jätettä (imuri, kahvinkeitin tyhjiä maalipöytä)</p> <p>Suuret kappaleet:</p>					



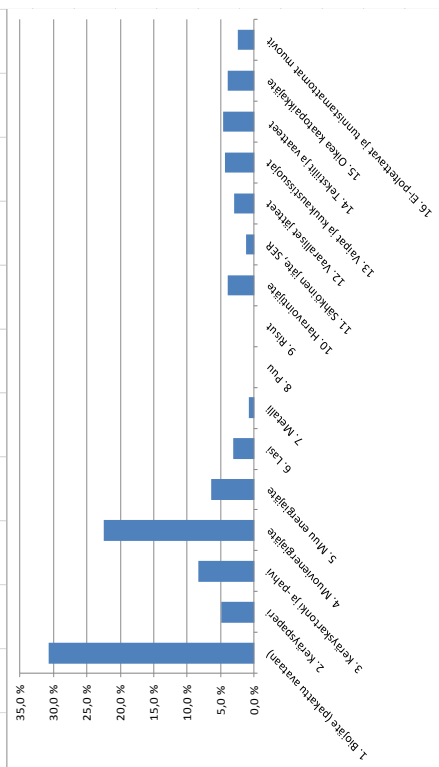
Näyte 6, Polvijärvi aluekeräyspisteet

Jätteiden lajittelututkimus		kg	%
Päiväys: 1.7.			
Lajittelijat:			
Jätteen alkuperä: Polvijärvi omat astiat			
1. Biojäte (pakattu avataan)	22,8	21 %	
2. Keräyspaperi	3,2	3 %	
3. Keräyskartonki ja -pahvi	12,2	11 %	
4. Muovienergiäjäte	24	22 %	
5. Muu energiäjäte	1,8	2 %	
6. Lasi	3,6	3 %	
7. Metallit	2	2 %	
8. Puu	0	0 %	
9. Riset	0	0 %	
10. Haravointijäte	8,4	8 %	
11. Sähköinen jäte, SER	0	0 %	
12. Vaaralliset jätteet	1	1 %	
13. Vaipat ja kuukaustissuojat	13,2	12 %	
14. Tekstiilit ja vaatteet	11,8	11 %	
15. Oikea kaatopaikkajäte	2,4	2 %	
16. Ei-poltettavat ja tunnistamattomat muovit	1,6	1 %	
Renkaat	108		
Suuret kappaleet	2 kpl		
Suuret kappaleet	2 kpl		
HUOMI! Valokuvaa vaaralliset jätteet ja sähköiset jätteet			
KUVUUS: pääosin roskapusseja, isojen roskasäkkien osuus n. 20%, irtojätettä noin 5 % Huomioit: Suuret kappaleet: suksisauva, matto			



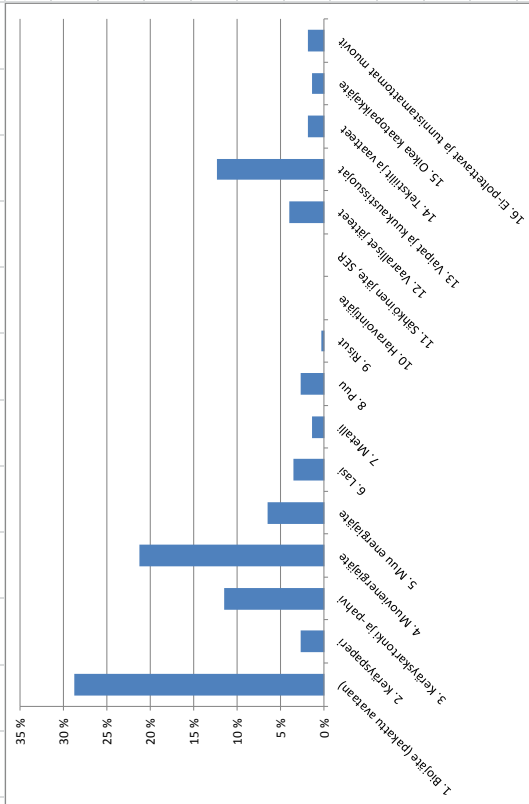
Näyte 7, Kontiolahti taajama

Jätteiden lajittelutkimus			
Päiväys: 3.7.			
Lajittelijat:			
Jätteen alkuperä: Kontiolahti taajama			
		kg	%
1. Biojäte (pakattu avataan)	25,2	30,7 %	
2. Keräyspaperi	4	4,9 %	
3. Keräyskartonki ja -pahvi	6,8	8,3 %	
4. Muovienergiäjäte	18,4	22,4 %	
5. Muu energiäjäte	5,2	6,3 %	
6. Lasi	2,6	3,2 %	
7. Metallit	0,6	0,7 %	
8. Puu	0	0,0 %	
9. Risut	0	0,0 %	
10. Haravointijäte	3,2	3,9 %	
11. Sähköinen jäte, SER	1	1,2 %	
12. Vaaralliset jätteet	2,4	2,9 %	
13. Vaipat ja kuukaustissuojat	3,6	4,4 %	
14. Tekstiilit ja vaatteet	3,8	4,6 %	
15. Oikea kaatopaikkajäte	3,2	3,9 %	
16. Ei-poltettavat ja tunnistamattomat muovit	2	2,4 %	
Renkaat	82		
Suuret kappaleet	kpl		
Suuret kappaleet	kpl		
HUOMI! Valokuvaa vaaralliset jätteet ja sähköiset jätteet			
KUVAUUS: irtojätettä noin viidennes, suurin osa kuormasta pieniä roskapusseja			
Huomioit:			
Suuret kappaleet:			



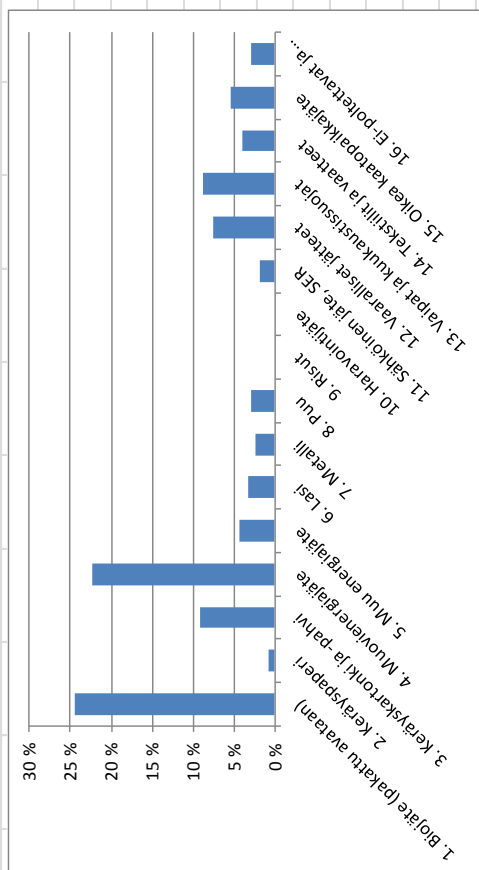
Näyte 8, Liperi taajama

Jätteen alkuperä: Liperi taajama	kg	%
1. Biojäte (pakattu avataan)	21,4	29%
2. Keräyspaperi	2	3%
3. Keräyskartonki ja -pahvi	8,6	12%
4. Muovienergiäjäte	15,8	21%
5. Muu energiäjäte	4,8	6%
6. Lasi	2,6	3%
7. Metallit	1	1%
8. Puu	2	3%
9. Risut	0,2	0,3%
10. Haravointijäte	0	0%
11. Sähköinen jäte, SER	0	0%
12. Vaaralliset jätteet	3	4%
13. Vaiipat ja kuukaustissuojat	9,2	12%
14. Tekstiilit ja vaatteet	1,4	2%
15. Oikea kaatopaikkajäte	1	1%
16. Ei-poltettavat ja tunnistamattomat muovit	1,4	2%
Renkaat	74,4	
Suuret kappaleet	kpl	
	2 kpl	
HUOMI! Valokuvaa vaaralliset jätteet ja sähköiset jätteet		
KUVAUUS: pääosin pieniä roskapusseja, irtojätettä n. 5%, melko paljon pahvilaatikoita Huomioit: Suuret kappaleet: Iso pakkausmuovi/pressu, metallinen pakkausparanta		



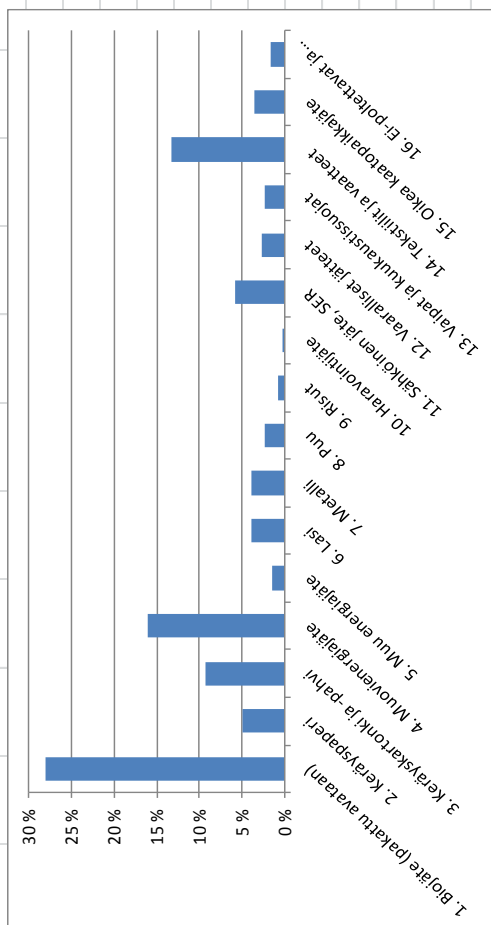
Näyte 9, Liperi haja-asutusalue

Jätteiden lajittelututkimus			
Päiväys: 8.7.		kg	%
Lajittelijat:			
Jätteen alkuperä: Liperi haja-asutus			
1. Biojäte (pakattu avataan)	18,2	24%	
2. Keräyspaperi	0,6	1%	
3. Keräyskartonki ja -pahvi	6,8	9%	
4. Muovienergiajäte	16,6	22%	
5. Muu energiajäte	3,2	4%	
6. Lasi	2,4	3%	
7. Metall	1,8	2%	
8. Puu	2,2	3%	
9. Risut	0	0%	
10. Haravointijäte	0	0%	
11. Sähköinen jäte, SER	1,4	2%	
12. Vaaralliset jätteet	5,6	8%	
13. Vaiplat ja kuukaustissuojat	6,6	9%	
14. Tekstiilit ja vaatteet	3	4%	
15. Oikea kaatopaikkajäte	4	5%	
16. Ei-poltettavat ja tunnistamattomat muovit	2,2	3%	
Renkaat	74,6		
Suuret kappaleet	0 kpl		
	3 kpl		
HUOM! Valokuvaa vaaralliset jätteet ja sähköiset jätteet			
<p>KUVAUS: pääosin pieniä roskapusseja, n. 10% irtotettä, hieman rakennusjätettä</p> <p>Huomiot: Suuret kappaleet: puutarhatuoli, jotain puukappaleita</p>			



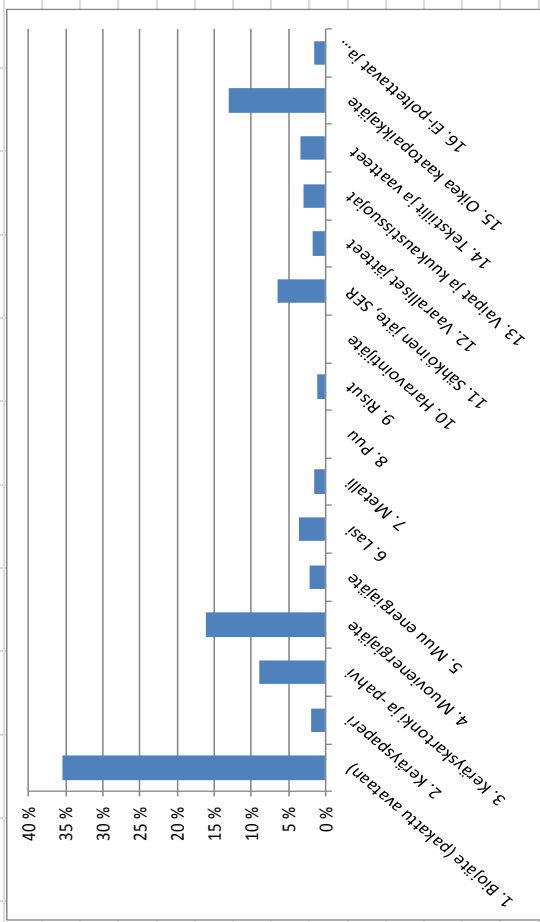
Näyte 11, Joensuu omakotitalot

Jätteiden lajittelututkimus					
Päiväys: 21.8.					
Lajittelijat:					
Jätteen alkuperä: Joensuu taajama aso:t					
	NÄYTE 2	21.8.			
1. Biojäte (pakattu avataan)	39,6	28%			
2. Keräyspaperi	7	5%			
3. Keräyskartonki ja -pahvi	13,2	9%			
4. Muovienergiajäte	22,8	16%			
5. Muu energiajäte	2	1,4%			
6. Lasi	5,6	4%			
7. Metallit	5,4	4%			
8. Puu	3,4	2%			
9. Risut	1	0,7%			
10. Haravointijäte	0,1	0,07%			
11. Sähköinen jäte, SER	8,2	6%			
12. Vaaralliset jätteet	3,8	3%			
13. Vaiplat ja kuukaustissuojat	3,2	2%			
14. Tekstiilit ja vaatteet	18,8	13%			
15. Oikea kaatopaikkajäte	5	4%			
16. Ei-poltettavat ja tunnistamattomat muovit	2,4	2%			
Renkaat	141,5				
Suuret kappaleet	14	kpl			
HUOMI! Valokuvaa vaaralliset jätteet ja sähköiset jätteet					
KUVAUS: pientä pussia pääosin, muutama iso jätäsäkki, irtojätteen osuus 5%.					
Huomiot: SER-jätettä imuri ja pöytätuuletin Suuret kappaleet:					
KUVAUS: suurin osa talousjättepusseja, irtojätettä vajaa 10 %. Irtojätteestä noin puolet rakennusjätettä ja paljon suuria kappaleita.					
Huomiot: SER-jätettä imuri ja videot					



Näyte 12, Joensuu asunto-osakeyhtiöt

Jätteiden lajittelututkimus		NÄYTE 1		26.6.
Päiväys: 26.6.		kg	%	
Lajittelijat:				
Jätteen alkuperä: Joensuu taajama aso.t				
1. Biojäte (pakattu avataan)	49,2	35%		
2. Keräyspaperi	2,6	2%		
3. Keräyskartonki ja -pahvi	12,4	9%		
4. Muovienergiajäte	22,4	16%		
5. Muu energiajäte	3	2%		
6. Lasi	5	4%		
7. Metallit	2,2	2%		
8. Puu	0	0%		
9. Risut	1,6	1%		
10. Haravointijäte	0	0%		
11. Sähköinen jäte, SER	9	6%		
12. Vaaralliset jätteet	2,4	2%		
13. Vaipat ja kuukaustissuojat	4,2	3%		
14. Tekstiilit ja vaatteet	4,6	3%		
15. Oikea kaatopaikkajäte	18,2	13%		
16. Ei-poltettavat ja tunnistamattomat muovit	2,2	2%		
Renkaat	139			
Suuret kappaleet	0 kpl			
	2 kpl			
HUOMI! Valokuvaa vaaralliset jätteet ja sähköiset jätteet				
<p>KUVAUS: suuriin osiin pääosin, muutama iso jättesäkki, irtojätteen osuus 5%.</p> <p>Huomioit: Suuret kappaleet: imuri, pöytätuuletin, metallivartinen moppi</p> <p>KUVAUS: suurin osatalousjätteenpussuja, irtojätettä vajaa 10 %. Irtojätteenä noin puolet rakennusjätettä ja paljon suuria kappaleita.</p> <p>Huomioit: SER-jätettä imuri ja videot</p>				



LIITE 4. Alkuaineanalyysitulokset Puhas Oy:n toiminta-alueella.

	yksikkö	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Kuiva-aine	m-%	99	98	98	97	98	98	98	100	100	97	98	99		100
Analysikosteus	m-%	2,4	2,8	2,5	3,6	2,3	1,7	2,2	1,1	1,7	2,6	2,4	2,9	1	0,62
Kosteus, kokonais- (kierrätyspolttoaine)	m-%	45,7	51,2	56,9	53,6	39,3	35,6	28,6	29,2	36,6	32,7	52,9	58,2	12,2	3,3
Esikäsittely, jauhatus kierrätyspolttoaine															
Esikäsittely, sulatteen tekeminen															
Tuhka 550C, vedetön	m-%	6,3	8	16,2	17,2	14,1	21,3	24,6	14,4	24,3	18,2	24	20	81,7	86,6
Tuhka 815, vedetön	m-%	5,3	7,3	12	16,6	10,5	18	22,5	16,7	26,7	16,6	23,8	17		
Elementaarianalyysi, CHN															
Hiili, C vedetön	m-%	49,5	49,5	48,6	41,7	48,2	44,8	46,2	49,5	48,6	48,2	43,2	41,4	12,9	6,9
Vety, H vedetön	m-%	7,1	7,1	6,5	5,9	6,5	6,1	6,6	7,1	6,5	6,8	5,6	5,8		
Typpi, N vedetön	m-%	0,79	1,6	1	1,5	0,98	1,5	1,1	1,2	1,3	1,5	1,4	1,3		
orgaaninen hiili, vedetön	m-%	49	49	45	41	46	47	44	44	46	48	42	40		
Halogeenit happipommiyhajotuksella															
Bromidi, Br, vedetön	m-%	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,0059	<0,005	<0,005	<0,005		
Fluoridi, F, vedetön	m-%	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,014	<0,005		
Kloridi Cl, vedetön	m-%	0,55	0,16	0,51	0,99	1,3	1,2	0,71	1,7	0,2	0,54	0,41	0,12		
Standardiluokitus		3	1	2	3	4	4	3	5	1	2	2	1		
Rikki S vedetön	m-%	0,068	0,15	0,17	0,12	0,078	0,19	0,13	0,11	0,089	0,11	0,25	0,12		
Kalorinen lämpöarvo d	MJ/kg	22,17	22,85	20,69	17,83	20,99	19,78	20,07	20,69	22,35	21,01	18,57	16,45		
Tehollinen lämpöarvo	MJ/kg	20,62	21,29	19,27	16,55	19,57	18,44	18,62	19,13	20,92	19,54	17,34	15,18		
Tehollinen lämpöarvo	MJ/kg	10,08	9,14	6,92	6,37	10,92	11,01	12,6	12,83	12,37	12,35	6,88	4,93		
Standardiluokitus		4	5	5	5	4	4	4	4	4	4	5	5		
Esikäsittely, mikroaaltohajotus															
HNO3/HCl/HF															
metallit 2															
Esikäsittely, metallinen alumiini															
Alumiini Al	mg/kg ka	14000	11000	11000	25000	13000	6600	22000	20000	41000	10000	15000	11000		
Alumiini Al, metallinen	m-% ka	1,8	0,67	2	1,4	1,9	0,017	1,1	2	4,1	0,59	1,3	0,51		
Antimoni Sb	mg/kg ka	2,5	4,3	<0,5	4,1	6,4	18	0,94	5,6	17	2	6,2	2		
Arseni As	mg/kg ka	<1	<1	<1	<1	<1	5	<1	<1	<1	<1	<1,0	<1,0		
Barium Ba	mg/kg ka	8,8	430	53	100	51	270	81	30	26	200	710	49		
Beryllium Be	mg/kg ka	<0,2	<0,2	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<0,20	<0,2		
Elohopea Hg	mg/kg ka	<0,1	0,24	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,14	<0,1	<0,1	<0,1		
Polttoaine ar	kg	1,5	1,5	1,6	1,5	1,4	1,4	1,3	1,3	1,4	1,3	1,5	1,6		
Elohopea Hg	mg/kg ar	0,15	0,36	0,16	0,15	0,14	0,14	0,13	0,13	0,19	0,13	0,15	0,16		
Elohopea Hg	mg/MJ ar	0,014	0,040	0,023	0,024	0,013	0,012	0,010	0,010	0,015	0,011	0,022	0,032		
Standardiluokitus		1	3	2	2	1	1	1	1	1	1	2	3		
Fosfori P	mg/kg ka	2800	3100	1700	1800	1600	3900	1900	2200	1100	2200	2500	1300		
Kadmium Cd	mg/kg ka	8900	11000	0,5	<0,2	<0,2	0,39	<0,2	<0,2	0,4	<0,2	0,34	<0,20		
Kalium K	mg/kg ka	<1	1,3	17000	8100	4000	7400	4800	4000	1700	4400	14000	5700		
Kalsium Ca	mg/kg ka	3,9	9,8	26000	16000	21000	28000	15000	15000	2000	13000	19000	36000		
Koboltti Co	mg/kg ka	<10	110	<1	1,7	<1	1,6	1,6	3,3	57	5,7	<1,0	<1,0		
Kromi Cr	mg/kg ka	<1	250	5	17	9,7	340	27	39	27	41	28	4,9		
Kupari Cu	mg/kg ka	490	1100	15	14	23	14000	29	31	50	22	20	26		
Lyijy Pb	mg/kg ka	65	49	1,6	5,7	5,6	95	6,9	4,3	4	3,8	4,4	4		
Magnesium Mg	mg/kg ka	490	1100	3200	2400	1100	2300	2100	1200	1800	1500	3000	1800		
mangaani Mn	mg/kg ka	65	49	100	130	73	70	68	150	300	69	110	39		
Molybdeeni Mo	mg/kg ka	<2	<2	<2	<2	<2	16	<2	<2	<2	<2	<2,0	<2,0		
Natrium Na	mg/kg ka	3500	1800	1100	4500	1600	13000	4600	4200	7300	7500	4300	3400		
Nikkeli Ni	mg/kg ka	2,5	5,6	3	7,8	3,9	11	13	18	13	20	15	2,2		
Pii Si	mg/kg ka	2600	7500	11000	36000	12000	49000	61000	20000	41000	44000	40000	27000		
Rauta Fe	mg/kg ka	390	5500	700	3700	970	2500	4000	1900	2700	1400	1900	2100		
Seleen Se	mg/kg ka	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1,0	<1,0		
Sinkki Zn	mg/kg ka	50	71	38	83	54	76	62	68	39	44	420	22		
Tallium Tl	mg/kg ka	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1,0	<1,0		
Tina Sn	mg/kg ka	2,7	25	4	3,8	2,4	5,7	1,2	<1	1,5	3,3	6,6	<1,0		
Titaani Ti	mg/kg ka	1100	720	670	410	920	590	600	580	990	510	3800	350		
Vanadiini V	mg/kg ka	2,4	3,1	2,4	12	3,4	5,4	9,3	5,7	5,2	4,8	8,1	2,2		

LIITE 5. Puhas Oy:n Kodin lajitteluopas

(Kodin lajitteluopas, 2013.)

**LAJITTELE
VAARALLINEN JÄTE
OIKEIN JA TUO SE
KERÄYKSEEN.**

Pieni mutta
vaarallinen



Vaarallinen jäte

Jäteyhtiön järjestämiin vastaanotuspisteisiin kotitalouksista **veloituksetta**

- Kovettumattomat maali-, liima- ja lakkajätteet
- Liuottimet kuten tärpätti, tinneri ja aseton
- Uuden vuoden tinat
- Käytetyt öljyt, öljyiset jätteet (esim. trasseli) ja öljynsuodattimet
- Kasvinsuojelu- ja torjunta-aineet sekä niiden pakkaukset
- Puunsuoja- ja kyllästysaineet
- Myrkyt ja desinfiointiaineet



Paristot ja pienakut

Myyntipisteisiin kotitalouksista **veloituksetta**

- Teippaa virtanavat pilloon nappiparistoista sekä muista litiumparistoista ja -akuista, jotka tunnustat Li-alkuisesta merkinnästä.
- Pussita vuotaneet paristot.



Lääkejäte

Apteekkeihin kotitalouksista **veloituksetta**

- Tabletit omissa liuskoissaan tai irrallisina läpinäkyvässä pussissa
- Jodia sisältävät lääkkeet sekä solusalpaajat omissa pakkauksissaan
- Nestemäiset lääkkeet, voiteet ja suihkepulloet omissa pakkauksissaan
- Elohopeakuumemittarit pakattuina
- Neulat ja piikit pakattuina



Sähkölaitteet

Jätekeskukseen, jäteasemille sekä muihin tuottajayhteisöjen hyväksymiin vastaanotuspisteisiin, kotitalouksista **veloituksetta**

- Jääkaapit, pakastimet
- TV:t, tietokoneet
- Pölynimurit, kahvinkeitin, puhelimet, radiot
- Loisteputket, energiansäätölamput
- Laitteet, joihin akku tai paristo on sisäänrakennettu

Tunnista vaaran merkit

Oheiset merkit tuotuksessa kertovat, että kyse on vaarallisesta jätteestä. Aina merkkiä ei ole, joten vaaralliset jätteet on opittava tuntemaan.

Ole valppaana!



Krooninen terveyshaitta



Terveyshaitta



Syövyttävä



Välitön myrkyllisyys



Syttävä



Hapettava



Paineen alaiset kaasut



Ympäristövaarat



Räjähde

HYÖTYJÄTTEET
KIERTOON



Biojäte

- Ruuantähteet
- Hedelmiä ja vihannesten kuoret
- Kahvinporot, teepussit
- Talouspaperit
- Kukkamulta, kasvit

Valuta nesteet viemäriin. Pakkaa biojäte. Älä käytä muoviva.



Paperi

- Sanoma- ja aikakauslehdet
- Mainokset
- Kirjekuoret
- Kopiopaperit
- Puhelinluettelot ja pehmeäkantiset kirjat

Vie paperi keräykseen irrallaan. Niittejä tai klemmareita ei tarvitse poistaa.



Kartonki

- Maito- ja mehutölkkit
- Kekkipaketit, jauhopussit, pizzalaatikot
- Juomapakkauksen kääreet
- Pahvilaatikot

Huuhtelee likaiset pakkaukset. Litistä ja pakkaa tiiviisti.



Lasi

- Lasipurkit
- Pantittomat lasipullot
- Kirkas ja värillinen puhdas kotitalouslasi

Poista korkit ja kannet. Etikettejä ei tarvitse poistaa.



Metalli

- Metallipurkit, -korkit ja -kannet
- Alumiinifoliot
- Tuikkujen ja ulkotulien kuoret
- Tyhjät aerosolipullot ja maalipakkaukset

Vain tyhjiä ja puhtaita pakkauksia. Vie isot metalliromut jättekeskukseen tai jätteasemalle.

Lajittelusta ja ekopisteiden sijainnista saat lisätietoja jäteyhtiön nettisivulta

Jätekukko Oy
www.jatekukko.fi

Metsäsairila Oy
www.metsasairila.fi

Puhas Oy
www.puhas.fi

Ylä-Savon Jätehuolto Oy
www.ylasavonjatehuolto.fi

1/2013 Mainostuoto Ad Kivi Oy

