



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

ELÄINPERÄISTEN SIVU- TUOTTEIDEN POLTTO

TEKIJÄ: Mika Monola

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Energiatekniikan tutkinto-ohjelma			
Työn tekijä Mika Monola			
Työn nimi Eläinperäisten sivutuotteiden poltto			
Päiväys	28.1.2019	Sivumäärä/Liitteet	26/8
Ohjaajat Ari Mikkonen, Petteri Heino			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani Luonnonvarakeskus			
Tiivistelmä			
<p>Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja oli Luonnonvarakeskus. Työn tarkoituksena oli tutkia eläinperäisten sivutuotteiden polttoa.</p> <p>Opinnäytetyö liittyy Luonnonvarakeskuksen hankkeeseen, jolla etsitään mahdollisuuksia eläinperäisten sivutuotteiden poltolle tuotantotilalla.</p> <p>Opinnäytetyöhön on koottu asiaa säänteleviä lakiosuuksia, jotta ne olisivat mahdollisimman helposti pientilallisten ja muidenkin käytettävissä sekä löydettävissä.</p> <p>Sivutuotteiden polttoa tutkittiin mittaamalla savukaasujen päästöpitoisuuksia. Polttokokeessa käytettiin puun ja sivutuotteen rinnakkaispolttoa. Tällä hetkellä sivutuotteen polttoon sovelletaan jätteenpolton asetuksia. Tuloksia verrattiin jätteenpolton ja pienpolton raja-arvoihin. Polttokokeen savukaasujen päästötasot olivat jonkin verran jätteenpolton päästöraja-arvoja korkeampia mutta pienpolttoon verrattuina kohtuullista tasoa. Polttokokeen rikki-dioksidipitoisuus ja typenoksidien pitoisuudet olivat pienemmät verrattuina Valtioneuvoston asetuksen polttoaineteholtaan alle 50 MW energiatuotantoyksikön ympäristönsuojeluvaatimuksista (750/2013) turvelaitosten päästöraja-arvoihin.</p> <p>Jätteenpoltoasetuksen määräykset ovat niin tiukat, että pienteurastajien on mahdotonta polttaa sivutuotteita tilallaan. Mikäli hyödyntämisen ja tarpeellisuuden perusteella jäteluokitus voitaisiin poistaa, tilanne olisi toinen. Tällöin pientilallinen voisi polttaa teurasjätteensä tilallaan ja hyödyntää poltosta syntyvän energian esimerkiksi lämmityksessä, eikä sivutuotteita tarvitsisi kuljettaa käsittelyyn muualle. Näin ollen korvattaisiin muita polttoaineita lämmityksessä, samalla välttyttäisiin kuljetuksen päästöiltä ja kokonaispäästöt pienenisivät.</p>			
Avainsanat			
Poltto, savukaasu, teurasjäte			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Energy Engineering			
Author Mika Monola			
Title of Thesis Carcass incineration			
Date	28.1.2019	Pages/Appendices	26/8
Supervisors Ari Mikkonen, Petteri Heino			
Client Organisation /Partners Luonnonvarakeskus			
<p>Abstract</p> <p>This study has been commissioned by Luonnonvarakeskus. The purpose of this Thesis was to study carcass incineration.</p> <p>There are two parts in this study. Another one is to clarify today's regulation and another one analyses the incineration process in a pilot-plant.</p> <p>Study is involved in commissioner's project which is seeking for new opportunities for meat producers to utilize carcass on their own heat recovery boiler.</p> <p>Incineration was made with wood and carcass mixed fuel. The emissions were measured and analysed. Emissions levels were quite normal small incineration level but higher than waste to energy regulation allows.</p> <p>Waste incineration regulation is so strict that there is no way butchers are able to use carcass as a fuel. Only if the carcass waste classification was removed then it would be possible to utilize carcass in butcher's own heat recovery boiler. Carcass could be a substitute fuel for wood, peat, or even fossil fuels and there would be no need for transportation to waste treatment plant.</p>			
Keywords			
Incineration, flue gas, carcass			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	7
1.1	Taustaa.....	7
1.2	Luonnonvarakeskus	7
1.3	Pienteurastus Suomessa.....	7
2	SIVUTUOTTEIDEN POLTON MÄÄRÄYKSET	8
2.1	Sivutuotteiden luokittelu.....	8
2.1.1	Luokka 1	8
2.1.2	Luokka 2	8
2.1.3	Luokka 3	9
2.2	Sivutuotteiden poltto.....	11
3	JÄTTEENPOLTTO.....	11
3.1	Jätelaki	11
3.2	Päästövaatimukset	11
3.3	Rinnakkaispoltto	13
3.4	Jätteeksi luokittelun päättyminen	14
4	PALAMISEN TEORIA	15
4.1	Kiinteiden polttoaineiden palaminen	15
4.2	Palamisreaktiot	15
4.3	Palamisessa syntyvät haitalliset päästöt.....	15
5	SAVUKAASUJEN MITTAUS	16
6	KOEPOLTTO.....	18
6.1	Koepolttolaitos.....	18
6.2	Polttoaineen syötön määrä	19
6.3	Koepoltto ja savukaasupäästöt.....	20
7	SO ₂ -SAVUKAASUPÄÄSTÖJEN ALENTAMINEN.....	22
7.1	Kalkinsyöttö polttoaineen sekaan	22
7.1.1	Kalkinsyötön kokeilu polttoaineen sekaan	22
7.2	Savukaasupesuri	24
8	YHTEENVETO.....	25
	LÄHTEET	27
	LIITE 1: TRENDIIVAT HIILIMONOKSIDI- JA RIKKIPITOISUUKSISTA.....	29

LIITE 2: TRENDIIVAT ORGAANISTEN YHDISTEIDEN PITOISUUKSISTA.....	30
LIITE 3: TRENDIIVAT VESIPITOISUUDESTA, HIILIDIOKSIDISTA JA JÄÄNNÖSHAPESTA.....	31
LIITE 4: TRENDIIVAT TYPPIYHDISTEIDEN PITOISUUKSISTA.....	32
LIITE 5: TRENDIIVAT VETYKLORIDI- JA VETYFLUORIDIPITOISUUKSISTA	33
LIITE 6: 750/2013 VALTIONEUVOSTON ASETUS ALLE 50 MW LAITOKSILLE PÄÄSTÖRAJAT.....	34
LIITE 7: KALKINSYÖTTÖKOKEILUN HÄKÄPITOISUUS	35
LIITE 8: KALKINSYÖTTÖKOKEILUN RIKKIDIOKSIDIPITOISUUS.....	36

LYHENTEET JA TERMIT

SO ₂	Rikkidioksidi
NO _x	Typhen oksidit, NO ja NO ₂
CO	Hiilimonoksidi
CO ₂	Hiilidioksidi
Nm ³	Normaalikuutiometri, ilman tilavuus NTP-olosuhteissa (0 °C, 1 ATM)
MW	Megawatti
kW	Kilowatti
mg	Milligramma
CaO	Kalsiumoksidi, eli poltettu kalkki
Ca(OH) ₂	Kalsiumhydroksidi, eli sammutettu kalkki
NaOH	Natriumhydroksidi
VTT	Teknologian tutkimuskeskus

1 JOHDANTO

1.1 Taustaa

Opinnäytetyön tarkoituksena on tukea Luonnonvarakeskuksen uusiutuviin energiamuotoihin liittyvää kehityshanketta. Työssä tutkitaan pienteurasjätteen polton savukaasujen päästötasoa sekä pientilojen mahdollisuutta polttaa pienteurastuksen sivutuote energiaksi lakien ja asetusten mukaan. Poltto tapahtuisi syntypaikalla esimerkiksi keskuslämmityskattilassa yhdessä puun kanssa. Tällä hetkellä pienteurastajien sivutuote toimitetaan Honkajoki Oy:n käsittelylaitokselle, josta koituu kuluja pienteurastajille.

1.2 Luonnonvarakeskus

Luonnonvarakeskuksen rooliin kuuluu kehittää ja tutkia Suomen biotaloutta, sekä toimia asiantuntijoina. Luonnonvarakeskus tutkii koko ajan uusia mahdollisia keinoja viedä eteenpäin Suomen biotalouteen perustuvaa yhteiskuntaa. (Luonnonvarakeskus.)

1.3 Pienteurastus Suomessa

Suomessa on noin 50 pienteurastamoita, joista on siipikarjan teurastamoita 10. Loput 40 ovat sian, naudan ja lampaan pienteurastamoita. (Lehto, Salminen, Valtari, Venelampi 2015, 4.)

Maa- ja metsätalousministeriön laitosten elintarvikehygieniasta antamassa asetuksessa (795/2014) määrätään seuraavasti;

12) *pienteurastamolla* laitosta, jossa teurastetaan korkeintaan 20 eläinyksikköä viikossa ja korkeintaan 1 000 eläinyksikköä vuodessa, jolloin täysikasvuiset nauta- ja hevoseläimet vastaavat 1,0 yksikköä, alle 8 kuukauden ikäiset vasikat vastaavat 0,2 yksikköä, 8–12 kuukauden ikäiset vasikat vastaavat 0,5 yksikköä, siat vastaavat 0,2 yksikköä sekä lampaat ja vuohet vastaavat 0,1 yksikköä. Siipikarjan pienteurastamossa teurastetaan korkeintaan 150 000 siipikarjaan kuuluvaa lintua vuodessa. Tarhatun riistan ja tarhattujen jäniseläinten pienteurastamossa teurastettavien eläinten enimmäismääriin sovelletaan muiden eläinten pienteurastamoissa teurastettavien samanpainoisten tai lähinnä samaa lajia olevien eläinten teurastukselle asetettuja enimmäismääriä (Maa- ja metsätalousministeriön asetus laitosten elintarvikehygieniasta.)

2 SIVUTUOTTEIDEN POLTON MÄÄRÄYKSET

2.1 Sivutuotteiden luokittelu

Sivutuotteita syntyy, kun valmistetaan eläimistä ravintoa ihmisille elintarvikkeita valmistavassa laitoksessa. Sivutuotteet eivät ole tarkoitettu ihmiselle ravinnoksi. Sivutuotteet jaotellaan riskin mukaan kolmeen luokkaan. Luokan 1 aines on suurimman riskin omaava. (Eviran ohje 16010/4.)

2.1.1 Luokka 1

Luokkaan 1 kuuluva aines sisältää seuraavat eläimistä saatavat sivutuotteet:

- a) seuraavien eläinten kokonaiset ruhot ja kaikki ruhonosat, mukaan lukien vuodat ja nahat:
 - i) eläimet, joilla epäillään olevan jokin TSE-tartunta asetuksen (EY) N:o 999/2001 mukaisesti tai joissa TSE on virallisesti todettu;
 - ii) eläimet, jotka on lopetettu TSE:n hävittämistoimenpiteiden yhteydessä;
 - iii) muut eläimet kuin tuotantoeläimet ja luonnonvaraiset eläimet, mukaan lukien erityisesti lemmikkieläimet, eläintarhaeläimet ja sirkuseläimet;
 - iv) kokeissa käytettävät eläimet, sellaisina kuin ne on määritelty direktiivin 86/609/ETY 2 artiklan d kohdassa, sanotun kuitenkin rajoittamatta asetuksen (EY) N:o 1831/2003 3 artiklan 2 kohdan soveltamista;
 - v) luonnonvaraiset eläimet, jos näiden epäillään sairastavan jotakin ihmisiin tai eläimiin tarttuvaa tautia;
- b) seuraava aines:
 - i) erikseen määritelty riskiaines;
 - ii) erikseen määriteltyä riskiaimesta hävittämishetkellä sisältävät kokonaiset ruhot tai ruhonosat;
- c) eläimistä saatavat sivutuotteet, jotka on johdettu eläimistä, joita on käsitelty laittomalla tavalla, sellaisena kuin se määritellään direktiivin 96/22/EY 1 artiklan 2 kohdan d alakohdassa tai direktiivin 96/23/EY 2 artiklan b alakohdassa;
- d) eläimistä saatavat sivutuotteet, jotka sisältävät neuvoston direktiivin 96/23/EY liitteessä I olevan B ryhmän 3 kohdassa lueteltujen ympäristölle ja ihmiselle vaarallisten aineiden ja muiden aineiden jäämiä, jos tällaiset jäämät ylittävät yhteisön lainsäädännössä sallitun tason tai, jos tällaista yhteisön lainsäädäntöä ei ole, kansallisessa lainsäädännössä sallitun tason;
- e) eläimistä saatavat sivutuotteet, jotka on kerätty 27 artiklan ensimmäisen kohdan c alakohdan nojalla hyväksytyissä täytöntöönpanosäännöissä edellytetyn jäteveden käsittelyn aikana
- i) luokkaan 1 kuuluvaa ainesta käsittelevistä laitoksista; tai
- ii) muista laitoksista, joihin erikseen määriteltyä riskiaimesta siirretään;
- f) ruokajäte, joka on peräisin kansainvälisesti liikennöivistä liikennevälineistä;
- g) luokkaan 1 kuuluvan aineksen seokset luokkaan 2 ja/tai luokkaan 3 kuuluvan aineksen kanssa.

(EUROOPAN PARLAMENTIN JA NEUVOSTON ASETUS (EY) N:o 1069/2009 artikla 8.)

2.1.2 Luokka 2

Luokkaan 2 kuuluva aines sisältää seuraavat eläimistä saatavat sivutuotteet:

- a) lanta, mineralisoimaton guano ja ruuansulatuskanavan sisältö;

- b) eläimistä saatavat sivutuotteet, jotka on kerätty 27 artiklan ensimmäisen kohdan c alakohdan nojalla hyväksytyissä täytöntöönpanosäännöissä edellytetyn jäteveden käsittelyn aikana
- i) luokkaan 2 kuuluvaa ainesta käsittelevistä laitoksista; tai
- ii) muista kuin 8 artiklan e alakohdassa tarkoitetuista teurastamoista;
- c) eläimistä saatavat sivutuotteet, jotka sisältävät sallittujen aineiden tai vierasaineiden jäämiä sellaisia määriä, jotka ylittävät direktiivin 96/23/EY 15 artiklan 3 kohdassa tarkoitettut sallitut arvot;
- d) eläinperäiset tuotteet, jotka on ilmoitettu ihmisravinnoksi kelpaamattomiksi, koska niissä esiintyy epäpuhtauksia;
- e) muut kuin luokkaan 1 kuuluvat eläinperäiset tuotteet:
- i) jotka on tuotu kolmannelta maasta ja jotka eivät täytä yhteisöön tuontia koskevia yhteisön eläinlääkintälainsäädännön vaatimuksia, paitsi jos yhteisön lainsäädäntö sallii niiden tuonnin tai käyttöönoton tietyin rajoituksin tai niiden palauttamisen kyseiseen kolmanteen maahan; tai
- ii) jotka on lähetetty toiseen jäsenvaltioon ja jotka eivät täytä yhteisön lainsäädännössä asetettuja tai sallittuja vaatimuksia, paitsi jos ne palautetaan alkuperäjäsenvaltion toimivaltaisen viranomaisen luvalla;
- f) muut kuin 8 tai 10 artiklassa tarkoitettut eläimet ja ruhonosat, kun kyse on eläimistä,
- i) jotka ovat kuolleet muutoin kuin ihmisravinnoksi teurastamisen tai kaatamisen vuoksi, mukaan lukien taudintorjuntatarkoituksessa lopetetut eläimet,
- ii) sikiöt;
- iii) muuhun kuin siitostarkoitukseen käytettävät munasolut, alkioit ja siemenneste; sekä
- iv) kuoriutumattomana kuollut siipikarja;
- g) luokkaan 2 kuuluvan ja luokkaan 3 kuuluvan aineksen seokset;
- h) muut eläimistä saatavat sivutuotteet kuin luokkaan 1 kuuluva aines tai luokkaan 3 kuuluva aines.

(EUROOPAN PARLAMENTIN JA NEUVOSTON ASETUS (EY) N:o 1069/2009 artikla 9.)

2.1.3 Luokka 3

Luokkaan 3 kuuluva aines sisältää seuraavat eläimistä saatavat sivutuotteet:

- a) teurastettujen eläinten ja kaadetun riistan ruhot ja ruhonosat, jotka on todettu ihmisravinnoksi kelpaaviksi yhteisön lainsäädännön mukaisesti, mutta joita ei ole kaupallisista syistä tarkoitettu ihmisravinnoksi;
- b) eläinten ruhot tai seuraavat ruhonosat, jotka ovat peräisin joko teurastamossa teurastetuista eläimistä, jotka ovat ante mortem -tarkastuksessa todettu ihmisravinnoksi teurastuskelpoisiksi, tai yhteisön lainsäädännön mukaisesti ihmisravinnoksi kaadetun riistan ruhot ja seuraavat ruhonosat:
- i) eläinten ruhot tai ruhonosat, jotka on todettu yhteisön lainsäädännön mukaisesti ihmisravinnoksi kelpaamattomiksi, mutta joissa ei ole merkkejä ihmiseen tai eläimiin tarttuvista taudeista;
- ii) siipikarjan päät;
- iii) vuodat ja nahat, mukaan lukien niiden leikkujätteet ja haljakset, sarvet ja jalat, mukaan lukien seuraavien eläinten falangit sekä karpus- ja metakarpusluut, kinnernivelen ja jalkapöydän luut:
- muut eläimet kuin märehitjät, joille on tehtävä TSE testi, ja

- märehitjät, joille tehdystä testistä on saatu negatiivinen tulos asetuksen (EY) N:o 999/2001 6 artiklan 1 kohdan mukaisesti;
- iv) sianharjakset;
- v) sulat ja höyhenet;
- c) eläimistä saatavat sivutuotteet, jotka ovat peräisin asetuksen (EY) N:o 853/2004 1 artiklan 3 kohdan d alakohdan mukaisesti tilalla teurastetusta siipikarjasta tai tilalla teurastetuista jäniseläimistä, joissa ei ole ilmennyt merkkejä ihmiseen tai eläimiin tarttuvista taudeista;
- d) veri, joka on peräisin eläimistä, joissa ei ole ilmennyt kliinisiä merkkejä veren välityksellä ihmisiin tai eläimiin tarttuvista taudeista, ja joka on saatu seuraavista eläimistä, jotka on teurastettu teurastamossa sen jälkeen, kun ne ovat ante mortem -tarkastuksessa todettu teurastuskelpoisiksi ihmisravintona käyttöä varten, tai yhteisön lainsäädännön mukaisesti:
 - i) muut eläimet kuin märehitjät, joille on tehtävä TSE-testi; ja
 - ii) märehitjät, joille tehdystä testistä on saatu negatiivinen tulos asetuksen (EY) N:o 999/2001 6 artiklan 1 kohdan mukaisesti;
- e) eläimistä saatavat sivutuotteet, jotka ovat peräisin ihmisravinnoksi tarkoitettujen tuotteiden tuotannosta, mukaan luettuina luut, joista on poistettu rasva, ja rasvan sulatuksessa syntyvä proteiinijäännös ja maidon jalostuksessa linkoihin tai separaattoreihin jäänyt aine;
- f) eläinperäiset elintarvikkeet tai eläinperäisiä tuotteita sisältävät elintarvikkeet, joita ei enää ole tarkoitettu ihmisravinnoksi kaupallisista syistä tai sellaisten valmistuksessa tai pakkauksessa esiintyneiden ongelmien tai muiden vikojen vuoksi, jotka eivät aiheuta riskiä ihmisten tai eläinten terveydelle;
- g) eläinperäinen lemmikkieläinten ruoka tai rehu tai eläimistä saatavia sivutuotteita ja niistä johdettuja tuotteita sisältävä rehu, joita ei enää ole tarkoitettu rehuksi kaupallisista syistä tai sellaisten valmistuksessa tai pakkauksessa esiintyneiden ongelmien tai muiden vikojen vuoksi, jotka eivät aiheuta riskiä ihmisten tai eläinten terveydelle;
- h) veri, istukat, villa, höyhenet, sulat, karva, sarvet, kavion tai sorkan osat ja raakamaito, jotka ovat peräisin elävistä eläimistä, joissa ei ole ilmennyt merkkejä kyseisen tuotteen välityksellä ihmisiin tai eläimiin tarttuvista taudeista;
- i) vesieläimet ja tällaisten eläinten osat, merinisäkkäitä lukuun ottamatta, joissa ei ole ilmennyt merkkejä kyseisen tuotteen välityksellä ihmisiin tai eläimiin tarttuvista taudeista;
- j) vesieläimistä saatavat sivutuotteet, jotka ovat peräisin ihmisravinnoksi tarkoitettuja tuotteita valmistavista laitoksista;
- k) seuraavat ainekset, jotka ovat peräisin sellaisista eläimistä, joissa ei ole ilmennyt merkkejä kyseisen aineksen välityksellä ihmisiin tai eläimiin tarttuvista taudeista:
 - i) simpukoiden kuoret, joista on poistettu pehmytkudos tai liha;
 - ii) maaeläimistä peräisin olevat seuraavat tuotteet:
 - hautomoiden sivutuotteet,
 - munat,
 - munien sivutuotteet, mukaan lukien munankuoret;
 - iii) kaupallisista syistä tapetut untuvikot;
- l) vedessä tai maalla elävät selkärangattomat, muut kuin eläimille tai ihmisille patogeeniset lajit;
- m) eläimet ja niiden osat, jotka kuuluvat eläintieteellisesti Rodentia- tai Lagomorpha -lahkoihin, lukuun ottamatta 8 artiklan a kohdan iii, iv ja v alakohdassa tarkoitettua luokkaan 1 ja 9 artiklan a–g alakohdassa tarkoitettua luokkaan 2 kuuluvaa ainesta;

- n) vuodat ja nahat, sorkat, kaviot, höyhenet, sulat, villa, sarvet, karva ja turkikset, jotka ovat peräisin muista kuin tämän artiklan b alakohdassa tarkoitetuista kuolleista eläimistä, joissa ei ole ilmennyt merkkejä kyseisen tuotteen välityksellä ihmisiin tai eläimiin tarttuvasta taudista;
- o) rasvakudos, joka on peräisin eläimistä, joissa ei ole kliinisiä merkkejä kyseisen aineksen välityksellä ihmisiin tai eläimiin tarttuvista taudeista ja jotka on teurastettu teurastamossa sen jälkeen, kun ne ovat ante mortem -tarkastuksessa todettu teurastuskelpoisiksi ihmisravintona käyttöä varten yhteisön lainsäädännön mukaisesti;
- p) muu kuin 8 artiklan f alakohdassa tarkoitettu ruokajäte.
- (EUROOPAN PARLAMENTIN JA NEUVOSTON ASETUS (EY) N:o 1069/2009 artikla 10.)

2.2 Sivutuotteiden poltto

Sivutuotteiden polttamiseen tarvitaan aina lupa. Kokonaisten raatojen polttamiseen sovelletaan sivutuoteasetusta (1069/2009). Luvan polttamiseen antaa kunnaneläinlääkäri. Teurasjätteiden polttoon sovelletaan jätteenpoltoasetusta (362/2003). Jätteenpolton asetukset ovat tiukat ja vaativat käytännössä savukaasujen puhdistuslaitteiston ja jatkuvia mittauslaitteita. (Lehto ym. 2015, 18.)

3 JÄTTEENPOLTTO

3.1 Jätelaki

” Tätä lakia ei sovelleta seuraaviin jätteisiin:

6) eläimistä saataviin sivutuotteisiin siltä osin kuin niistä säädetään muiden kuin ihmisravinnoksi tarkoitettujen eläimistä saatavien sivutuotteiden ja niistä johdettujen tuotteiden terveystieteiden ja eläinlääketieteiden asetuksen (EY) N:o 1774/2002 kumoamisesta (sivutuoteasetus) annetussa Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksessa (EY) N:o 1069/2009, mukaan lukien sivutuoteasetuksen soveltamisalaan kuuluva lanta ja käsitellyt tuotteet; lakia sovelletaan kuitenkin sellaisiin sivutuotteisiin ja niistä johdettuihin tuotteisiin, jotka on tarkoitettu poltettaviksi, kaatopaikalle sijoitettaviksi tai käytettäväksi biologisessa käsittelylaitoksessa;” (Jätelaki 646/2011 §3 kohta 6.)

Edellä mainitun artiklan mukaan sivutuotteen poltossa on noudatettava jätteenpolton asetusta, jonka vaatimukset ovat tiukat.

3.2 Päästövaatimukset

Jätteenpolton ympäristövaatimukset ovat tiukat ja niistä päätetään ympäristöluvassa.

Mittaukset ilmaan johdettavista päästöistä;

Jätteenpolttolaitoksessa ja jätteen rinnakkaispolttolaitoksessa on tehtävä tämän asetuksen liitteen 5 mukaiset ilmaan johdettavien päästöjen mittaukset seuraavasti:

1) jatkuvat mittaukset seuraavista epäpuhtauksista:

- a) typenoksidit (NO_x), jos ympäristöluvassa on niitä koskeva päästöjen raja-arvo;
- b) hiilimonoksidi (CO);
- c) hiukkasten kokonaismäärä;
- d) orgaanisen hiilen kokonaismäärä (TOC);
- e) suolahappo (HCl);
- f) fluorivety (HF);
- g) rikkidioksidi (SO_2);

2) jatkuvat mittaukset seuraavista prosessin toimintaan liittyvistä muuttujista:

- a) lämpötila palamiskammion sisäseinän läheisyydestä taikka muusta ympäristöluvassa tai siinä määrättyssä tarkkailusuunnitelmaa koskevassa päätöksessä määritellystä palamiskammion edustavasta kohdasta;
 - b) savukaasun happipitoisuus, paine, lämpötila ja vesihöyrysisältö;
- 3) vähintään kahdesti vuodessa mittaukset raskasmetalleista, dioksiineista ja furaaneista, kuitenkin siten, että laitoksen ensimmäisen 12 käyttökuukauden aikana mittaukset tehdään vähintään joka kolmas kuukausi.

Savukaasujen viipymäaika, vähimmäislämpötila ja happipitoisuus on todennettava asianmukaisesti vähintään kerran laitoksen käyttöönoton aikana ja epäedullisimmiksi ennakoituissa käyttöolosuhteissa.

19 §

Ilmaan johdettavien päästöjen mittauksia koskevat erityissäännökset

Jätteenpolttolaitoksessa ja jätteen rinnakkaispolttolaitoksessa ei tarvitse tehdä seuraavia 18 §:ssä tarkoitettuja mittauksia:

- 1) fluorivedyn (HF) jatkuvia mittauksia, jos suolahapon (HCl) käsittelyssä on vaiheita, joilla varmistetaan, että suolahapon päästöjen raja-arvo ei ylitä ja fluorivedyn päästöistä tehdään muutoin määräaikaiset mittaukset siten kuin 18 §:n 1 momentin 3 kohdassa säädetään;
- 2) vesihöyrysisällön jatkuvia mittauksia, jos näytteeksi otettu savukaasu kuivataan ennen päästöjen analysointia;
- 3) suolahapon (HCl), fluorivedyn (HF) ja rikkidioksidin (SO_2) jatkuvia mittauksia, jos toiminnanharjoittaja voi osoittaa, että mainittujen epäpuhtauksien päästöt eivät voi missään olosuhteissa ylittää asetettuja päästöjen raja-arvoja ja epäpuhtauksien päästöistä tehdään tarvittaessa muutoin määräaikaiset mittaukset siten kuin 18 §:n 1 momentin 3 kohdassa säädetään;
- 4) typenoksidien (NO_x) jatkuvia mittauksia sellaisessa käytössä olevassa jätteenpolttolaitoksessa tai käytössä olevassa jätteen rinnakkaispolttolaitoksessa, jonka nimelliskapasiteetti on alle kuusi tonnia tunnissa, jos toiminnanharjoittaja voi osoittaa jätteen laatua, käytettyä tekniikkaa ja päästöjä koskevien tietojen ja päästöjen tarkkailutulosten perusteella, että typenoksidipäästöt eivät missään tilanteessa voi ylittää asetettuja päästöjen raja-arvoja ja typenoksidipäästöistä tehdään määräaikaiset mittaukset siten kuin 18 §:n 1 momentin 3 kohdassa säädetään.

Edellä 18 §:n 1 momentin 3 kohdassa säädettyjen raskasmetallien määräaikaisten mittausten aikaväliä voidaan pidentää yhteen kertaan kahdessa vuodessa sekä dioksiinien ja furaanien määräaikaisten mittausten aikaväliä yhteen kertaan vuodessa, jos:

- 1) jätteen polttamisessa syntyvät päästöt ovat kaikissa olosuhteissa alle 50 prosenttia tämän asetuksen liitteessä 2 ja 3 raskasmetalleille, dioksiineille ja furaaneille asetetuista päästöjen raja-arvoista; tai

2) poltettava jäte muodostuu ainoastaan muiden jätteiden kuin vaarallisten jätteiden sellaisista lajitelluista palavista jakeista, jotka eivät sovellu kierrätykseen ja toiminnanharjoittaja voi osoittaa luotettavasti jätteiden laatuun ja vastaavien jätteiden polttamisesta tehtyihin päästömittauksiin perustuen, että päästöt alittavat kaikissa olosuhteissa selvästi tämän asetuksen liitteessä 2 ja 3 raskasmetalleille, dioksiineille ja furaaneille asetetut päästöjen raja-arvot. Edellä 1 momentin 3 ja 4 kohdassa tarkoitetuissa tapauksissa mittauksista on määrättävä erikseen ympäristöluvassa. Edellä 2 momentissa tarkoitetuissa tapauksissa ympäristöluvassa on määrättävä erikseen jätteiden laadusta ja ominaisuuksista sekä mittauksen aikavälistä.

12 §

Polttoolosuhteiden määrittäminen ympäristöluvassa

Jos jätteenpolttolaitoksessa poltetaan vain tiettyihin jäteluokkiin kuuluvia jätteitä tai käytetään vain tiettyjä lämpökäsittelyprosesseja ja tässä asetuksessa säädettyjen vaatimusten noudattamisesta voidaan muutoin varmistua, ympäristöluvassa voidaan poiketa 9—11 §:n mukaisista lämpötilaa tai viipymää koskevista vaatimuksista edellyttäen, ettei syntyvän polttojätteen eikä sen sisältämien orgaanisten epäpuhtauksien määrä ole suurempi kuin noudatettaessa 9 ja 10 §:ssä säädettyjä vaatimuksia. (Valtioneuvoston asetus jätteen polttamisesta 151/2013 18 §.)

Edellä lainatun asetustekstin perusteella muista mittauksista olisi perustellusti mahdollista luopua, mikäli poltto-ominaisuudet saataisiin kehitettyä sille tasolle todistetusti. Ainoastaan CO:n, TOC:n ja hiukkasten jatkuva mittaus veloitettaisiin. 12 §:n mukaan lämpötilaseurantakin voitaisiin sivuuttaa, mikäli esimerkiksi jäännöshiili tuhkassa on riittävän matalalla tasolla, tai laitevalmistaja takaa viipymääjan ja lämpötilatason. Näistä asioista päätettäisiin kuitenkin lopulta ympäristöluvassa. Myynnissä on esimerkiksi VTT:n testeihin todistettuja polttokattiloita, joiden hiukkaspäästöt alittavat jopa 20 mg/Nm³. (Veljekset Ala-Talkkari Oy.)

Siltikin osa mittauksista veloitettaisiin, jolloin pienteurastajalle koitua kulu olisi kohtuuton toiminnan aloittamiselle. Jatkuvien päästömittauslaitteiden kohdalla puhutaan kymmeniä tuhansia euroja kustantavista laitteistoista, joten sellaiseen investoiminen ei olisi kannattavaa.

3.3 Rinnakkaispoltto

Käytännössä sivutuotteiden poltto tapahtuu rinnakkaispolttona puuhakkeen kanssa. Rinnakkaispolttolaitoksissa päästöraajat määräytyvät seossuhteen mukaan.

$$C = \frac{V_{\text{jäte}} \times C_{\text{jäte}} + V_{\text{prosessi}} \times C_{\text{prosessi}}}{V_{\text{jäte}} + V_{\text{prosessi}}} \quad (1)$$

missä;

C= päästöraja seospoltossa mg/Nm³

V_{jäte} = jätteenpolton savukaasu volyymi

C_{jäte} = jätteen polton päästöarvo

V_{prosessi} = tavanomaisen sallitun polttoaineen polttamisesta syntynyt savukaasu

C_{prosessi} = tietyille teollisuusaloille asetetut päästöjen raja-arvot, tai jos tällaiset raja-arvot puuttuvat, sellaisten laitosten savukaasussa esiintyvien asianomaisten epäpuhtauksien ja hiilimonoksidin päästöjen raja-arvot, joista säädetään muualla laissa, kun niissä poltetaan tavanomaisesti sallittuja polttoaineita (lukuun ottamatta jätteitä). Jos tällaisia säädöksiä ei ole, käytetään luvassa asetettuja päästöjen raja-arvoja. Jos tällaisia luvassa asetettuja päästöjen raja-arvoja ei ole, käytetään todellisia massapitoisuuksia. (Jätteenpoltoasetuksen 151/2013 liite 3.)

Käytännössä pienteurastajan polttolaitteet olisivat alle 1 MW tehoisia. Alle 1 MW laitoksille ei ole minkäänlaisia päästörajoja, jolloin ylläolevan mukaan päästörajalaskennassa käytettäisiin todellista massapitoisuutta, esimerkiksi rikkipäästössä (SO_2). Kun puussa ei juurikaan rikkiä ole, ei tule myöskään SO_2 -päästöjä. Tästä käytännössä seuraa alennettu jätteenpolton raja-arvo. Esimerkiksi 50/50-seossuhteella puun kanssa poltettaessa puolittuisi jätteenpolton raja-arvo puoleen. Kaava ei toimi kovinkaan hyvin matalan rikkipitoisuuden omaavien polttoaineiden kanssa. Toisaalta, esimerkiksi turpeen kanssa raja-arvo nousisi 50/50-seospoltossa 225 mg/Nm^3 . Tämä on laskettuna turpeenpolton tulevan, noin 400 mg/Nm^3 SO_2 päästön perusteella.

3.4 Jätteeksi luokittelun päättyminen

4) aine tai esine täyttää sen suunniteltuun käyttöön liittyvät tuotetta sekä ympäristön- ja terveydensuojelua koskevat vaatimukset eikä sen käyttö kokonaisuutena arvioiden aiheuta vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle.

Valtioneuvoston asetuksella voidaan antaa tarkempia säännöksiä 2 momentissa tarkoitetuista sivutuotteeksi luokittelun edellytyksistä sivutuotteittain eriteltyinä.

Valtioneuvoston asetuksella voidaan antaa tarkempia säännöksiä jätelajeittain siitä, milloin aine tai esine ei ole enää jätettä, jos:

- 1) se on läpikäynyt hyödyntämistoimen;
- 2) sillä on käyttötarkoitus, johon sitä käytetään yleisesti;
- 3) sillä on markkinat tai kysyntää;
- 4) se täyttää käyttötarkoituksensa mukaiset tekniset vaatimukset ja on vastaaviin tuotteisiin sovellettavien säännösten mukainen; ja
- 5) sen käyttö ei kokonaisuutena arvioiden aiheuta vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle.

Valtioneuvoston asetuksella voidaan antaa tarkempia säännöksiä myös 4 momentissa tarkoitettussa aineessa tai esineessä sallituista haitta-aineiden pitoisuuksista ja liukoisuuksista, aineen tai esineen käyttöä koskevista teknisistä vaatimuksista sekä muista vastaavista seikoista. (Jätelaki 646/2011 §3 kohta 6.)

Tämän edellä mainitun kohdan perusteella teurasjätteen jäteluokittelu olisi tapauskohtaisesti harkittaessa mahdollista saada poistettua. Hakeminen lähtee toiminnanharjoittajan aloitteesta ja viranomaiset tekevät asiasta lopulliset päätökset. (YM muistio 2014.)

Teurasjätteen poltto syntytalalla voisi mielestäni täyttää nämä arviointiperusteet, mikäli poltossa syntyvä lämpö hyödynnetään. Polton päästöt eivät ole vaaran- tai haitanaiheuttaja, vaan melko normaalia pienpolton päästötasoa. Tällöin polttoon ei sovellettaisi enää jätteenpolton asetuksia ja pienteurastajan olisi mahdollista hyödyntää oman tuotannon ei kaupallinen tuote energiana.

4 PALAMISEN TEORIA

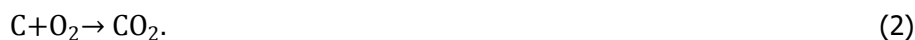
4.1 Kiinteiden polttoaineiden palaminen

Tässä työssä käsiteltävät polttoaineet sisältyvät kiinteisiin polttoaineisiin. Kiinteiden polttoaineiden palaminen tapahtuu kolmessa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa polttoaineesta poistuvat ympäristön lämmön vaikutuksesta kosteus ja haihtuvat aineet. Jäännöskosteus poistuu juuri ennen polttoa, kun partikkeli lämmitetään lämpötilaan 400-600 °C sekunnin murto-osassa. Samalla haihtuvat polttoaineesta kaasuuntuvat komponentit. Toisessa vaiheessa kaasuuntuneet yhdisteet syttyvät palamaan lämmittäen polttoainetta. Kaasuuntuvien komponenttien palaminen on nopeaa, se kestää 0,2-0,5 sekuntia. Kolmannessa vaiheessa palaa jäljelle jäänyt koksipartikkeli. Vaiheen kolme alussa koksipartikkeli syttyy palamaan ja sen lämpötila nousee ympäristön lämpötilaa korkeammaksi (800-1000 °C), luovuttaen lämpöä ympäristöön. (Huhtinen, Kettunen, Nurminen ja Pekkanen 2000, 83.)

4.2 Palamisreaktiot

Tässä kohdassa tarkastellaan hiilen, vedyn ja rikin palamisreaktioita. Palamisreaktiot ovat nettoreaktioina, eli kaavoista selviää lähtöaineet ja lopputuotteet.

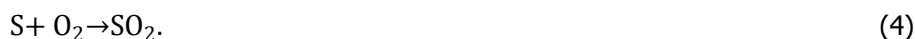
Hiilen palaessa puhtaasti syntyy hiilidioksidia



Vedyn palaessa syntyy vettä



Rikin palaessa syntyy rikkidioksidia



4.3 Palamisessa syntyvät haitalliset päästöt

Edellä mainittujen palamisreaktioiden kaasuista hiilidioksidi ja rikkidioksidi ovat ympäristölle haitallisia. Näiden lisäksi syntyy typen oksideja, kun happi reagoi typen kanssa. Näiden välinen reaktio on endoterminen, eli se ei tuota lämpöä, vaan kuluttaa sitä.

Typen oksidien syntymistä kuvaavat reaktiot ovat:



Hiilen palaessa epätäydellisesti, syntyy hiilimonoksidia, eli häkää.

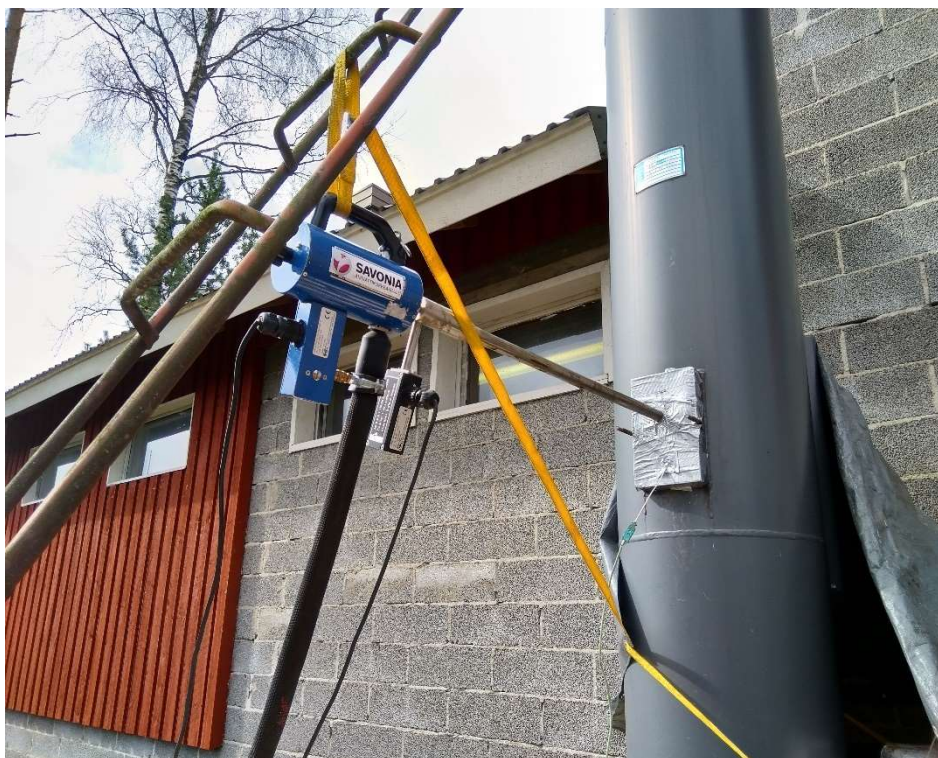


Kiinteiden polttoaineiden poltossa syntyy myös hiukkaspäästöjä ja hiilivetyypäästöjä. Hiilivetyypäästöt ovat seurausta huonosta palamisesta, joten niitä syntyy usein häkäpäästöjen kanssa samaan aikaan. Polttoaineen alkuainepitoisuudet määrittävät, kuinka paljon mitäkin päästöä syntyy. Esimerkiksi rikki-dioksidia syntyy sen verran, kuin polttoaine rikkiä sisältää. Hiilimonoksidin ja typpiyhdisteiden muodostumiseen voidaan vaikuttaa polttoteknisesti.

5 SAVUKAASUJEN MITTAUS

Opinnäytetyössä savukaasukomponentit mitattiin Gaset GX-4000 savukaasuanalysoitsalla. Kuvassa 1 on Gaset GX-4000 savukaasuanalysoitsin mittaussondi piipun mittausyhteeseen asennettuna. Mittaus perustuu FTIR-tekniikkaan. IR (Infrared) tekniikkaa käytetään aineiden ja molekyylien tunnistamiseen. Mitattavaan aineeseen tuodaan lämpösäteilyä (infrapuna) ja sen jälkeen laite tutkii, paljonko säteily on absorboitunut. Absorboituminen tapahtuu molekyylin värähtely- ja pyörähdysliikkeisiin. FTIR (Fourier Transmitter InfraRed) perustuu valon interferenssikuvion, eli aaltojen tutkimiseen. (PEDA.)

Savukaasujen mittaustulokset saadaan kosteista kaasuista ppm (parts per million) yksiköissä, jotka joudutaan muuntamaan yksikköön mg/Nm³ kuivissa kaasuissa. Päästörajat ilmoitetaan mg/Nm³ muodossa redusoituna johonkin tiettyyn happipitoisuuteen. Jätteenpolton rajat ovat ilmoitettuna 11% happipitoisuuteen redusoituna. (Nikula 2016, 4-10.)



KUVA 1. Gasmet GX-4000 (Monola 2018-5-4.)

Savukaasulaskut:

$$C_{\text{mg/m}^3} = C_{\text{ppm}} * \frac{M(\text{g/mol})}{22,4\text{m}^3/\text{kmol}} \quad (8)$$

missä;

$C_{\text{mg/m}^3}$ = pitoisuus tiettyä savukaasukomponenttia

M = molekyyli massa (tietyn savukaasukomponentin)

C_{ppm} = mitattu pitoisuus (parts per million).

$$C_{\text{kuiva}} = \frac{C_{\text{kostea}}}{1 - \frac{C_{\text{H}_2\text{O}}}{100}} \quad (9)$$

missä;

C_{kuiva} = komponentin pitoisuus kuivassa savukaasussa

C_{kostea} = mitattu pitoisuus kosteassa savukaasussa

$C_{\text{H}_2\text{O}}$ = savukaasun kosteus.

$$C_{\text{O}_2\text{-muunnettu}} = C_{\text{kuiva}} * \frac{20,9 - \text{O}_2, \text{vertailu}}{20,9 - \text{O}_2, \text{mitattu}} \quad (10)$$

missä;

$C_{\text{O}_2\text{-muunnettu}}$ = redusoitu pitoisuus

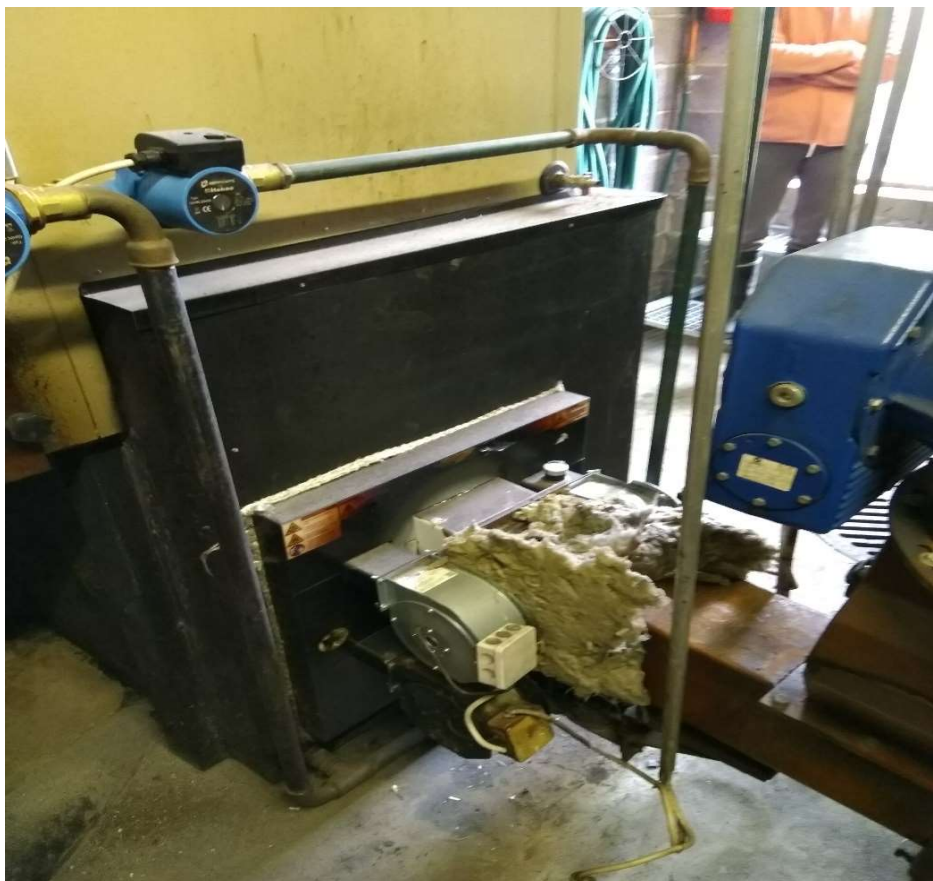
C_{kuiva} = komponentin pitoisuus kuivassa savukaasussa

$O_2, \text{ vertailu}$ = vertailuarvo, jätteenpoltossa 11%.

6 KOEPOLTTO

6.1 Koepolttolaitos

Koepolttolaitoksena toimi keskuslämmityskattila. Kuvassa 2 oleva kattila on Ala-Talkkarit Oy:n valmistama VETO-keskuslämpökattila. Kattila on varustettu muuratulla pesällä, joten se soveltuu ruhonosien polttoon. Pesään syötetään polttoainetta kahdella ruuvilla. Toinen on hakkeen, eli pääpolttoaineen syöttävä ruuvi ja kuvassa 3 on toinen pois kytkettävä teurasruuvi. Kattilan jäännöshappi on lambda-ohjattu ja asetusarvo on 10 %. Kattilan teho on 200 kW ja sen tuottama lämpö hyödynnetään tilalla.



KUVA 2. Koepolttokattilan hakesyöttöpuoli (Monola 2018-5-4.)



KUVA 3. Teurasruuvi (Monola 2018-5-4.)

6.2 Polttoaineen syötön määrä

Polttoaineen syötön määrä on laskennallinen syötettävien polttoaineiden tiheyksien, ruuvien tilavuuksien ja pyörimisten perusteella. Arvot ovat sekä paikan päällä mitattuja että toimittajalta kysytyjä arvoja. Syötön laskenta on tehty ruuvin halkaisijan, akselin halkaisijan, ruuvin kierteen nousun ja pyörimisnopeuden perusteella. Ruuvin yksi kierros vastaa yhden nousun mittaista lieriötilavuutta, vähennettynä akselin tilavuudella. Ruuvin lehden tilavuutta ei ole huomioitu, koska sen merkitys on vähäinen. Lopuksi tilavuus aikayksikköä kohti voidaan kertoa tiheydellä, jolloin saadaan polttoaineen todellinen massa.

Hakesyöttö:

$$V_{\text{nousu}} = \frac{\pi}{4} D^2 L - \frac{\pi}{4} d^2 L \quad (11)$$

missä;

D = ruuvin halkaisija (160 mm)

d = akselin halkaisija (60 mm)

L = nousun pituus (180 mm)

Hakeruuvin pyörintänopeus 20 kierrosta minuutissa

Hakkeen tiheys 0,3 kg/l

Teurasjättesyöttö:

$$V_{\text{nousu}} = \frac{\pi}{4} D^2 L - \frac{\pi}{4} d^2 L \quad (12)$$

missä;

D = ruuvien halkaisija (300 mm)

d = akselin halkaisija (200 mm)

L = nousun pituus (300 mm)

Teurasjäteruuvien pyörintänopeus 0,5 kierrosta minuutissa

Teurasjätteen tiheys noin 0,9 kg/l

Ruuvit pyörivät koepoltossa seuraavasti:

Hakeruuvi: 2 sekuntia käyntiä ja 20 sekuntia taukoa

Teurasruuvi: 30 sekuntia käyntiä ja 120 sekuntia taukoa

Edellä listatuilla tiedoilla saatiin teurasjätteen syöttömääräksi 10,6 kg ruuvien kierrosta kohti. Teurasruuvi pyörähti tunnin aikana 720 sekuntia eli 6 kokonaista kierrosta. Tunnin aikana syötettiin kaikkiaan 63,6 kg teurasjätettä.

Hakeruuvien syöttömäärä oli 0,93 kg kierrosta kohti. Hakeruuvi pyörähti tunnin aikana 360 sekuntia eli 120 kierrosta. Tunnin aikana syötettiin yhteensä 111,6 kg polttohaketta. Karkeasti voidaan sanoa polttosuhteen olleen 2/3 haketta ja 1/3 teurasjätettä.

6.3 Koepoltto ja savukaasupäästöt

Koepoltto suoritettiin naudan teurasjätteellä. Koepoltossa mittaustuloksia seurattiin noin 6,5 tunnin ajan. Välillä sattui tunnin (kello 11:30-12:30) teurasjätteen syötön katkaisu raja-anturi viasta johdettuna, joka näkyi päästöjen muutoksena. Kattilan jäähdyttävänä piirinä toimiva vesipiiri rajoitti kahdeksan otteeseen polttoa ja pysäytti sekä palamisilmapuhaltimen että polttoaineen syötön. Päästömittaustuloksista eniten jätteenpolton päästöraja-arvojen yli oli SO₂-taso keskimäärin 300 mg/Nm³. Teurasjätteessä on alkuaainerikkiä sen verran enemmän puuhakkeeseen verrattuna, että teurasjäte nostaa rikkidioksidipäästöt ylös. Teurasjätteen rikki on todennäköisesti sitoutuneena proteiinien rikkipitoisiin aminohappoihin. (Solunetti.)

Rikkidioksidipäästö ei siltikään ole mitenkään haittaa tai vaaraa aiheuttavaa tasoa, koska esimerkiksi turpeenpoltossa rikkidioksidin päästöraja-arvot jo olemassa olevissa alle 50 MW laitoksissa 500 mg/Nm³ ja puupolttoaineillekin 200 mg/Nm³. Taulukossa 1 on esitetty sekä päästöraja-arvoja että koepoltossa mitattuja päästöjä. Alle 1 MW laitoksille, joita pienteurastajien käyttämät polttolaitokset ovat, ei päästörajoja ole asetettu liitteen 6 mukaisesti. (750/2013 PIPO-asetus.)

Savukaasu komponentti	Päästöraja-arvo turve 1 – 50 MW 6% O ₂	Päästöraja-arvo puu 1 – 50 MW 6% O ₂	Päästöraja-arvo jäte, vuorokausikeskiarvo 11 % O ₂	Koepoltossa mitattu 11% O ₂
CO	ei rajattu	ei rajattu	50	200
SO ₂	500	200	50	300
NO _x	600	450	200	350

TAULUKKO 1. Päästöjen vertailu (750/2013 PIPO-asetus.)

NO_x-taso oli melko normaalia pienpolttotasoa noin 350 mg/Nm³. CO-taso 200 mg/Nm³ oli korkeampi, kuin jätteenpoltoasetuksen 50 mg/Nm³ vuorokausikeskiarvo. CO:n muodostumista olisi polttoteknisesti mahdollista alentaa, esimerkiksi tasaamalla polttoaineen syöttöä, joka tapahtuu nyt jaksoittaisesti.

Trendiliitteistä on nähtävissä selvästi syötön katkaisut ja palamisilmapuhaltimen pysäytys kello 11:30. Samaan aikaan hiilimonoksidin tason noustessa, on myös orgaanisten yhdisteiden, kuten metaanin määrä noussut. Tulipesä on toiminut hetken matalahappisessa olosuhteessa ja toiminut ikään kuin kaasuttimena. Muuraukset pesässä edesauttavat pitämään lämpötilan korkealla, koska niihin on varautunut lämpöä ja yhdisteiden haihtumisen vaatima lämpötila säilyy (Liitteet 1 ja 2).

Tähän samaan ajanjaksoon hiilidioksidin määrä on myös laskenut, joka johtuu hiilen hapettumisesta vain hiilimonoksidiksi huonon palamisen johdosta (Liite 3).

Typpiyhdisteiden trendistä (Liite 4) voidaan havaita typpimonoksidin selvä lasku samaan aikaan alhaisen happipitoisuuden kanssa. Tähän samaan aikaan ammoniakkin muodostus on lisääntynyt. Nämä kertovat polttoaineen sisältämän typen käyttäytymisestä, eli ali-ilmaisessa olosuhteessa NH₃ reagoi molekyylitypeksi, eikä typpimonoksidiksi. Tähän samaan ilmiöön perustuu ilman vaiheistuksilla saatava typpiyhdisteiden tason lasku. (Raiko, Saastamoinen, Hupa, Kurki-Suonio 2002, 309.) Tämän perusteella typpimonoksidin muodostumista olisi mahdollista alentaa jäännöshappitason alentamisella.

Typpiyhdisteiden trendistä voidaan myös havaita NO ja N₂O suhteen käyttäytyminen, sillä aikavälillä, kun teurasjätteen syöttö oli seis. NO muodostus oli alhaisempaa ja N₂O muodostus lisääntyi. Tämä voi johtua lämpötilan alentumisesta, koska pesä alkoi palaa tyhjäksi teurasjätteestä. (Raiko ym. 2002, 326.)

7 SO₂-SAVUKAASUPÄÄSTÖJEN ALENTAMINEN

7.1 Kalkinsyöttö polttoaineen sekaan

Edullinen tapa vähentää savukaasujen rikkidioksidipäästöjä, on syöttää kalkkia tulipesään. Joissakin arinakattiloissa on syötetty kalsiumhydroksidia suoraan tulipesään ja tällä tavalla saatu rikkidioksidipäästöjä alennettua 30-60%. Menetelmä perustuu kalsiumyhdisteen kykyyn sitoa rikkiä itseensä. Pölypoltossa kalkkiyhdisteitä voidaan syöttää hienajakoisena sumuna tulipesään sekä leijukattilassa suoraan leijukerrokseen. Eri kalsiumyhdisteitä joilla tätä voi kokeilla ovat kalkkikivi (CaCO₃), sammutettu kalkki (Ca(OH)₂) ja poltettu kalkki (CaO). (Raiko ym. 2002, 480.)

Tällaisessa pienpoltossa kalsiumyhdisteiden syöttämiseen paras tekniikka on syöttää sitä suoraan polttoaineen sekaan. Monimutkaiset syöttöjärjestelmät voivat olla hankalia ja epäluotettavia hallita. Kalsiumyhdiste muuttuu tulipesän kuumuudessa poltetuksi kalkiksi (CaO) ja sen jälkeen tapahtuu sulfanointi reaktio.



7.1.1 Kalkinsyötön kokeilu polttoaineen sekaan

Suoritimme Savonian tutkimushallilla kokeilun, jolla pyrimme selvittämään rikkidioksidipäästöjen alentamista syöttämällä kalkkia suoraan polttoaineen sekaan. Testilaitteena toimi tutkimushallin arinakattila, joka on esitetty kuvassa 4. Polttoaineena käytimme metsätähdettä (myöhempänä tähde) ja haapahaketta. Kyseisten polttoaineiden tiedettiin sisältävän rikkiä aikaisempien koeajojen johdosta.



KUVA 4. Arinakattila (Monola 2019-1-16.)

Kokeilua valmisteltiin tekemällä polttoaineen ja kalkin sekoituksia betonimyllyssä. Kuvassa 5 on esitetty polttoaineen ja kalkin eripitoisia seoksia valmiina. Ensimmäisenä sekoitussuhteena käytimme 5kg/2,25kg polttoaine/kalkki suhdetta. Kokeilu alkoi kattilan esilämmittämisellä, johon käytettiin pellettiä. Kello 10:18 syöttönä oli tähteen ja kalkin sekoitus. Päästöissä oli havaittavissa reilusti häkää, joka oli seurausta huonosta palamisesta. Polttoaineeseen sekoitettu kalkki heikensi palamista, sillä kalkilla on lämpöarvoa alentava vaikutus. Rikkidioksidia ei esiintynyt päästöissä pientä piikkiä lukuun ottamatta, kuin vasta kello 11:05 jälkeen, jolloin syöttönä oli pelkkä tähde. Rikkidioksidipäästöt hävisivät kello 11:25 jälkeen, jolloin syöttönä oli haapahakkeen ja kalkin seos. Puhtaan haapahakkeen syöttö alkoi kello 11:53, jonka jälkeen rikkidioksidipitoisuudet alkoivat kohota. Rikkidioksidipäästöt reagoivat polttoainemuutokseen pienellä viiveellä, koska kalkkia jää arinalle polttoaineen muuttuessa, jolloin arinalla jäljellä oleva kalkki jatkaa reagoimista. Lopuksi kokeilimme vielä kello 12:16 alkaen tähteen ja kalkin sekoitetta 5kg/1kg suhteella. Tällöinkin rikkidioksidipäästöt saatiin alas, eli kalkin syötön optimoinnissa on varaa. Tämä oli ensimmäinen tiedossa oleva testaus tällä tavalla, joten aloitus tehtiin hyvinkin reilulla kalkkimäärällä. Pienempiin kalkkimääriin mentäessä voi häkäpitoisuuksien parempi hallinta olla mahdollista. Testin tuloksien perusteella voidaan sanoa, että kalkin syötöllä on mahdollista hallita rikkipäästöjä pienpoltossa. Optimoimista tämä tapa vaatii, että muut päästöt eivät kärsi kalkin liikasyötöstä. Liitteiden 7 ja 8 trendit ovat redusoimattomia mihinkään hapitasoon, koska testin tuloksia ei ollut tarkoitus verrata suoraan mihinkään toiseen tulokseen, vaan saada selville kalkin reagoiminen tulipesässä.



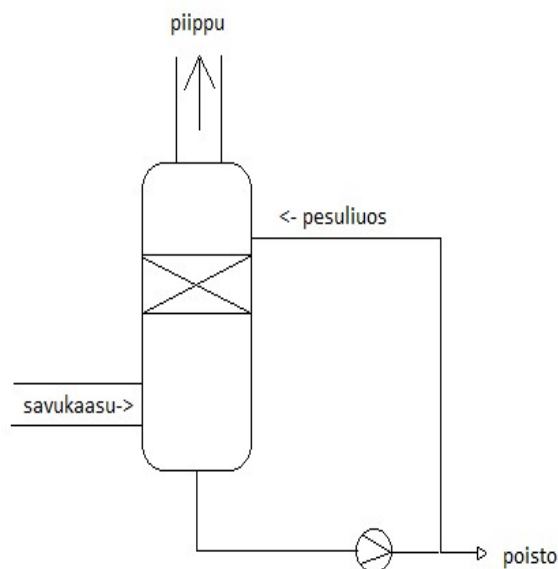
KUVA 5. Polttoaineen ja kalkin seos (Monola 2019-1-16.)

7.2 Savukaasupesuri

Teollisuudessa ja nykyisin rikkidirektiivin (SECA 2015) vaatimuksesta laivoissa on käytössä niin sanottu rikkipesurit. Kuvassa 6 on esitetty rikkipesurin toimintaperiaate. Pesureissa yksinkertaistetusti rikkidioksidi pestään savukaasuista pois vastavirtamenettelyllä. Savukaasujen kanssa vastavirtaan suihkutetaan pesuliuosta, joka tyypillisesti on natriumhydroksidin (NaOH) vesiliuos. Pesurissa tapahtuu seuraava kemiallinen reaktio:



Pesuliuokseen lisätään uutta natriumhydroksidia pH:n pitämiseksi sopivalla tasolla. pH-taso laskee rikkidioksidin reagoidessa natriumhydroksidin kanssa. Pesuri poistaa myös hiukkaspäästöjä, koska hiukkaset sitoutuvat pesuliuokseen.



KUVA 6. Yksinkertainen rikkipesuri (Monola 2018-10-30).

Tällaisen rikinpoistolaitteen sovellutusta pienpolton yhteydessä en löytänyt ainakaan Suomessa olevan. Tällaiselle ei ole kysyntää, koska näin pienen kokoluokan laitoksissa tällaista ei vaadita. Pienpolton päästövaatimukset eivät ole niin tiukkoja, jotta tällaisiin pesureihin olisi tarvetta investoida. Ulkomailla on käytössä jonkinlaisia piipun kostuttimia, joiden tarkoitus on poistaa lähinnä hiukkasia (Dehornos).

8 YHTEENVETO

Jätteenpolton vaatimukset ovat tiukat ja vaativat merkittäviä taloudellisia panostuksia. Vaatimuksiin pääseminen vaatii prosessisuureiden, sekä savukaasupäästöjen jatkuvaa mittausta suorittavia laitteita. Pienteurastajalle tällaiset laitehankinnat ovat kohtuuttomia taloudellisesti. Jäteluokituksen poisto voisi mahdollistaa sivutuotteiden polton energiaksi syntytilalla kohtuullisin kustannuksin. Polttokokeen päästömittaustulokset olivat melko normaalia pienpolton tasoa, rikkidioksidia lukuun ottamatta. Rikkidioksidipäästön taso, verrattuna pienten laitosten raskaan polttoöljyn tai turpeen polttoon, on huomattavasti alhaisempi. Polttokokeen ja sivutuotteen hyödyntämisen tarpeellisuuden perusteella jäteluokituksen poistoa kannattaisi tutkia paremmin.

Lähtökohtaisesti teurasjätettä polttamalla voitaisiin korvata muita polttoaineita, joita joka tapauksessa käytettäisiin. Ylimääräinen teurasjätteen kuljettelu käsittelylaitokselle jäisi myös pois, jonka luulisi edistävän tartuntavaarojen poistoa.

Kuljetuksista syntyy myös päästöjä. Mikäli 15 tonnin suuri jakeluauto kuljettaa esimerkiksi Savonlinnan alueelta Honkajoki Oy:n käsittelylaitokselle (800 km) 1000 kg teurasjätettä, syntyy siitä noin 320 kg hiilidioksidipäästö. (Yksikköpäästöt.)

Tuon 1000 kg teurasjätteen polttamisesta syntyy noin 1500 kg hiilidioksidipäästö. Saatavan energian hyödyntämisen takia korvattaisiin muita polttoaineita.

Hiilidioksidilaskenta:

Polttoaineen ominaisuudet

(tyypillinen alkuainekoostumus, 20% kosteus)

1000 kg polttoainetta (kosteus 20%)

- 200 kg vettä
- tuhkaa 18 kg
- kuivaa polttoainetta 788 kg, josta hiiltä 410 kilogrammaa

Hiilen atomimassa:

12 g/mol

Hapen (molekyylimuodossa O₂) molekyylimassa:

32 g/mol

CO₂ molekyylimassa

44 g/mol

$$\frac{m}{M} = n$$

(16)

$$m = n \cdot M$$

(17)

Sivutuotteiden poltossa tuntuu olevan myös maakohtaisia eroja. Britanniassa on mahdollista polttaa esimerkiksi puun kanssa ruhonosia ilman, että joutuu noudattamaan jätepuolen asetuksia. (Netregs.go.uk)

Kalkinsyötön kokeilun tulokset kertoivat sen potentiaalista rikkidioksidipäästöjen sitomiseen. Palamisesta jäävän kalkki- ja rikkipitoisen tuhkan voisi käyvän hyvin lannoitteena pelloille. Pientilallinen saisi näin hyödyn sitäkin kautta. Sivutuotteiden 2 ja 3 luokan polton tuhkan käyttö lannoitteena on sallittua tilallisen omilla pelloilla (Evira).

LÄHTEET

Dehornos. Home Scrubbers. [viitattu 26-11-2018.] Saatavissa: <http://dehornos.eu/>

EUROOPAN PARLAMENTIN JA NEUVOSTON ASETUS (EY) N:o 1069/2009. [viitattu 26-11-2018.] Saatavissa: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:300:0001:0033:FI:PDF>

Eviran ohje 16010/4. Eläimistä saatavien sivutuotteiden käsittely ja valvonta elintarvikealan laitoksissa 2018. [viitattu 26-11-2018.] Saatavissa: https://www.evira.fi/globalassets/tietoa-evirasta/lo-makkeet-ja-ohjeet/elintarvikkeet/laitokset/liha/eviran_ohje_16010.pdf

Evira. Tuhkan käyttö lannoitteena. [viitattu 26-11-2018.] Saatavissa: <https://www.evira.fi/kasvit/viljely-ja-tuotanto/lannoitevalmisteet/kierratysravinteet/tuhkan-kaytto-lannoitteena/>

HUHTINEN, Markku, KETTUNEN, Arto, NURMINEN, Pasi ja PAKKANEN, Heikki 2000. Höyrykattilatekniikka Viides uusittu painos Edita Oy. Helsinki. ISBN:951-37-3360-2

Jätelaki 646/2011. [viitattu 26-11-2018.] Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2011/20110646>

Luonnonvarakeskus (LUKE). [viitattu 26-11-2018] Saatavissa: <https://www.luke.fi/luke/>

Maa- ja metsätalousministeriön asetus laitosten elintarvikehygieniasta. [viitattu 26-11-2018.] Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20140795>

LEHTO, Marja, SALMINEN, Pirjo, VALTARI, Heidi ja VENELAMPI, Olli 2016. OPAS PIENTEURASTAMON SIVUTUOTTEIDEN HYÖDYNTÄMISESTÄ JA HÄVITTÄMISESTÄ [viitattu 26-11-2018.] Saatavissa: https://www.evira.fi/globalassets/tietoa-evirasta/julkaisut/oppaat/pienteurastamojen_sivutuoteopas_2016.pdf

Netregs.gov.uk. Ympäristö ohjeistus Pohjois-Irlanti ja Skotlanti [viitattu 3-12-2018.] Saatavissa: <http://www.netregs.org.uk/environmental-topics/waste/burning-waste-what-you-need-to-know/requirements-of-the-waste-incineration-directive/requirements-of-the-waste-incineration-directive/>

NIKULA, Miia 2016. Opinnäytetyö PÄÄSTÖMITTAUS GASMET FTIR KAASUANALYSAATTORILLA. [viitattu 26-11-2018.] Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/120395/Nikula_Miia.pdf?sequence=1

PEDA. Pedagogiikkaa netissä. [viitattu 26-11-2018.] Saatavissa: https://peda.net/oulainen/oulaisten-lukio/oppiaineet2/kemia/kemia2/orb-v1/Orbitaali2_152/spektroskopia/62is

RAIKKO, Risto, SAASTAMOINEN, Jaakko, HUPA, Mikko ja KURKI-SUONIO, Ilmari 2002. Poltto ja palaminen. Toinen täydennetty painos. Jyväskylä Gummerus Kirjapaino Oy.

Solunetti. 2018. Rikkiä sisältävät aminohapot. [viitattu 26-11-2018.] Saatavissa: http://www.solunetti.fi/fi/solubiologia/rikkipitoiset_aminohapot/2/

Valtioneuvoston asetus jätteen polttamisesta 151/2013. [viitattu 26-11-2018.] Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130151>

Veljekset ALA-TALKKARI Oy. [viitattu 26-11-2018.] Saatavissa: <https://ala-talkkari.fi/veto-500-kw-stokerikattila-lapi-vtt-testista>

Yksikköpäästöt (Suuri jakeluauto 15t, 9t kuorma) Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy. LIPASTO yksikköpäästöt -tietokanta. [viitattu 26-11-2018.] Saatavissa: <http://www.lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/>

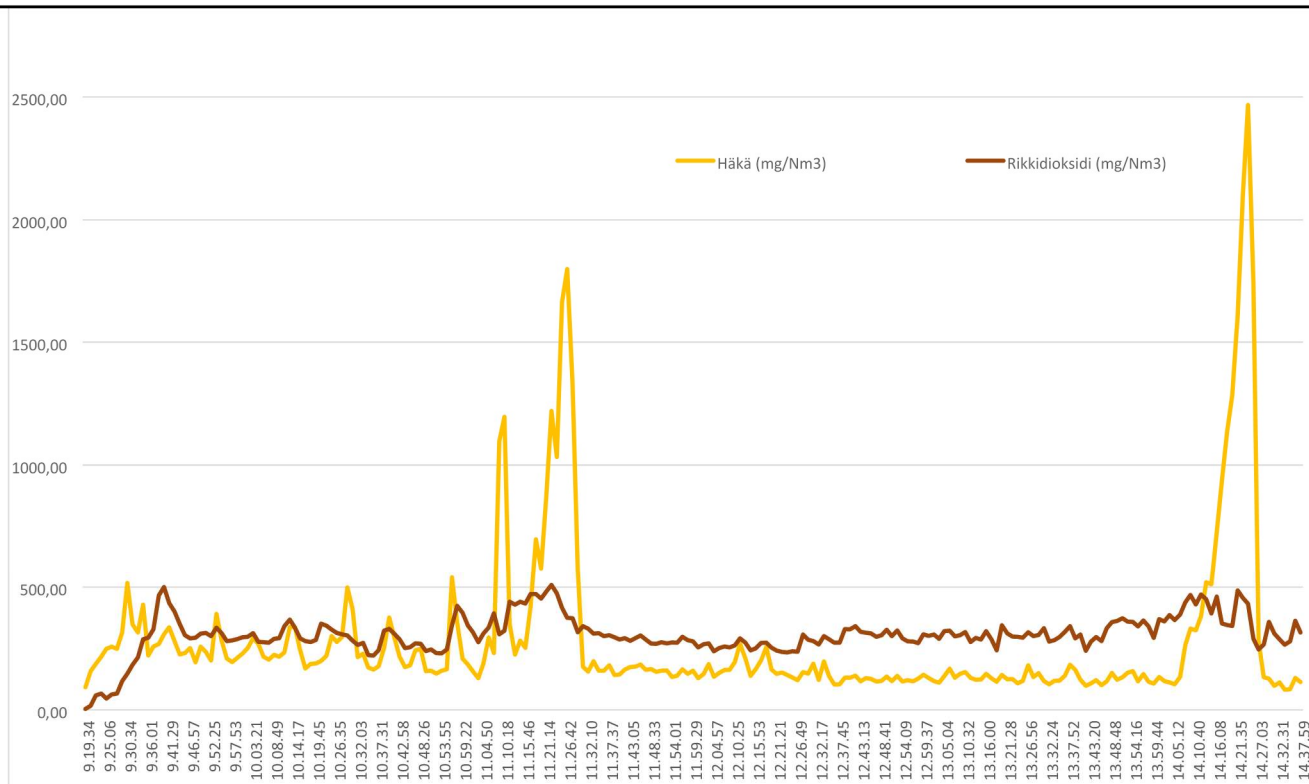
YM muistio. 2014. Ympäristöministeriön muistio jätelain eräiden säännösten tulkintalinjauksista. [viitattu 26-11-2018.] Saatavissa: <http://www.ym.fi/download/noname/%7BCD7F8935-DBAB-46D0-B606-4DF92D0F82DA%7D/106176>

750/2013 PIPO-asetus. Valtioneuvoston asetus polttoaineteholtaan alle 50 megawatin energiantuotantoyksiköiden ympäristönsuojeluvaatimuksista. [viitattu 26-11-2018.] Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130750>

LIITE 1: TRENDIIVIVAT HIILIMONOKSIDI- JA RIKKIPITOISUUKSISTA

Teurasjätteen koepoltot 4.5.2018 klo 9.19 – 14.38

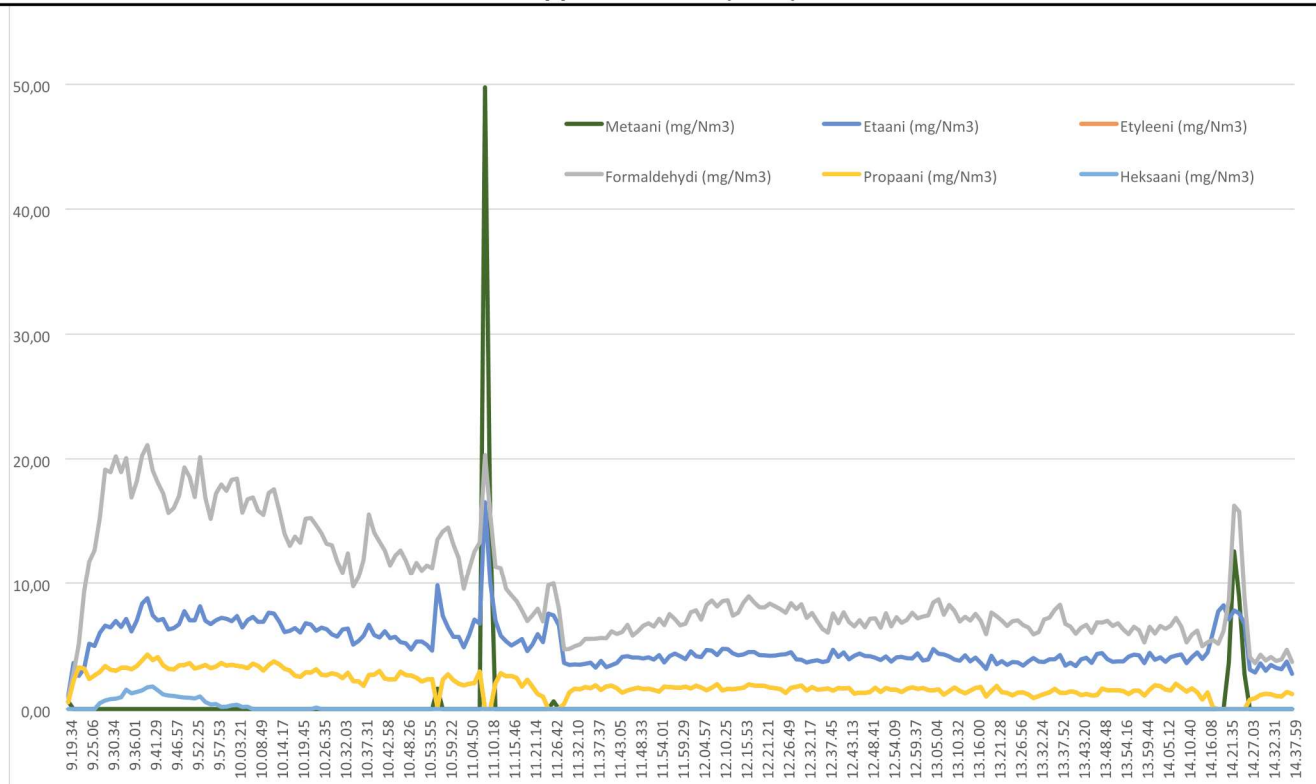
Trendiivivat häkä- ja rikkidioksidipitoisuuksista kuivissa savukaasuissa yksiköissä mg/Nm³
happiredusoidut arvot (11 %).



(Ari Mikkonen, Savonia)

LIITE 2: TRENDIIVAT ORGAANISTEN YHDISTEIDEN PITOISUUKSISTA

Teurasjätteen koepoltot 4.5.2018 klo 9.19 – 14.38

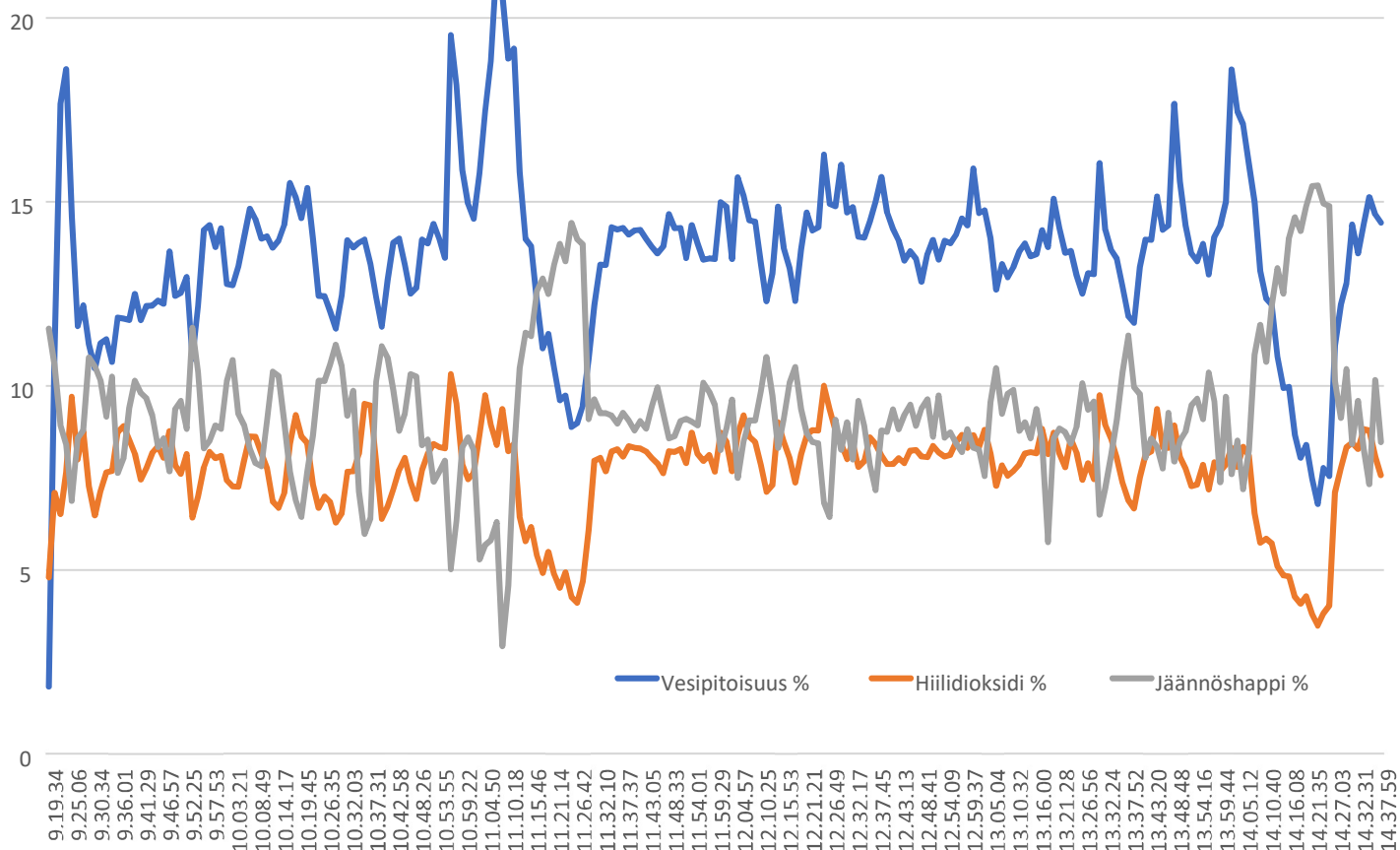
Trendiivat orgaanisten yhdisteiden pitoisuuksista kuivissa savukaasuissa yksiköissä mg/Nm³
happiredusoidut (11 %).

(Ari Mikkonen, Savonia)

LIITE 3: TRENDIVIIVAT VESIPITOISUUDESTA, HIILIDIOKSIDISTA JA JÄÄNNÖSHAPESTA

Teurasjätteen koepoltot 4.5.2018 klo 9.19 – 14.38

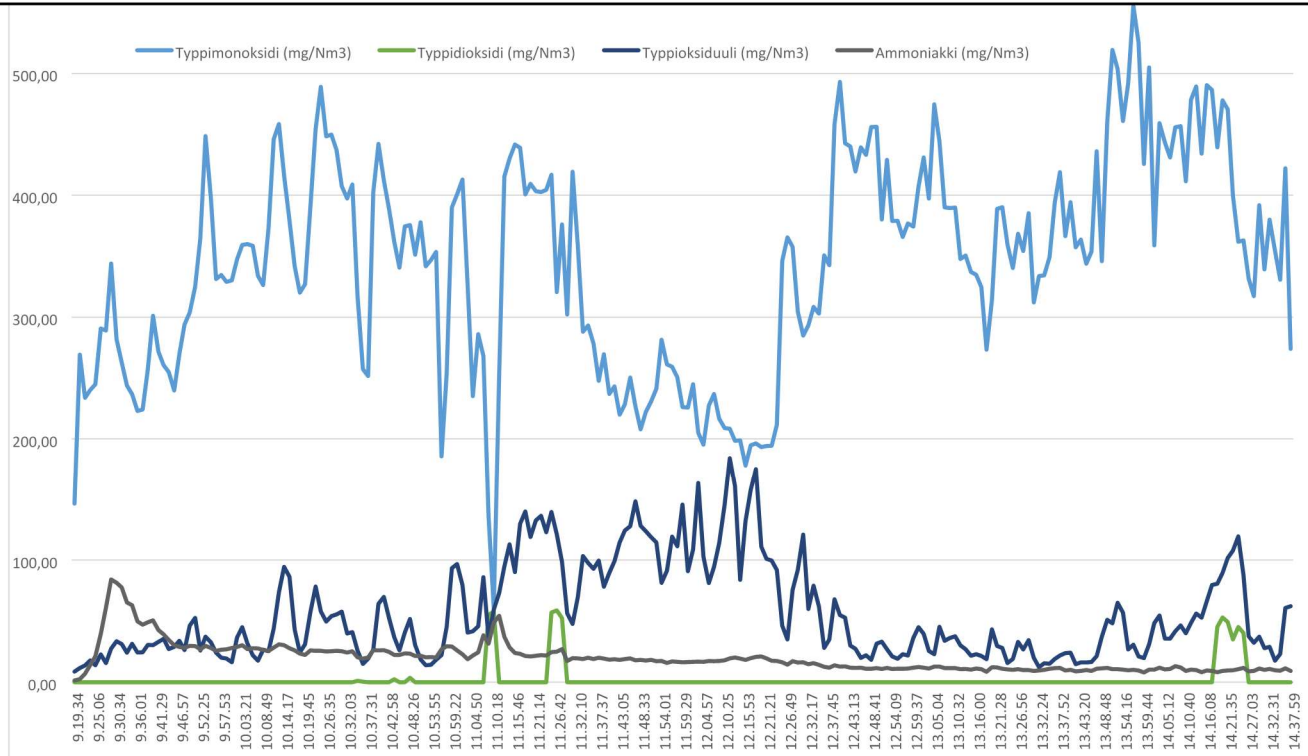
Trendiviivat vesipitoisuudesta, hiilidioksidista ja jäännöshapesta yksiköissä %.



(Ari Mikkonen, Savonia)

LIITE 4: TRENDIIVIVAT TYYPPIYHDISTEIDEN PITOISUUKSISTA

Teurasjätteen koepoltot 4.5.2018 klo 9.19 – 14.38

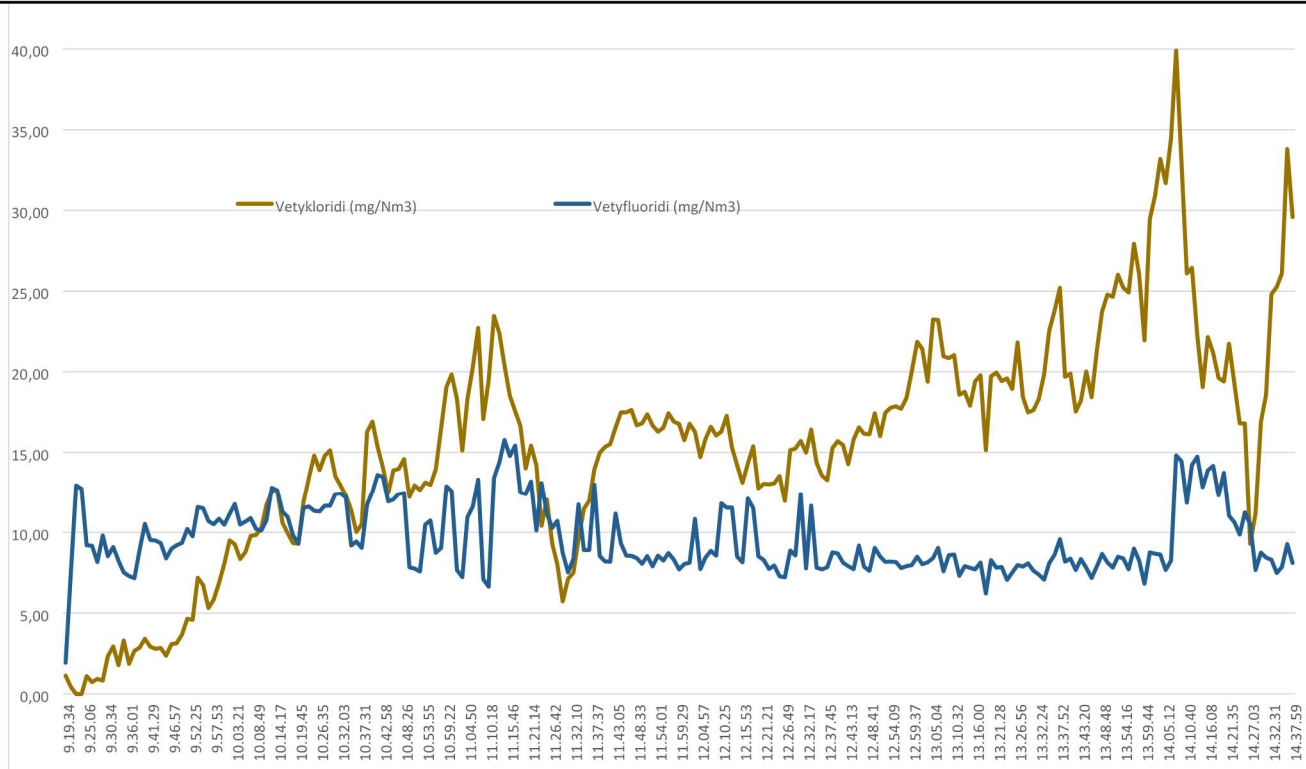
Trendiiviat tyypiyhdisteiden pitoisuuksista kuivissa savukaasuissa yksiköissä mg/Nm³ happiredusoidut (11 %).

(Ari Mikkonen, Savonia)

LIITE 5: TRENDIIVAT VETYKLORIDI- JA VETYFLUORIDIPITOISUUKSISTA

Teurasjätteen koepoltot 4.5.2018 klo 9.19 – 14.38

Trendiivat vetykloridi ja vetyfluoridi pitoisuuksista kuivissa savukaasuissa yksiköissä happiredusoidut (11 %).

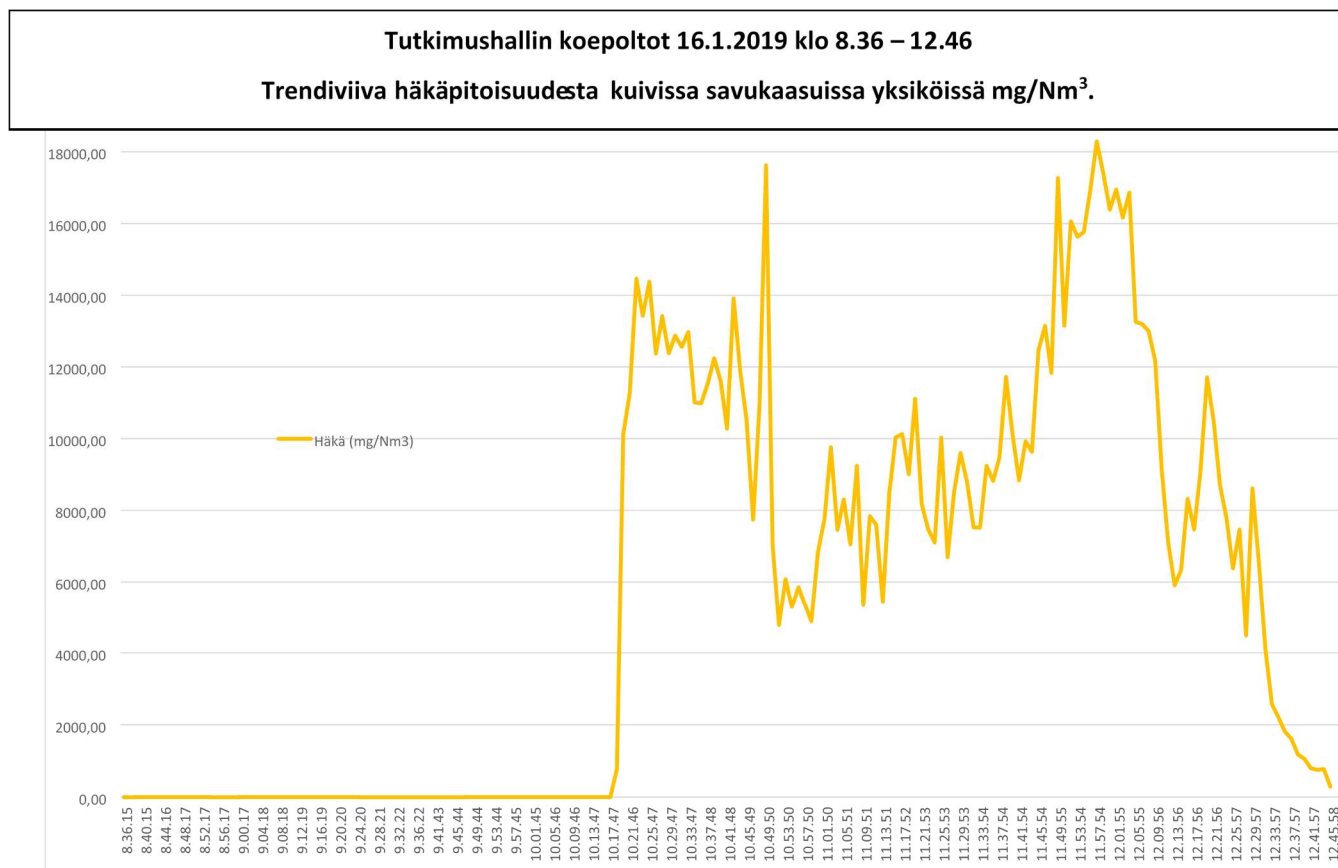


(Ari Mikkonen, Savonia)

LIITE 6: 750/2013 VALTIONEUVOSTON ASETUS ALLE 50 MW LAITOKSILLE PÄÄSTÖRAJAT

Uusien energiantuotantoyksiköiden (kattilat), joiden polttoaineteho on vähintään yksi mutta alle 50 megawattia, päästöraja-arvot			
Kattilan polttoaineteho (P)	Hiukkaset mg/m ³ n	NO _x (laskettuna NO ₂) m	SO ₂ mg/m ³ n
Nestemäiset polttoaineet ¹	O ₂ = 3 %	O ₂ = 3 %	O ₂ = 3 %
1≤P≤15 MW	502	800	3504
15<P<50 MW	503	500	3504
Kaasumaiset polttoaineet		O ₂ = 3 %	
1≤P≤15 MW		340	
15<P<50 MW		200	
Puu ja muut kiinteät biopolttoaineet ⁴	O ₂ = 6 %	O ₂ = 6 %	
1≤P≤5 MW	200	375	200
5<P≤10 MW	50	375	200
10<P<50 MW	40	375	200
Turve	O ₂ = 6 %	O ₂ = 6 %	O ₂ = 6 %
1≤P≤5 MW	200	500	500
5<P≤10 MW	50	500	500
10<P<50 MW	40	500	500
Hiili	O ₂ = 6 %	O ₂ = 6 %	O ₂ = 6 %
1≤P≤10 MW	50	270	850
10<P<50 MW	40	270	850

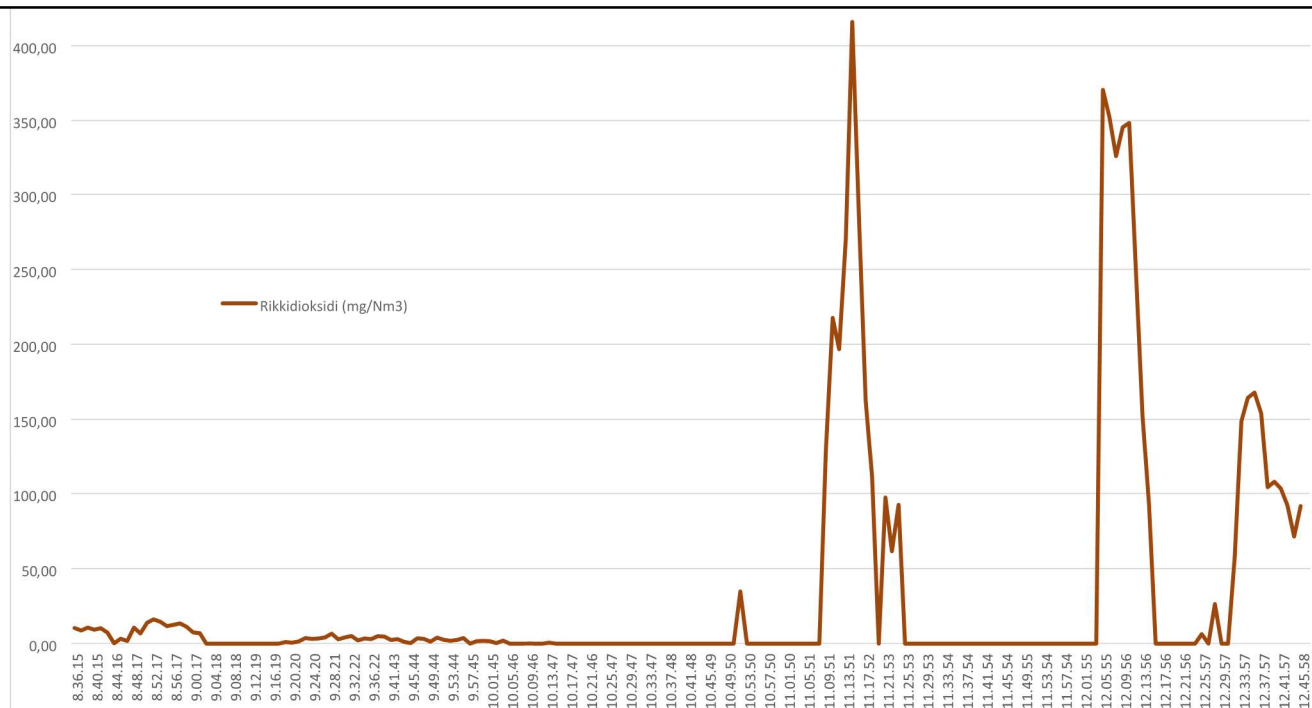
LIITE 7: KALKINSYÖTTÖKOKOILUN HÄKÄPITOISUUS



(Ari Mikkonen, Savonia)

LIITE 8: KALKINSYÖTTÖKOKEILUN RIKKIDIOKSIDIPITOISUUS

Tutkimushallin koepoltot 16.1.2019 klo 8.36 – 12.46

Trendiviiva rikkidioksidipitoisuudesta kuivissa savukaasuissa yksiköissä mg/Nm³.

(Ari Mikkonen, Savonia)