



**SAVONIA**

# **Lannoitteen jäähdytyksen ja pölynerotuksen kehittäminen**

Yara Suomi Oy, Siilinjärven tehtaat

**Jarkko Vainikainen**

Opinnäytetyö

---



Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Jarkko Vainikainen	
Työn nimi Lannoitteen jäähdytyksen ja pölynerotuksen kehittäminen	
Päiväys 14.11.2012	Sivumäärä/Liitteet 35/9
Ohjaaja(t) yliopettaja Risto Rönkä	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Yara Suomi Oy, Siilinjärven tehtaot	
Tiivistelmä <p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää Yara Suomi Oy:n Siilinjärven lannoitetehtaan rakeistetun seoslannoitteen jäähdytys- ja pölynerotusprosesseja tehokkaammiksi. Opinnäytetyön tavoitteena oli löytää ratkaisu, jolla voidaan lisätä lannoitteen esijäähdyttimenä käytettävän LA503-jäähdytysrummun jäähdytystehoa. Työssä selvitettiin lannoiterakeiden jäähdytykseen tarvittavaa ilmamäärää ja lannoitteen seulonnassa ja jäähdytyksessä muodostuvien prosessikaasujen virtausnopeuksia ja puhdistusta LA601-letkusuodattimessa.</p> <p>Työhön sisältyi lannoitetehtaan lannoitteen jäähdytykseen ja pölynerotukseen keskeisesti liittyvien toimilaitteiden kapasiteettien määrittämiä, mittauksia, tarkastuksia ja kaasukanaviston ja puhallinjärjestelmän suunnittelua yhdessä yhteistyökumppani Industri-Textil Job Oy:n kanssa. Työn toteuttaminen aloitettiin määrittämällä käytössä olevan lannoitteen jäähdytys- ja pölynerotusjärjestelmän toimilaitteiden kapasiteetit. Tarkemman kuvan saamiseksi lannoitteen jäähdytyksestä ja prosessikaasujen suodatustapahtumasta työssä suoritettiin myös ilmamäärämittauksia ja lannoitetehtaan hiukkaspäästömittaus.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena saatiin kerättyä runsaasti tietoa lannoitetehtaan jäähdytys- ja pölynerotusprosessien tilasta ja puutteista sekä määritettiin kehityskohteet, joita kehittämällä prosessien tehokkuutta pyritään kasvattamaan tulevaisuuden investoinneissa. Opinnäytetyön tuloksena syntyi myös esitys, jonka perusteella uutta pölynerotus- ja palautusilmaprosessia ryhdytään suunnittelemaan.</p>	
Avainsanat jäähdytysrumpu, letkusuodatin, prosessikaasu, lannoitetehtas	
Julkinen	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering and Production Technology			
Author(s) Jarkko Vainikainen			
Title of Thesis Development of Fertilizer Cooling and Dedusting			
Date	14 November 2012	Pages/Appendices	35/9
Supervisor(s) Mr. Risto Rönkä, Principal Lecturer			
Client Organisation/Partners Yara Suomi Oy, Siilinjärvi plants			
<p>Abstract</p> <p>The purpose of this thesis was to make the fertilizer cooling and dedusting process more efficient. The project was carried out for a company called Yara Suomi Oy located in Siilinjärvi. The aim of this project was to find a solution to increase the cooling capacity of the LA503 cooling drum. The thesis studied the amount of air required for fertilizer cooling and process gas flow rates and dedusting in the LA601 bag filter.</p> <p>The project included capacity determinations, measurements and inspections of fertilizer cooling and dedusting devices. The work was started by defining the capacity of the current cooling and dedusting system. The work included also air volume and particulate emission measurements. These measurements allowed a more accurate picture of the condition of the system. The project was carried out in cooperation with a company called Industri-Textil Job Oy.</p> <p>As a result of this project valuable information on the state and deficiency of the fertilizer cooling and dedusting processes was received. The results will be used in future investments at Yara Suomi Oy fertilizer plant to make cooling and dedusting process more efficient. The thesis also resulted in a presentation on the basis of a new dedusting and air recovery process.</p>			
Keywords cooling drum, bag filter, process gas, fertilizer plant			
Public			

## ALKUSANAT

Opinnäytetyö on tehty Yara Suomi Oy:n Siilinjärven lannoitetehtaalle kevään ja syksyn 2012 välisenä aikana.

Haluan kiittää tuotantoinsinööri Tuomas Girseniä ja mekaanisen kunnossapidon asiantuntija Mikko Hirvosta haastavasta opinnäytetyön aiheesta ja avusta työn suorittamisessa. Lisäksi haluan kiittää koko Yara Suomi Oy:n Siilinjärven lannoitetehtaan henkilökuntaa ja työssä mukana olleita yhteistyökumppaneita avusta ja neuvoista opinnäytetyön tekemisessä. Kiitokset opinnäytetyön sujuvasta ohjauksesta kuuluvat yliopettaja Risto Röngälle.

Erityiskiitos kuuluu myös vaimolleni Julialle sekä muille läheisilleni opinnäytetyöhön ja opintoihin saadusta tuesta.

Kuopiossa 14.11.2012

Jarkko Vainikainen



## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO.....	9
2	YHTEISTYÖYRITYKSET.....	10
2.1	Yara Suomi Oy .....	10
2.2	Industri-Textil Job Oy.....	11
3	LÄHTÖKOHDAT .....	12
4	LANNOITTEEN VALMISTUS.....	13
4.1	Prosessinohjaus.....	13
4.2	Liuotus ja neutralointi .....	14
4.3	Rakeistus, kuivaus ja seulonta .....	14
4.4	Jäähdytys, pinnoitus ja varastointi.....	15
5	TYÖSSÄ KÄSITELTÄVÄT PROSESSILAITTEET .....	17
5.1	LA530-jäähdytysrumpu .....	17
5.2	LA601-letkusuodatin .....	18
5.3	LA602-puhallin .....	19
5.4	Kaasukanavat.....	20
6	TYÖSSÄ SUORITETTUJA MITTAUKSIA JA TARKASTUKSIA .....	21
6.1	Ilmamäärämittaukset.....	21
6.2	Pölymäärämittaukset.....	22
6.3	AL7290-HC-ohjauspellin ja LA601-letkusuodattimen tarkastus .....	23
6.4	Hiukkaspäästömittaus .....	26
7	KEHITYSSUUNNITELMA.....	29
7.1	LA601-letkusuodatin .....	29
7.2	LA602-puhallin .....	31
7.3	Kaasukanavat.....	32
8	YHTEENVETO .....	34
	LÄHTEET .....	35

## LIITTEET

Liite 1 Siilinjärven lannoitetehtaan prosessikaavio

Liite 2 Ilmamäärämittauspöytäkirja

Liite 3 Hiukkaspäästömittauksen mittausraportti





## 1 JOHDANTO

Maailman väkiluvun jatkaessa kasvuaan on selvää, että ihmisten eloonjäämisen ja hyvinvoinnin perustana on tehokas maatalous. Maatalouden satojen turvaamiseksi joudutaan maaperää lannoittamaan. Lannoituksen tarkoituksena on tarjota kasvien käyttöön niiden tarvitsemia ravinteita, joita maaperässä ei ole riittävästi tai joita lisäämällä voidaan parantaa satoa. Kasvien tarvitsemia pääravinteita ovat typpi (N), fosfori (P) ja kalium (K). Lisäksi lannoitteisiin lisätään kasvien tarvitsemia ns. hivenaineita kuten, booria (B), magnesiumia (Mg), mangaania (Mn) ja kuparia (Cu). Lisäksi lannoitteisiin saatetaan lisätä ihmisten ja eläinten tarvitsemia hivenaineita, kuten seleeniä (Se).

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on kehittää Yara Suomi Oy:n Siilinjärven lannoitetehtaan rakeistetun seoslannoitteen valmistuksen jäähdytys- ja pölynerotusprosesseja tehokkaammiksi. Erityisesti työssä keskityttiin lannoitteen jäähdytyksessä käytettävän LA503-jäähdytysrummun toiminnan tehostamiseen. Tuomas Girsén toteaa diplomityössään, että yksi lannoitteen tärkeimmistä tuoteominaisuuksista on paakkuuntumattomuus (Girsén 2008, 10). Lannoiterakeiden paakkuuntuminen pyritään estämään prosessissa riittävällä kuivauksella sekä tuotteen riittävällä jäähdytyksellä.

Työssä tarkasteltiin LA503-jäähdytysrumpua ja muuta lannoitteen jäähdytykseen ja pölynerotukseen liittyvää laitteistoa, kuten kaasukanavia ja LA602-puhallinta. Työssä tarkasteltiin myös LA601-letkusuodattimen mitoitusta sekä sen käytössä ilmennyttä kastepistelämpötilaongelmaa ja sen välttämistä. Työn tuloksia hyödynnetään lannoitetehtaan tulevaisuuden investoinneissa lannoitteen jäähdytys- ja pölynerotusprosesseihin.

## 2 YHTEISTYÖYRITYKSET

Tässä opinnäytetyössä merkittävin yhteistyöyritys oli opinnäytetyön tilaaja Yara Suomi Oy:n lisäksi konsultti ja laitetoimittaja Industri-Textil Job Oy. Lisäksi opinnäytetyöhön liittyneissä mittauksissa yhteistyötä tehtiin YIT Kiinteistötekniikka Oy:n ja Symo Oy:n kanssa.

### 2.1 Yara Suomi Oy

Yara Suomi Oy on osa Yara International ASA -konsernia. Yara International ASA on kaikkialla maailmassa toimiva kemianalan yritys, joka valmistaa ja markkinoi mm. kivennäislannoitteita, teknisiä nitraatteja ja ympäristönsuojelussa käytettäviä kemikaaleja. Yara International ASA:n liikevaihto vuonna 2010 oli 8,4 miljardia euroa, henkilöstöä yrityksellä on n. 7 600. Yritys on perustettu vuonna 1905 nimellä Norsk Hydro. Yara International ASA:n pääkonttori sijaitsee Oslossa. Yara Suomi Oy:n Siilinjärven tehtaalla valmistetaan kivennäislannoitteita, fosforihappoa ja teknisiä nitraatteja. Tehtaan raaka-aineena käyttämä fosfaatti louhitaan ja rikastetaan tehtaan läheisyydessä sijaitsevassa avolouhoksessa, joka on Länsi-Euroopan ainoa fosfaattikaivos. Yara Suomi Oy:n palveluksessa Siilinjärvellä on noin 350 henkilöä, ja yhteistyökumppanit mukaan luettuna kaivos- ja tehdasalueella työskentelee päivittäin noin 600 henkilöä. (Yara 2012.)

Siilinjärven tehtaiden tuotanto käynnistyi Suomen valtion omistaman Rikkihappo Oy:n toimesta vuonna 1969. Ensimmäisessä vaiheessa tuotantolaitoksiin kuuluivat pasutto-rikkihappotehdas, fosforihappotehdas, ammoniumfosfaattitehdas ja voimalaitos. Vuosina 1972–1973 rakennettiin lannoitetehdas, typpihappotehdas ja pakkaamo. Kiilletehdas ja kalsiumsulfaattitehdas ovat toimineet vuodesta 1985. Yrityksen nimi muutettiin Kemira Oy:ksi vuonna 1972. (Yara 2012.)

Kemira-konsernin liiketoimintarakennetta uudistettiin 1990-luvulla ja vuonna 1994 Kemiran liiketoimintayksiköt yhtiöitettiin. Lannoiteliiketoiminnasta vas-

taavan yksikön nimeksi tuli Kemira Agro Oy. Samassa yhteydessä Kemiran osakkeet listattiin Helsingin Pörssiin. Vuonna 2004 Kemira Agro Oy irtautui Kemira Oyj:stä ja muutti nimensä Kemira GrowHow'ksi sekä listautui Helsingin Pörssiin itsenäisenä pörssiyhtiönä. Vuonna 2007 Suomen valtio möi omistamansa n. 30 % Kemira GrowHow'n osakkeista Yara International ASA:lle. Yara International ASA on sittemmin hankkinut muilta Kemira GrowHow'n omistajilta osakkeita omistukseensa. Keväällä 2008 Kemira GrowHow'n nimi muutettiin Yara Suomi Oy:ksi. (Yara 2012.)

## 2.2 Industri-Textil Job Oy

Industri-Textil Job Oy on Keravalla toimiva yritys, jonka päätoimialana on tuottaa teollisuudelle hiukkasten suodatusratkaisuja. Yrityksen toimintaan kuuluu myös käyttökoulutus sekä varaosa- ja huoltopalvelut. Yrityksen pääasialliseen toiminta-alueeseen kuuluvat Pohjoismaat, Baltian maat ja Venäjä. Industri-Textil Job Oy on osa Job Group -yhtiötä. Job Groupin pääkonttori sijaitsee Kinnassa, Ruotsissa. Industri-Textil Job Oy:llä ei ole omaa valmistavaa tuotantoa. Yrityksen toimittavat laitteet valmistetaan yrityksen hankintaketjuun kuuluvissa yhteistyökumppaniyrityksissä. Industri-Textil Job Oy toimii tässä ketjussa konsulttina ja insinööritoimistona. (Västi 2012.)

Industri-Textil Job Oy valittiin tämän projektin yhteistyökumppaniksi vankan osaamisensa ja referenssiensä perusteella. Yritys tunnetaan lukuisien vaativien hiukkasten suodatusratkaisujen toimittamisesta suomalaisille prosessiteollisuuden yrityksille. Industri-Textil Job Oy on toimittanut myös Yara Suomi Oy:n Siilinjärven lannoitetehtaan LA601-letkusuodattimen vuonna 2003 ja vastaanottanut sen varaosien toimituksesta. (Hirvonen 2012.)

### 3 LÄHTÖKOHDAT

Lähtökohtana lannoitteen jäähdytystehon lisäämiseksi oli tieto, että lannoitteen jäähdytyslaitteiston pullonkaulana on LA503-jäähdytysrumpu. Tämä lannoitteen jäähdytysjärjestelmän tuotantotehoa rajoittava osa aiheuttaa Siilinjärven lannoitetehtaalle vuositasolla kymmenien tonnien tuotannon menetyksen vuodessa. Laskentatavasta riippuen tämä tarkoittaa 500 000 - 1 000 000 euron menetystä (Girsén 2012.) Tavoitteeksi asetettiin noin 25 % jäähdytystehon lisäys, mikä tarkoitti rummun läpi virtaavan ilmamäärän lisäämistä nykyisestä arvioidusta n. 60 000 m<sup>3</sup>:stä/h 80 000 m<sup>3</sup>:iin/h. Työn tavoitteena oli löytää ratkaisu LA503-jäähdytysrummun läpi virtaavan ilmamäärän lisäämiseksi ja selvittää miten tämä muutos vaikuttaisi muuhun lannoitteen valmistusprosessiin, kuten LA601-letkusuodattimen kapasiteettiin, LA602-puhaltimen kapasiteettiin, kaasukanavien järjestelyyn ja kanavien kokoon.

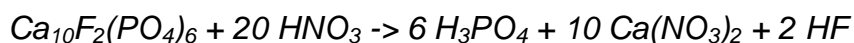
Työssä päätettiin tarkastella myös LA601-letkusuodattimessa ilmennyttä kastepistelämpötilaongelmaa, joka ilmeni suodattimen tukkeutumisenä tehtaan tuotantoseisokkien jälkeen. Kastepistelämpötilaongelma on ollut tiedossa jo aiemmin ja LA601-letkusuodatin on varustettu suodattimen sisälle lämmitettyä ilmaa lämmönvaihtimelta tuovalla kanavalla. Mutta tämä ei ole osoittanut riittävän tehokkaaksi ratkaisuksi estämään kastepistelämpötilasta muodostuvaa ongelmaa.

Työn toteuttaminen aloitettiin määrittämällä käytössä olevan lannoitteen jäähdytysjärjestelmän toimilaitteiden kapasiteetit. Tarkemman kuvan saamiseksi lannoitteen jäähdytyksestä ja prosessikaasujen suodatustapahtumasta työssä suoritettiin myös ilmamäärämittauksia ja lannoitetehtaan hiukkaspäästömittaus.

Työn laajuuden vuoksi oli perehdyttävä myös lannoitteen valmistusprosessin muihin keskeisiin toimintoihin. Valmistusprosessin ymmärtäminen auttoi hahmottamaan työn kokonaiskuvan hahmottamisen ja auttoi prosessissa toisiinsa vaikuttavien muuttujien huomioimista LA503-jäähdytysrummun tehon lisäämiseen tähtäävässä kehitystyössä.

## 4 LANNOITTEEN VALMISTUS

Seoslannoitteiden valmistus tapahtuu kemiallisesti ajatellen pääpiirteittäin seuraavasti: fosfaattien saattamiseksi liukoiseen muotoon fosfaattirikaste liuotetaan typpihappoon (HNO<sub>3</sub>). Liuotuksessa tapahtuu seuraava kemiallinen reaktio. (Kiiski 2000, 7 - 44.)



Reaktiossa muodostuu fosforihappoa (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>), kalsiumnitraattia (Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) ja fluorivetyä (HF). Mahdollisesti muut syötettävät raaka-aineet esim. kalisuola (KCl) sekä fosfaattirikasteen epäpuhtaudet kuten pii (Si), rauta (Fe), ja mangaani (Mg) osallistuvat myös kemiallisiin reaktioihin ja tekevät samalla kokonaisuudesta kemiallisesti erittäin monimutkaisen systeemin. Liuotuksessa saatu seos neutraloidaan ammoniakilla (NH<sub>3</sub>), jolloin muodostuu seuraavaa reaktio. (Kivioja 1987, 28.)



Reaktiossa muodostuu dikalsiumfosfaattia (CaHPO<sub>4</sub>), ammoniumnitraattia (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>) ja kalsiumfluoridia (CaF<sub>2</sub>). Reaktiovaihe on voimakkaasti eksoterminen ja lämpötila siinä kohoaa yli 100 °C:seen. Neutraloinnissa muodostunut seos muodostaa seoslannoitteen perustan, jota täydennetään eri lannoitelajikkeiden tarvitsemilla lisäaineilla. (Kivioja 1987, 28.)

### 4.1 Prosessinohjaus

Rakeistettujen lannoitteiden valmistusprosessi on monivaiheinen ja paljon eri-prosessilaitteita sisältävä kokonaisuus. (kuvio 1, s.16) Lannoitteen valmistusprosessi vaati jatkuvaa tarkkailua, mittausta ja säätöä. Siilinjärven lannoitetehtaan valmistusprosessia ohjataan lannoitetahtaan ohjaamosta Metso DNA -automaatiojärjestelmän kautta. Metso DNA -automaatiojärjestelmällä on yhdistetty eri prosessilaitteiden ohjaukset ja mittaukset samaan järjestelmään.

Järjestelmä mahdollistaa myös prosessien trendien ja historiatietojen seurannan.

## 4.2 Liuotus ja neutralointi

Siilinjärven lannoitetehtaalla käytössä oleva lannoitteen valmistusprosessi on ns. Kemiran sekahappoprosessi. (liite1, s.36) Prosessin ensimmäisessä vaiheessa fosfaattirikaste liuotetaan noin 60 prosenttiseen typpihappoon, jolloin raakafosfaatin fosfori saadaan vesiliukoiseen muotoon fosforihapoksi; lisäksi syntyy kalsiumnitraattia ja fluorivetyä. Liuotusreaktorista ylijooksuna tuleva happoseos neutraloidaan kaasumaisella ammoniakilla kahdessa neutralointireaktorissa, joihin lisätään valmistuksessa olevan lannoitelajikkeen reseptin mukaisesti rikkihappoa ( $H_2SO_4$ ), fosforihappoa, kalisuolaa ja hivenaineita. Ammoniakin ja happojen välisissä reaktioissa syntyy niin paljon lämpöä, että se haihduttaa happojen mukana tulleen veden. Lannoitelietteen lämpötila nousee tällöin 130–150 °C:een. Lannoitelietteen lämpötilaa säädetään ohjaimella kaasunpesureista ravinnepitoisia kiertovesiä reaktoreihin. (Kiiski 2000, 7 - 44.)

## 4.3 Rakeistus, kuivaus ja seulonta

Lannoitteen rakeistus ja kuivaus tapahtuvat pyörivässä rummussa, johon seuloilta palautettu lannoitekierto muodostaa tiheän ydinraeverhon. Kun kuumaa ja kosteaa lannoitelietettä eli ”slurryä” ruiskutetaan rumpuun ohuena suihkuna paineilman avulla, liete tarttuu rummussa jo olevien ydinrakeiden pinnalle ja kasvattaa rakeiden kokoa. Samanaikaisesti rumpuun puhalletaan kuumia kaasuja rakeiden kuivaamiseksi. Lämmön lähteinä ovat raskas polttoöljy, höyry ja lämpimät kaasut lannoitteiden jäähtymisestä. Kuivausvaiheessa lannoiterakeissa tapahtuu vielä kemiallisia reaktioita kuten kaksoissuolojen muodostumista. (Kiiski 2000, 8 - 56.)

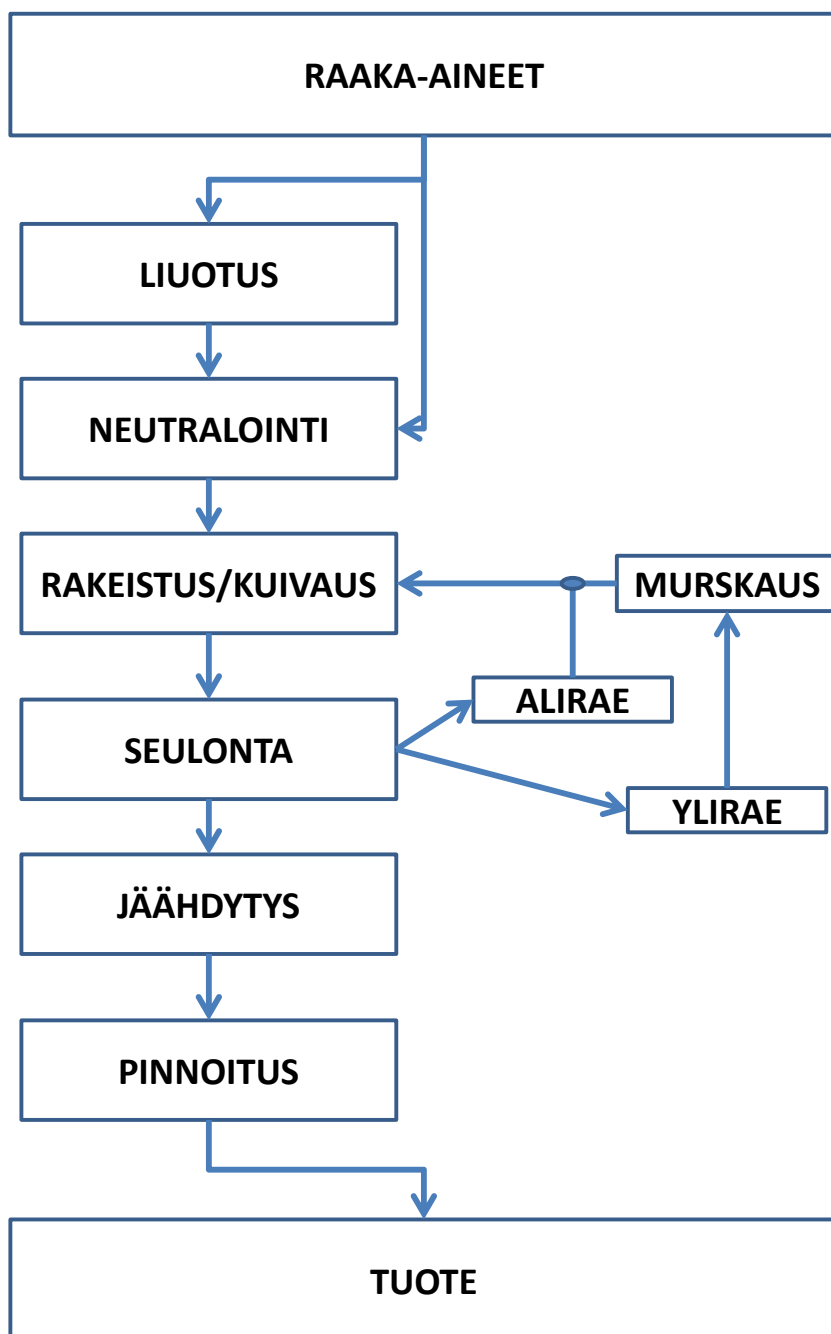
Rakeistunut lannoite siirretään elevaattoreilla seuloille, jotka erottavat rakeista tuotteeksi kelpaavat 2 - 4 mm kokoiset rakeet nämä rakeet siirtyvät suoraan pinnoitusvaiheeseen. Yli 4 mm kokoiset ylrakeet murskataan ja alle 2 mm kokoiset alirakeet ohjataan rakeistusrumpuihin ydinrakeiksi. (Kiiski 2000, 8 - 65)

#### 4.4 Jäähdytys, pinnoitus ja varastointi

Kuivausrummusta seulonnan kautta tulevat lannoiterakeet joiden lämpötila on noin 80–90 °C, jäähdytetään jäähdytysrummussa ja levylämmönvaihtimessa 35 °C:een ilmalla ja vedellä. Jäähdytysrummussa lämmönsiirto lannoiterakeiden ja ilman välillä tapahtuu rakeiden edetessä kohti rummun loppupäätä. Jäähdytysrummun sisällä olevat kauhat nostavat rummun pyöriessä rakeita ylös ja pudotessaan alas ne muodostavat raeverhon, jota ohi virtaava ilma jäähdyttää. Lannoiterakeiden lämpötila niiden poistuessa jäähdytysrummusta on noin 60–70 °C. Jäähdytysrummusta lannoiterakeet ohjataan levylämmönvaihtimeen, jossa tapahtuu lannoitteen lopullinen jäähdytys. Levylämmönvaihtimessa lannoiterakeet joutuvat levylämmönvaihtimen järvisedellä jäähdytettujen lamellien kanssa. Tällöin lämpöenergia siirtyy kautta järviveteen. Lannoiterakeiden jäähdytys pysäyttää rakeessa vielä käynnissä olevat kemialliset reaktiot ja rakeet saavat kovan stabiilin olomuodon. (Kiiski 2000, 8 - 67.)

Jäähdytetty lannoite ohjataan pinnoitusrumpuun, jossa se pinnoitetaan väritömällä öljyllä ja talkilla ( $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$ ). Pinnoitus auttaa lannoitetta kestämään varastoinnin, kuljetuksen ja levityksen pölyämättä. Talkkipinnoite estää myös lannoitteen paakkuuntumista, koska talkkihiukkaset estävät rakeiden sisältämien lannoitesuolojen tarttumisen toisiinsa. Lisäksi talkki on vettä hylkivää, eli se suojaa lannoitetta myös kostumiselta. Talkki tartutetaan lannoiterakeen pinnalle käyttäen sideaineena erityistä pinnoitusöljyä. (Kiiski 2000, 9 - 77.)

Pinnoituksesta valmis lannoitetuote siirretään hihnakuuljettimella tuotevarastoon, josta se jatkaa matkaansa pakkaamon kautta asiakkaalle joko 40 kg tai 600 kg säkeissä tai irtotavarana laivassa.



KUVIO 1. Lannoitteen valmistusprosessi lohkokaaavana (Kivioja 1987, 29)



## 5 TYÖSSÄ KÄSITELTÄVÄT PROSESSILAITTEET

Työssä keskityttiin lannoitteen jäähdytys- ja pölynerotusprosessien kannalta keskeisien prosessilaitteiden tilan määritykseen. Jäähdytyksen ja pölynerotuksen kannalta keskeiset prosessilaitteet ovat; LA601-letkusuodatin, LA602-puhallin ja LA503-jäähdytysrumpu. Nämä prosessilaitteet, niiden ilmamäärä kapasiteetit ja muut ominaisuudet on taulukoitu taulukkoon 1.

TAULUKKO 1. Toimilaitteiden kapasiteetit nykyään

Toimilaite	Maksimi ilmamäärä m <sup>3</sup> /h	Muuta
LA601 letkusuodatin	100 000	Maksimi pölymäärä 5000 kg/h, suodatinelementtejä 1170 kpl
LA602 puhallin	80 000	200kW, 1100r/min, kiilahihnakäyttö, P-typin siipipyörä, johtosiipisäätö
LA503 jäähdytysrumpu	60 000	Läpi virtaava lannoitemäärä 54–62 t/h

### 5.1 LA530-jäähdytysrumpu

LA503-jäähdytysrummun (kuva 1, s.18) tehtävä on toimia rakeistetun lannoitteen esijäähdyttimenä ennen lannoitteen lopullista jäähdyttämistä järvisedellä LA511-levylämmönvaihtimessa. Lannoiterakeiden lämpötila niiden saapuessa LA503-jäähdytysrumpuun on noin 80–90 °C ja niiden poistumislämpötila rummusta noin 60–70 °C. LA503-jäähdytysrumpu pystyy jäähdyttämään lannoitetta maksimissaan noin 62 t/h. LA503-jäähdytysrumpu on 20 m pitkä ja rummun halkaisija 3 m. Rummun sisäpinnalle on kiinnitetty kauhoja joiden tehtävänä on nostaa rummun läpi virtaava lannoiteraevirta ilmaan, jolloin muodostuvan raeverhon läpi virtaava ilma sitoo osan rakeiden sisältämästä lämpöenergiasta.



KUVA 1. LA503-jäähdytysrumpu (valokuva Jarkko Vainikainen)

## 5.2 LA601-letkusuodatin

LA601 letkusuodattimen (kuvat 7 ja 8 s. 23) tehtävä on toimia lannoitetehtaan yleispölyn suodattimena. LA601 on tyypillinen prosessiteollisuuden käyttämä, 1170 suodatinelementtiä sisältävä, 100 000 m<sup>3</sup>/h tilavuusvirralla ja 5000 kg/h pölynerotus kapasiteetilla varustettu letkusuodatin, jonka suodatinpinta-ala on 1322 m<sup>2</sup>. LA601-letkusuodattimen on toimittanut Industri-Textil Job Oy vuonna 2003. LA601-letkusuodattimen prosessikaasusta erottama pöly ohjataan kuljettimien kautta takaisin lannoitereaktoreihin ja puhdistettu prosessikaasu lannoitetehtaan rakeistusrumpujen raskasta polttoöljyä käyttävien kuumailmakehittimien palautusilmaksi.

### 5.3 LA602-puhallin

LA602-puhaltimen (kuva 2) tehtävä on muodostaa ilmavirtaus LA503-jäähdytysrummulle, jossa kuuman rakeistetun lannoitteen sisältämä lämpöenergia sidotaan ilmavirtaan. LA602-puhaltimen imua hyödynnetään lisäksi lannoiteseulojen, LA511-levylämmönvaihtimen ja LA523-pinnoitusrummussa muodostuvan pölyn poistoon.

LA602-puhallin on P-typin siipipyörällä varustettu MER KAEVR 112 PH-keskipakopuhallin, joka tuottaa 100 000 m<sup>3</sup>/h, paineella 4 000 Pa. Puhaltimen teho on 200 kW ja pyörimisnopeus 1100 r/min. Puhaltimessa on kiilahihnakäyttö ja johtosiipisäätö. Johtosiipisäätöisessä keskipakopuhaltimessa kaasulle annetaan puhaltimen siipipyörän suuntainen pyörimisliike imuaukossa. Johtosiipisäätö on yleisesti käytössä vakiokierrosnopeudella pyörivissä keskipakopuhaltimissa. (Huhtinen ym. 2000, 244.)



KUVA 2. LA602-puhallin ja kiilahihnakäyttö (valokuva Jarkko Vainikainen)

## 5.4 Kaasukanavat

Lannoitetehtaan lannoitteen jäähdytykseen ja pölynpoistoon liittyvä kaasukanavaputkisto muodostuu halkaisijaltaan 400, 600, 800 ja 1200 x 1000 mm:n teräsputkista.

Kaasukanaviin liittyvissä kysymyksissä haastateltiin Senior Process Engineer Pertti Vuorista Yara Suomi Oy:n Espoon tutkimuskeskuksesta. Hänen arvionsa kaasukanavista oli, että virtaavan prosessikaasun sisältämän kiintoaineen (pöly ja lannoiterakeet) vuoksi virtausnopeuden kanavissa tulisi olla 18–22 m:ä/s, jotta kiintoaineet eivät laskeutuisi kanavien pohjalle ja alkaisi muodostaa kanaviin tukkeumia. Kanavien virtausnopeus ei kuitenkaan saa ylittää yli 22 m/s, koska tämä aiheuttaa kanavien sisäpinnan nopeaa kulumista. (Vuorinen 2012.)

## 6 TYÖSSÄ SUORITETTUJA MITTAUKSIA JA TARKASTUKSIA

Työssä suoritettiin ilmamäärä-, pölymäärä- ja hiukkaspäästömittaukset. Mittausten tarkoituksena oli selvittää lannoitteen jäähdytykseen ja lannoitetahtaan yleispölyn suodatukseen liittyvien prosessien tila.

### 6.1 Ilmamäärämittaukset

Kaasukanavien ilmamäärämittaukset (taulukko 2, s. 20, liite 2) suoritettiin kaksi kertaa 21.2.2012 ja 5.7.2012. Mittausten tarkoituksena oli selvittää prosessikaasujen määrän ja virtausnopeuksien mahdollinen muutos ennen ja jälkeen LA601-letkusuodattimen huoltoa. Mittauksen suoritti YIT Kiinteistötekniikka Oy käyttäen TSI VelociCalc Plus 95555-termoanemometriä (kuva 3, s. 22). Kyseinen termoanemometri tarjoaa monia etuja verrattuna perinteiseen Pitot-putkella tapahtuvaan virtausmittaukseen. Käytetty termoanemometri huomioi kaasukanavan mitat ja mitattavan kaasun lämpötilan annetuissa mittaustuloksissa, joten kanavan halkaisijan tai lämpötilan aiheuttamia kompensatiolaskuja ei tarvitse suorittaa. Termoanemometri ei myöskään ole yhtä tarkka anturin asennosta mittaustilanteessa kuin Pitot-putki, koska termoanemometrin mittaus perustuu kuumalanka-anturiin, Pitot-putken taas paine-eron mittaukseen. Mittaukset suoritettiin valmistamalla mittaussyhteet kaasukanaviin. Käytetty mittaustilteisto vaatii mittaussyhteeksi Ø16 mm reiän (kuva 4, s. 22).

TAULUKKO 2. Kaasukanavien virtausmittaukset

Kaasukanava	Kanavan koko	1. mittaus 21.2.2012		2. mittaus 5.7.2012	
		m <sup>3</sup> /h	°C	m <sup>3</sup> /h	°C
	mm				
LA253 pinnoitusrumpu	400	3132	32	3395	37
2 linjan seula/murska	800	10800	62	12614	58
1 linjan seula/murska	600	7344	68	7182	85
lämmönvaihdin	250	2394	35	2358	55
LA503 jäähdytysrumpu	1200x1000	34200	60	38167	77
<b>Suodatettava kokonaisilmamäärä</b>		<b>57870</b>		<b>63716</b>	
<b>Suodatettu kokonaisilmamäärä</b>	1200	<b>63000</b>	69	<b>64789</b>	61

## 6.2 Pölymäärämittaukset

LA601-letkusuodattimen prosessikaasusta erottaman pölymäärän mittaukset (taulukko 3, s.23) suoritettiin 23.3.2012 ja 28.3.2012. Mittaukset suoritettiin LA-603 pölyruuvin ja LA621-pölykuljettimen välissä olevan aukosta (kuva 5, s.24). Mittaus suoritettiin sulkemalla pölykanava tätä mittausta varten erityisesti muotoillulla, betonilapiosta valmistetulla näytteenottimella. Mittausajaksi valittiin 120 s, josta laskemalla saatiin tunnissa prosessikaasusta erotettu pölymäärä. Mittauksista kaksi (mittaukset 1. ja 3.) suoritettiin kahdelle eri lannoitelajikkeelle lannoitteen tuotannon aikana ja yksi mittaus lannoitelajikkeen tuotannon vaihdon aikana (mittaus 2.), minkä vuoksi mitattu pölymäärä on huomattavan pieni. Lannoitelajikkeiden pölynmuodostusominaisuudet poikkeavat toisistaan jonkin verran toisistaan. Lannoitteen pölynmuodostus riippuu erityisesti lannoitteen fosfori (P) -pitoisuudesta. Yleistäen voidaan sanoa, että mitä suurempi lannoitteen fosforipitoisuus on, sen pölyisempi lajike on kyseessä.

TAULUKKO 3. Pölymittausten tuloksia

Mittaus	Mittaus ajankohta	Lannoite-lajike	Tuotanto t/d	Pölymäärä kg/h	Huomautus
Mittaus 1.	23.3.2012	NK 1	1200	180	
Mittaus 2.	28.3.2012	NK 1/ Nurmen Y1	1250	90	Mittaus lajikkeen vaihdon aikana.
Mittaus 3.	28.3.2012	Nurmen Y1	1250	260	
Mittaus 4.	25.4.2012	Nurmen Y1	1250	150	

### 6.3 AL7290-HC-ohjauspellin ja LA601-letkusuodattimen tarkastus

13.4.2012 pidetyssä lannoitetehtaan huoltoseisokissa tarkastettiin lannoitteen jäähdytys- ja pölynerotusprosessin toimintaan keskeisesti vaikuttavat toimilaitteet LA7290-HC-ohjauspelti ja LA601-letkusuodatin. LA7290-HC-ohjauspelti (kuva 6, s.24) toimii säätimenä, jolla voidaan tarvittaessa ohjata suodatettu prosessikaasu tai osa siitä pois kierrosta tehtaan piippuun ja näin ollen laskea rakeistusrumpujen lämpötilaa ja painetta. LA7290-HC-ohjauspellin toiminta tarkastettiin avaamalla toimilaitteen yläpuolella oleva huoltoluukku ja ajamalla peltiä lannoitetehtaan ohjaamosta asentoihin 0 -100 %. LA7290-HC:n toiminta todettiin tarkastuksessa normaaliksi.

LA601-letkusuodattimen suodatinelementit tarkastettiin suodattimen alaosan huoltoluukuista LA602-puhaltimen ollessa pysäytettynä. Tarkastuksessa huomattiin suodatinelementtien olevan pahasti tukkeutuneita (kuva 7, s.27) ja LA601- letkusuodattimen vaativan täydellisen huollon. Suodatin huollettiin lannoitetehtaan vuosiseisokissa kesäkuussa 2012. Kuvassa 8 esitetään LA601-letkusuodatin kuvattuna huollon jälkeen. Suodattimen epätavallisen voimakkaan tukkeutumisen syyksi arvioitiin tehtaan tuotantoseisokkien aikana syntyvä kastepistelämpötila. Suodattimen sisälämpötilan mennessä kastepistealueelle suodatinelementin pintaan tarttuva pöly ei putoa puhdistukseen käytettävän paineilmapulssin vaikutuksesta vaan alkaa kerrostua ja tukkia suodatinta.





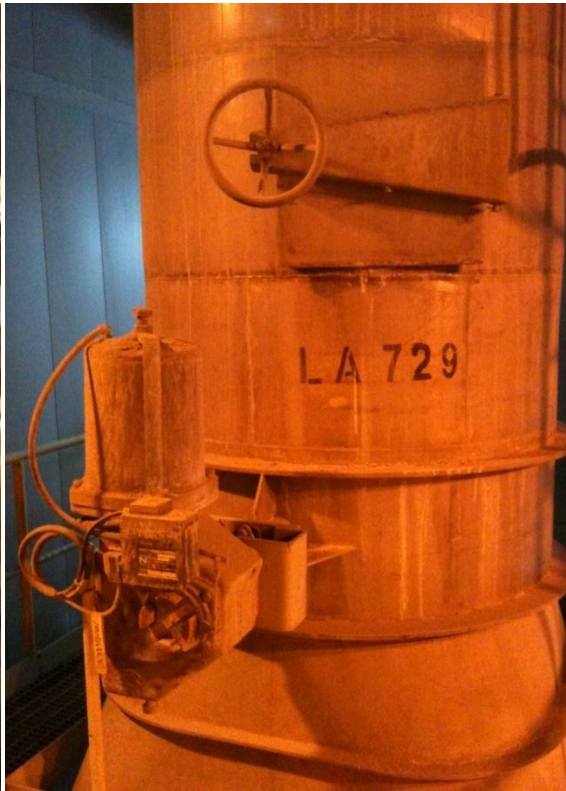
KUVA 3. Termoanemometri (valokuva Jarkko Vainikainen)



KUVA 4. Ilmamäärän mittauspiste (valokuva Jarkko Vainikainen)

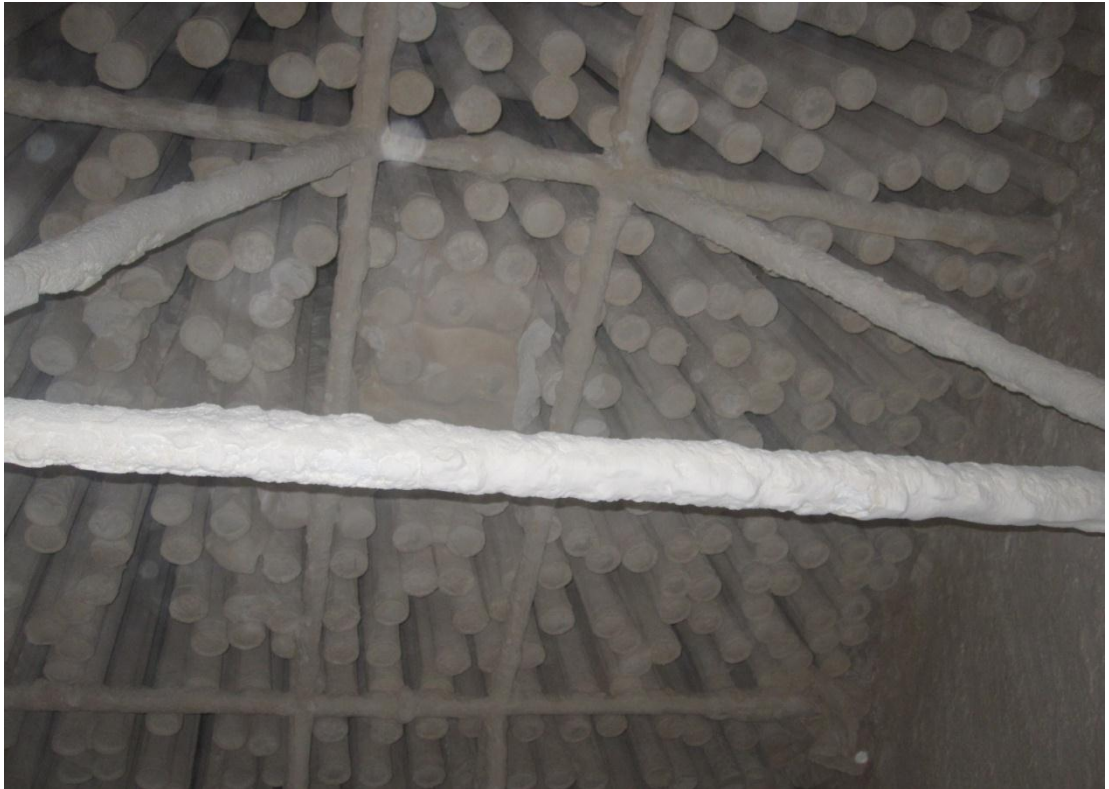


KUVA 5. Pölynmäärän mittauspiste (valokuva Jarkko Vainikainen)



KUVA 6. LA7290-HC ohjauspelti (valokuva Jarkko Vainikainen)





KUVA 7. LA601-letkusuodattimen kosteuden tukkimia suodatinelementtejä (valokuva Jarkko Vainikainen)



KUVA 8. LA601-letkusuodattimen uusia suodatinelementtejä (valokuva Jarkko Vainikainen)

## 6.4 Hiukkaspäästömittaus

Lannoitetehtaan hiukkaspäästömittaus suoritettiin 6.7.2012. Mittauksessa määritettiin lannoitetehtaan poistokaasun hiukkaspitoisuudet ja mittaustulosten perusteella laskettiin lannoitetehtaan hiukkaspäästö. Mittaukset suoritettiin standardin SFS 3866 ja Symo Oy:n sisäisen ohjeen (MO1) mukaisesti. Mittaustulokset ovat kolmen mittauksen keskiarvoja. Mittaukset tehtiin lannoitetehtaan kaasukanavistosta. Mittauspaikoista neljä sijaitti ennen letkusuodatinta ja yksi sen jälkeen. Vastaavana mittaajana toimi Olli Pärjälä ja avustavana Jenni Tirkkonen Symo Oy:stä. Prosessikaasun hiukkaspitoisuudet määritettiin isokineettisellä suodatinkeräyksellä. Hiukkaspitoisuudet mitattiin In-stack-mittauksina isokineettisesti (kuvat 9, 10 ja 11, s. 27 ja 28). (Symo Oy, 2012)

Mittaukset, näytteenotot ja analysoinnit suoritettiin standardin SFS 3866 tai vastaavien yleisesti käytössä olevien menetelmien mukaisesti. Lannoitetehtaan toiminta oli normaalia mittausten aikana. Tuotannossa oleva lannoitelajike oli mittausten aikana Pellon 5, tuotantotehon ollessa noin 1200 t/d.

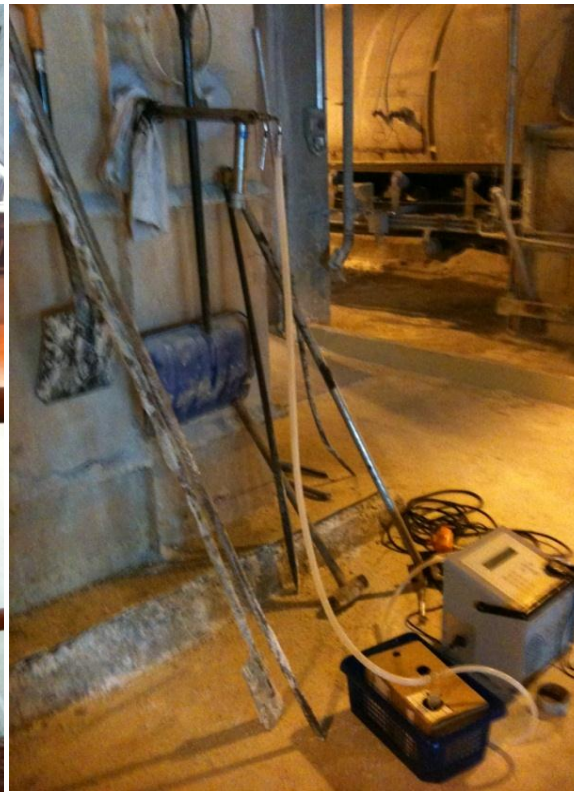
Suoritettujen mittausten perustella lannoitetehtaan hiukkaspäästö on 0,58 kg/h. Poistokanavasta mitattu hiukkaspitoisuus on 0,012 g/m<sup>3</sup> eli 0,12 mg/m<sup>3</sup>. Kyseisen tuloksen edustavuus ja luotettavuus ei kuitenkaan ole hyvä, johtuen vain yhdestä onnistuneesta näytteestä suodattimen jälkeisessä mittauspai- kassa. Suodattamattoman kaasun hiukkaspitoisuus oli 1000 mm kanavassa 5,6 ± 1,9 g/m<sup>3</sup>, 800 mm kanavassa 26 ± 6 g/m<sup>3</sup>, 600 mm kanavassa 23 ± 6 g/m<sup>3</sup> ja 400 mm kanavassa 0,23 g/m<sup>3</sup>. Puhdistuslaitteiston erotustehokkuus on mittausten perusteella 99,8 %. Puhdistuslaitteisto toimii mittausten perusteella erittäin hyvin. Erotustehokkuuden määrittämisen edustavuus ja luotettavuus ei kuitenkaan ole hyvä johtuen aiemmin mainitusta syystä. (liite 3, s.38)

Hiukkaspäästömittauksen yhteydessä saatiin myös laskettua tarkasti LA601-letkusuodattimelle menevät pölymäärät ja selvitettyä onko siihen johdettavaa suodatettavaa pölymäärää vielä mahdollista lisätä. LA601-letkusuodattimen suurin mahdollinen pölynerotus kapasiteetti on 5000 kg/h. Mittaustuloksista laskettu pölymäärä oli noin 830 kg/h eli LA601-letkusuodattimessa on run-

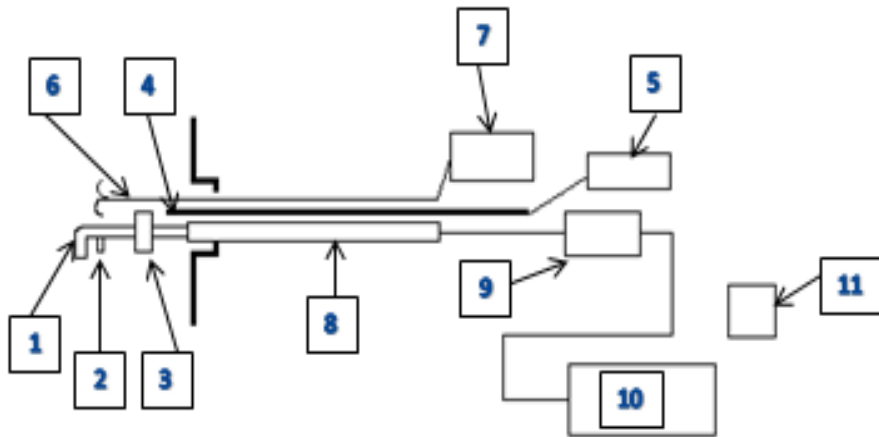
saasti kapasiteettia jäljellä (taulukko 4, s.28). Tämä mahdollistaa LA503-jäähdytysrummun ilmamäärän kasvattamisen 80 000 m<sup>3</sup>:iin/h ilman LA601-letkusuodattimeen tehtäviä muutoksia. Ennen LA601 letkusuodattimen huoltoa tehdyt pölymäärämittaukset LA603-pölyruuvien jälkeen (taulukko 3, s.23) osoittavat LA601-letkusuodattimen suodatuskyvyn parantuneen huomattavasti huollon jälkeen. Huomioitava on tosin myös näiden ennen huoltoa tehtyjen mittausten epätarkkuus verrattuna Symo Oy:n mittauksiin.



KUVA 9. Hiukkaspäästöjen mittaussuutin ja suodatinpesä (valokuva Jarkko Vainikainen)



KUVA 10. Hiukkaspäästöjen mittauslaitteisto (valokuva Jarkko Vainikainen)



- |                                |   |
|--------------------------------|---|
| 1. Suutin                      | 7. Manometri                                |
| 2. Virtauksen nopeuden mittaus | 8. Sondi                                    |
| 3. Suodatinpesä                | 9. Näytekaasun jäähdytys ja kuivaus         |
| 4. Lämpötila-anturi            | 10. Pumppu, näytekaasun hallinta ja mittaus |
| 5. Lämpömittari                | 11. Ilmanpaineen mittaus                    |
| 6. Pitot-putki                 |   |

KUVA 11. Periaatekuva In-stack näytteenottomenetelmästä. (kuva Symo Oy)

TAULUKKO 4. Kaasukanavista mitatut pölymäärät

Kaasukanava	Kanavan koko	Pölymäärä
	mm	kg/h
LA253 pinnoitusrumpu	400	0,58
2 linjan seula/murska	800	393
1 linjan seula/murska	600	248
LA503 jäähdytysrumpu	1200x1000	185
<b>Kokonaispölymäärä</b>		<b>826,58</b>

## 7 KEHITYSSUUNNITELMA

Työssä suoritettujen mittausten ja asiantuntijoiden haastattelun perusteella lannoitetehtaan jäähdytys- ja pölynerotusprosesseja päätettiin lähteä kehittämään keskittämällä muutostyöt LA601-letkusuodattimeen, LA602-puhaltimeen ja kaasukanaviin. Kehityssuunnitelma toteutettiin yhteistyössä Industri-Textil Job Oy:n kanssa. Industri-Textil Job Oy:llä oli vahva rooli erityisesti uuden puhallinjärjestelyn suunnittelussa.

Jäähdytys- ja pölynerotusprosessien kehitystyössä kuunneltiin myös lannoitetehtaan ohjauksesta vastaavia prosessinhoitajia. Heidän mielipiteensä otettiin huomioon nykyisten prosessien puutteita kartoitettaessa ja uusien prosessien suunnittelussa. Kuvioissa 3, 4 ja 5, (s. 30 ja 31) on esitetty lannoitetehtaan pölynerotus- ja palautusilmaproessin nykytila, Industri-Textil Job Oy:n ensimmäinen ehdotus uudeksi prosessiksi ja lopullinen esitys uudeksi prosessiksi, joka suunniteltiin yhteistyössä Industri-Textil Job Oy:n, lannoitetehtaan prosessinhoitajien ja tämän opinnäytetyöntekijän kanssa.

Uuden jäähdytys- ja pölynerotusprosessin lähtökohtana on LA602-puhaltimen tuoton kasvattaminen nykyisestä mitatusta noin 64 000 m<sup>3</sup>:stä/h 120 000 m<sup>3</sup>:iin/h. Tämä ilmamäärän lisäys mahdollistaa LA530-jäähdytysrummun kautta virtaavan ilmamäärän noston 80 000 m<sup>3</sup>:iin/h ja tehokkaan yleispölyn poiston lannoiteseuloilta, -murskilta, LA511-levylämmönvaihtimelta ja LA523-pinnoitusrummulta.

### 7.1 LA601-letkusuodatin

Kuten hiukkaspäästömittaus osoitti, LA601-letkusuodattimessa on runsaasti kapasiteettia jäljellä, vaikka sen läpi ohjattava puhdistettava prosessikaasumäärä kasvaisikin suunniteltuun 120 000 m<sup>3</sup>/h määrään. Tosin huomioon otettava seikka on suodatinkuormituksen kasvaminen, mikä saattaa lyhentää suodatinelementtien kestoikää. Suodatinkuormitus (ilma ja kangassuhde) lasjetaan kaavalla.

$$A/C = \frac{\text{Kaasumäärä (m}^3/\text{h)}}{\text{Suodatinpinta - ala (m}^2\text{)}}$$

Nykytilanteen mukainen suodatinkuormitus on:

$$A/C = \frac{64\,000 \text{ m}^3/\text{h}}{1322 \text{ m}^2} = 48$$

LA602 puhaltimen vaihdon jälkeen suodatinkuormitus on:

$$A/C = \frac{120\,000 \text{ m}^3/\text{h}}{1322 \text{ m}^2} = 90$$

Näistä lähtökohdista ainoa LA601-letkusuodattimeen tarvittava kehitystyö voisi olla letkusuodattimessa ilmenneen, tehtaan tuotantoseisokkien aikaisen, kastepisteongelman poistamiseen tähtäävä työ. Lannoitetehtaan asiantuntijoiden ja prosessinhoitajien kanssa keskustellessa onkin otettu varteenotettavaksi vaihtoehdoksi letkusuodattimen sisään asennettavan lämpötilanmittausjärjestelmän kehitys. Toinen huomioitava seikka on mahdollinen ajotavan muutos jäähdytysrummun ollessa pois käytöstä tuotantoseisokin aikana. Käytännössä tämä muutos tarkoittaisi että LA503-jäähdytysrummun ja LA601-letkusuodattimen välisessä kaasukanavassa oleva ilmamäärän säätöpelti suljettaisiin aina, kun LA503-jäähdytysrumpu ei ole käytössä. Tällä ajotavan muutoksella estettäisiin jäähdytysrummusta tulevan kostean ulkoilman pääsy letkusuodattimeen ja estettäisiin näin letkusuodattimen sisätilan ilmankosteus-

den joutuminen kastepistealueelle. Tämän ajotavan muutoksen käyttöönotto vaatii kuitenkin vielä lisäselvityksiä, koska ei ole varmuutta, miten jäähdytysrumpu reagoi jäähdytysilmavirtauksen lakattua. Riskinä on olemassa että jäähdytysrumpuun muodostuisi kosteutta, joka puolestaan aiheuttaisi ongelmia tehtaan ylösajovaiheessa.

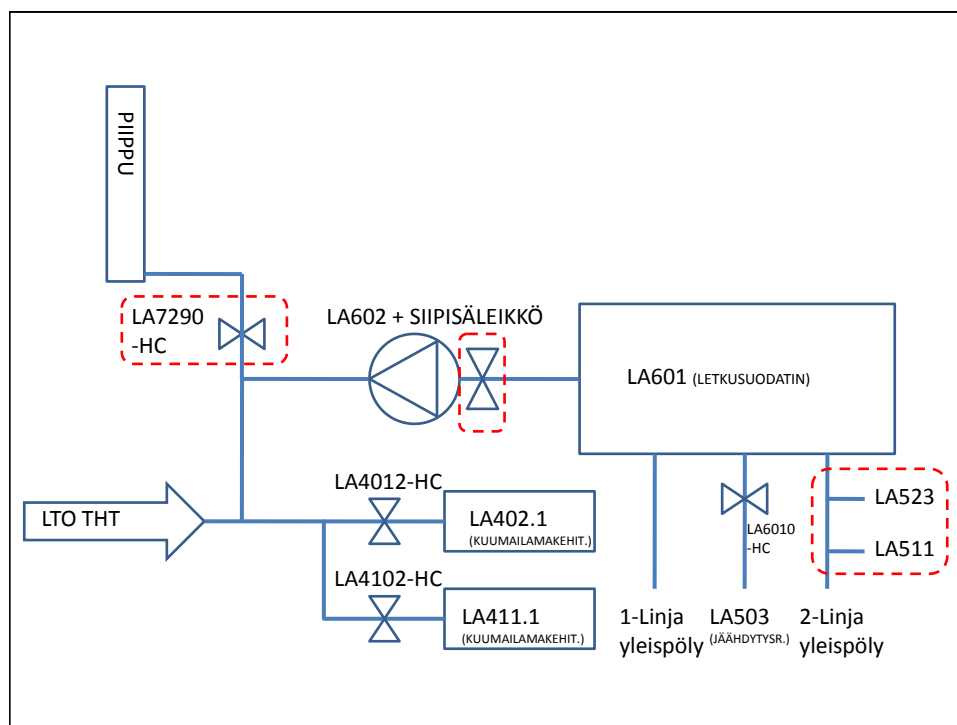
## 7.2 LA602-puhallin

LA602-puhaltimen toiminta ja puhaltimen tuottama ilmamäärä todettiin sinänsä riittäväksi takaamaan lannoitteen jäähdytyksen ja pölynerotuksen tehokas toiminta. LA602-puhaltimen todettiin kuitenkin tulleen lähelle elinkaarensa loppua, jolloin sen korvaaminen uudella taajuusmuuttajaohjatulla ja suoravetoisella puhaltimella on järkevää toteuttaa samassa yhteydessä muiden lannoitteen jäähdytys- ja pölynpuhdistusjärjestelmiin tehtävien investointien kanssa. Uuden puhaltimen tuotto päätettiin nostaa 120 000 m<sup>3</sup>/h ilmamäärään, koska tämä osaltaan mahdollistaa suurempien ilmamäärien (tavoite 80 000 m<sup>3</sup>/h) ohjaamisen LA503-jäähdytysrumpuun ja mahdollistaa lannoitteen jäähdytystehon nostamisen.

Industri-Textil Job Oy esitti ratkaisun että LA602-puhallin korvattaisiin kahdella erillisellä puhaltimella (kuvio 4, s.33). Tässä uudessa puhallinratkaisussa LA602-puhaltimen lisäksi järjestelmään sisällytetään uusi LA602-puhaltimesta riippumaton matalapaineinen keskipakopuhallin, jonka tehtävänä on tuottaa riittävä paine ja tilavuusvirta lannoitetehtaan lämminilmakehittimien (LA401.2 ja LA411.1) laimennusilmajärjestelmään yhdessä typpihappotehtaalta tulevan lämmöntalteenottojärjestelmän ilman kanssa. Tämä uusi puhallin on tyypiltään vakiokierrosnopeudella pyörivä johtosiipisäätöinen keskipakopuhallin. Ratkaisu osoittautui kuitenkin prosessinhoitajien kanssa käydyissä keskusteluissa hyödyttömäksi ja työtä päätettiin jatkaa nykyistä yhden puhaltimen järjestelmää kehittämällä.

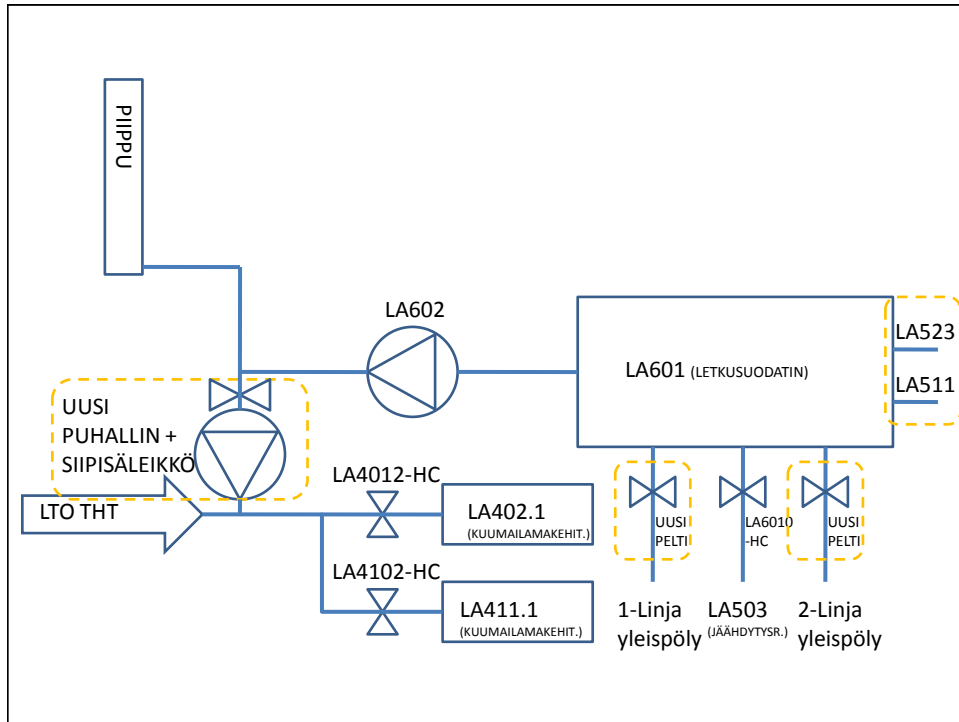
### 7.3 Kaasukanavat

Kaasukanavien suurimmaksi ongelmaksi havaittiin kanavien epätasapaino virtausnopeuksissa. Käytännössä tämä tarkoittaa seuloilta tulevien 600 ja 800 mm runkokanavien liian pientä virtausnopeutta, jolloin prosessikaasun mukana olevat pölyhiukkaset laskeutuvat kanavan pohjalle ja kanavaan alkaa muodostua pölykerrostumaa. Kehitysehdotus kanavien virtausnopeuden kasvattamiseksi on kanavien uudelle järjestely siten että, 600 ja 800 mm runkokanavat korvataan pienemmillä kanavilla jolloin virtausnopeutta saadaan kasvatettua.

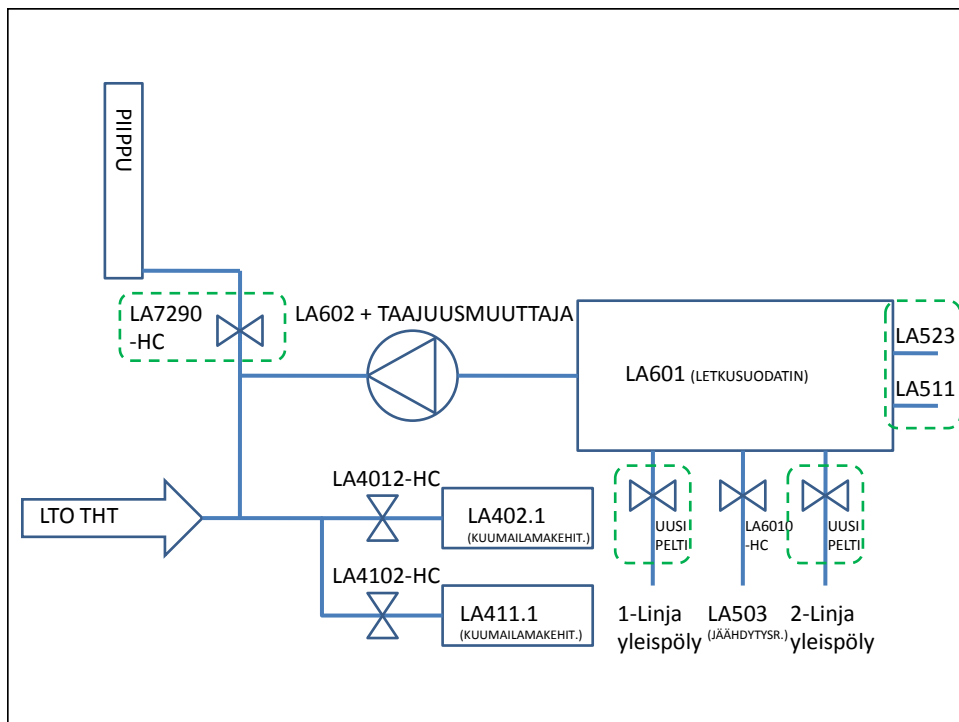


KUVIO 3. Nykyinen pölynerotus- palautusilmaprosessi





KUVIO 4. Industri-Textil Job Oy:n esitys uudeksi pölynerotus- ja palautusilma prosessiksi



KUVIO 5. Lopullinen esitys uudeksi pölynerotus- ja palautusilma prosessiksi.

## 8 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tuloksena saatiin kerättyä runsaasti tietoa lannoitetehtaan jäähdytys- ja pölynerotusprosessien tilasta ja puutteista sekä määritettiin kehityskohteet, joita kehittämällä prosessien tehokkuutta pyritään kasvattamaan tulevaisuuden investoinneissa. Opinnäytetyön tuloksena syntyi myös esitys, jonka perusteella uutta pölynerotus- ja palautusilmaprosessia ryhdytään suunnittelemaan.

Alustavissa keskusteluissa lähtökohdaksi LA503-jäähdytysrummun tehon kasvattamiseksi on otettu LA602-puhaltimen korvaaminen suurempituottoisella puhaltimella. Mahdollinen uusi puhallin tulee todennäköisesti olemaan suoravetoinen ja taajuusmuuttajaohjattu nykyisen LA602-puhaltimen olleessa kiihlahihnakäyttöinen ja johtosiipisäätöinen. Hiukkapäästömittaus osoitti LA601-letkusuodattimen suodatuskyvyn olevan erinomainen ja mitatut pölymäärät osoittivat myös LA601-letkusuodattimen mahdollistavan vielä nykyistä suurempien pölymäärien suodattamisen. Ainoa LA601-letkusuodattimen kehityskohte olisi mahdollinen suodattimen sisälle muodostuvan kastepistelämpötilan lähestymisestä varoittavan mittausjärjestelmän kehitys ja suodattimen ajoittavan muutos tuotantoseisokeissa. Mittaustulosten perusteella aiemmin todettu epäily kaasukanavien liian pienistä virtausnopeuksista on varmistettu ja tämän seurauksena ainakin osa kaasukanavaputkistosta joudutaan suunnittelemaan uudelleen, siten että virtausnopeudet kanavissa kasvavat.

Projektia lannoitteen jäähdytyksen ja pölynerotuksen kehittämiseksi jatketaan. Tavoitteena on saada ennen vuoden 2012 loppua valmiiksi kustannusarvio LA503-jäähdytysrummun toiminnan parantamiseksi tähtäävän investoinnin kuluista. Kustannusarvion ja projektin hyötyjen täsmennyttyä aloitetaan hankintaehdotusmenettely, jolla varmistetaan investoinnin rahoitus. Mahdollinen investointityö toteutettaneen lannoitetehtaan seuraavassa vuosiseisokissa alkukesästä 2013.

## LÄHTEET

Girsén, T. 2008. *Jäähdytysosan teknillistaloudellinen tarkastelu lannoiteprosessissa*. Oulu: Oulun yliopisto, prosessi- ja ympäristötekniikan osasto. Diplomityö.

Girsén, T. 2012 Tuotantoinsinööri. Yara Suomi Oy, Siilinjärvi: Henkilöhaastattelu. [haastatteluja ajalla: kevät 2012 - syksy 2012].

Hirvonen, M. 2012 Mekaanisen kunnossapidon asiantuntija. Yara Suomi Oy: Siilinjärvi. Henkilöhaastattelu. [haastatteluja ajalla: kevät 2012 - syksy 2012].

Huhtinen, M., Kettunen, A., Nurminen, P., Pakkanen, H. 2000. *Höyrykattilatekniikka*. Helsinki: Edita.

Kiiski, H. 2000. *Lannoitteiden valmistus ja ominaisuudet*. Espoo: Kemira Agro Oy, Espoon tutkimuskeskus. Tutkimusraportti.

Kivioja, H. 1987. *Lannoitteiden kemiaa*. Espoo: Kemira Oyj, Espoon tutkimuskeskus.

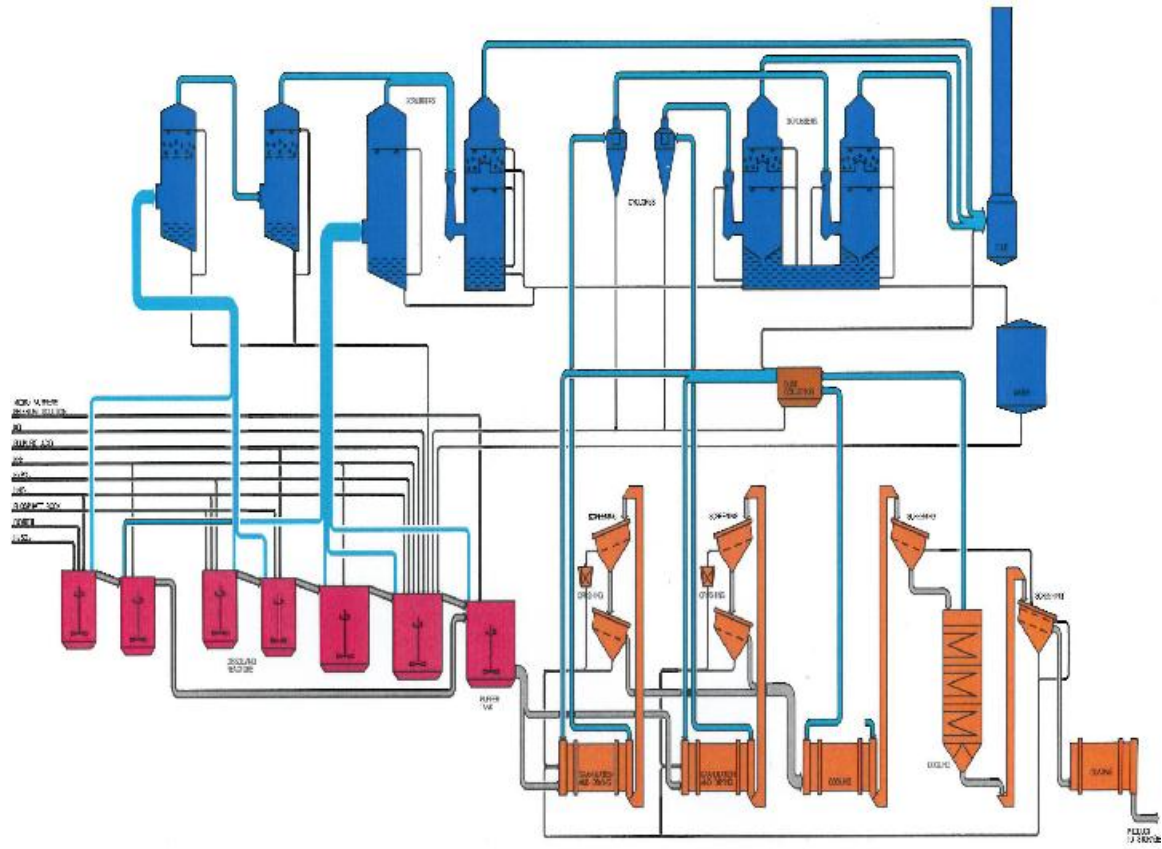
Symo Oy. 17.7.2012. Mittausraportti\_1212 /2012/OJP

Vuorinen, P. Senior Process Engineer. Yara Suomi Oy: Espoo. Henkilöhaastattelu. [haastateltu 12.9.2012].

Västi, T. Industri Textil Job Oy. Henkilöhaastattelu.[haastateltu 19.9.2012].

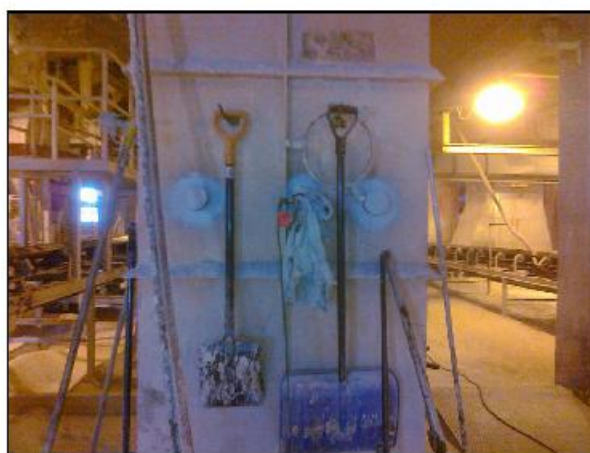
Yara Suomi Oy. Yrityksen www-sivut. [viitattu 9.9.2012]. Saatavissa: [http://www.yara.fi/about/at\\_a\\_glance/index.aspx](http://www.yara.fi/about/at_a_glance/index.aspx)

LIITE 1





## LIITE 3



*Lannoitetehtaan hiukkaspäästömittaukset*

---

17.7.2012

---

Tilaaaja: Yara Suomi Oy  
Nilsiantie 501  
71801 Siilinjärvi  
Johanna Heikkinen  
050 314 7982

Käsittelijä: Olli Pärjälä  
olli.parjala@symo.fi  
puh. 010 666 7818

#### LANNOITETEHTAAN HIUKKASPÄÄSTÖMITTAUKSET

Mittausaika: 6.7.2012

Paikka: Yara Suomi Oy, Lannoitetehtas, Siilinjärvi

Henkilöt: Olli Pärjälä  
Jenni Tirkkonen

---

Olli Pärjälä

---

Outi Isokääntä



17.7.2012

## SISÄLLYSLUETTELO

1.	Yleistä .....	4
2.	Mittaukset .....	4
2.1	Mittausmenetelmät ja -laitteisto .....	4
2.2	Mittauspaikan kuvaus .....	5
3.	Virhetarkastelu .....	6
4.	Tulokset.....	7
5.	Johtopäätökset.....	8

Mittauksessa, analysoinnissa, laskennassa ja raportoinnissa käytetyt sisäiset ohjeet:

Tunniste	Versio	Nimi
Menetelmäohje 1 (MO1)	8	Hiuukkaspäästömittaus
Työohje 2 (TO2)	1	Suodattimien käsittely



## 1. Yleistä

Mittauksissa määritettiin lannoitetehtaan poistokaasun hiukkaspitoisuudet ja mitaustulosten perusteella laskettiin päästöt. Mittaukset suoritettiin standardien ja Symo Oy:n sisäisen ohjeen (MO1) mukaisesti. Mitaustulokset ovat kolmen mittauksen keskiarvoja. Mittaukset tehtiin lannoitetehtaan pölykanavistosta, 5 eri kanavasta. Mittauspaikoista 4 sijaitti ennen pussisuodatinta ja 1 sen jälkeen. Lisäksi kahdesta kanavasta määritettiin virtausnopeus ja virtaama.

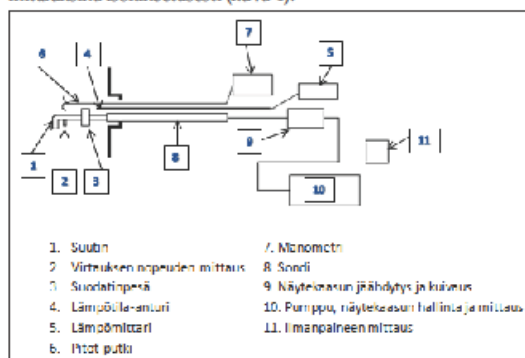
## 2. Mittaukset

Mittaukset tehtiin 6.7.2012. Vastaavana mittajana toimi Olli Pärjälä ja avustavana Jenni Tirkkonen Symo Oy:stä. Symo Oy on FINAS-akkreditointipalvelun akkreditoima testauslaboratorio T268, akkreditointivaatimus SFS-EN ISO/IEC 17025:2005.

Mittaukset, näytteenotot ja analysoinnit suoritettiin standardin SFS 3866 tai vastaavien yleisesti käytössä olevien menetelmien mukaisesti. Toiminnanharjoittajan mukaan laitoksen toiminta oli normaalia mitausten aikana.

### 2.1 Mittausmenetelmät ja -laitteisto

Savukaasujen hiukkaspitoisuudet määritettiin isokineettisellä suodatinkeräyksellä noudattaen standardia SFS 3866. Hiukkaspitoisuudet mitattiin In-stack-mittauksina isokineettisesti (kuva 1).



Kuva 1. Periaatekuva In-stack-näytteenottomenetelmästä.



17.7.2012

Suodattimena käytettiin kvartsisuodattimia (tasosuodatin, jonka halkaisija on 47 mm). Suodattimet käsiteltiin lämpökaapissa +180 °C:ssa ja jäähdytettiin eksikaattorissa ennen alkupunnitusta. Suodattimien jälkikäsitely tapahtui +160 °C:ssa, jonka jälkeen ne jäähdytettiin eksikaattorissa ennen punnitusta.

Poistokaasujen tila ja virtaama määritettiin standardin SFS-5624 mukaisesti ennen ja jälkeen näytteenottojen. Kaasujen tilavuusvirtaukset määritettiin mittaamalla kaasun nopeusjakauma kanavan halkaisijalla. Kaasun nopeus määritettiin dynaamisen paineen avulla mittaamalla paine S-tyypin Pitot-putkella ja mikromanometrillä. Poistokaasun lämpötila mitattiin K-tyypin termoelementillä ja lämpötilaloggerilla.

Mittauksissa käytetyt laitteet on kalibroitu Symo Oy:n laboratoriossa jäljitettävästi taulukon 1 mukaisesti.

**Taulukko 1: Mittauksissa käytettyjen laitteiden kalibrointi**

Laite	Koodi	Kalibroitu
Näytteenotto-laite	L143 & L221	11/2011
Lämpömittari	L90	4/2012
Lämpömittarin anturi	L234	11/2011
Mikromanometri	L88	10/2011
Pitot-putki	L43	10/2011
Vaaka	L147	5/2012

## 2.2 Mittauspaikan kuvaus

Standardi SFS 3866 asettaa mittausyhteen sijainnille häiriölähteisiin nähden minimaatimukset. Häiriöttömän etäisyyden tulee olla vähintään 5 x hydraulinen halkaisija ennen mittausyhdettä ja mittausyhteen jälkeen vähintään 1 x hydraulinen halkaisija.

Mittaukset suoritettiin laitoksen sisällä sijaitsevasta poistokaasukanavasta, joissa jokaisessa oli yksi mittausyhde.

Taulukossa 2 on esitetty kuvaus mittauspaikosta.



17.7.2012

#### 4. Tulokset

Taulukossa 3 on esitetty poistokaasusta mitatut keskimääräiset pitoisuudet ja arvioidut virheet sekä lasketut päästöt kolmen näytteen keskiarvona.

Taulukko 3. Mittaus tulokset.

Hiukkaspäästömittaukset				
kanavan halkaisija	hiukkaspitoisuus g/m <sup>3</sup> (n)	hiukkaspäästö kg/h	virtaus m <sup>3</sup> (n)/s	puhdistuslaitteiston erotustehokkuus %
<i>Suodattimen jälkeen, poistokaasu</i>				
1000 mm (pyöreä)	0,012	0,58	13,6	99,8
<i>Ennen suodatinta, suodattamaton kaasu</i>				
1000 mm (suorakaide)	5,6 ± 1,9	-	9,2	-
800 mm	26 ± 6	-	4,2	-
600 mm	23 ± 6	-	3,0	-
400 mm	0,23	-	0,7	-
Virtausmittaukset				
Kanava	halkaisija m	nopeus m/s	virtaus m <sup>3</sup> (n)/s	lämpötila °C
L709	1,25	20,5	25,1	85,5
L761	1,70	17,7	40,1	80,0

Erotustehokkuus on määritetty mittaamalla yhtäaikaisesti kanavista, joiden halkaisijat ovat 1000 mm, ja joista toinen on pyöreä (suodatettu kaasu) ja toinen suorakulmainen (suodattamaton).

Jotta erotustehokkuus saataisiin oikeaoppisesti määritettyä, tulisi mitata yhtäaikaisesti kaikki suodattimelle tulevat pitoisuudet ja kaikki suodattimelta lähtevät pitoisuudet. Tämä on kuitenkin käytännössä mahdotonta, koska varsinkin suodattimelle tulevia kanavia on niin paljon.

Erotustehokkuuden ja suodattimen jälkeisen poistokanavan kohdalla tulosten luotettavuus ja edustavuus ei ole hyvä, koska suodattimen jälkeisen mittauspisteen näytteistä 2/3 epäonnistui. Näin ollen kyseinen tulos ei ole 3 näytteen keskiarvo, kuten muut tulokset, vaan ainoastaan yhden näytteen tulos.



17.7.2012

## 5. Johtopäätökset

Lannoitetehtaan hiukkaspäästö on 0,58 kg/h. Poistokanavasta mitattu hiukkaspitoisuus on 0,012 g/m<sup>3</sup>(n) eli 0,12 mg/m<sup>3</sup>(n). Kyseisen tuloksen edustavuus ja luotettavuus ei kuitenkaan ole hyvä, johtuen vain yhdestä onnistuneesta näytteestä suodattimen jälkeisessä mittausspaikassa.

Suodattamattoman kaasun hiukkaspitoisuus oli 1000 mm kanavassa 5,6 ± 1,9 g/m<sup>3</sup>(n), 800 mm kanavassa 26 ± 6 g/m<sup>3</sup>(n), 600 mm kanavassa 23 ± 6 g/m<sup>3</sup>(n) ja 400 mm kanavassa 0,23 g/m<sup>3</sup>(n).

Puhdistuslaitteiston erotustehokkuus on mittausten perusteella 99,8 %. Puhdistuslaitteisto toimii mittausten perusteella erittäin hyvin. Erotustehokkuuden määrittämisen edustavuus ja luotettavuus ei ole hyvä, johtuen aiemmin mainitusta syystä.

Virtaus kanavassa L709 on mittausten perusteella noin 25 m<sup>3</sup>(n)/s.

Virtaus kanavassa L761 on mittausten perusteella noin 40 m<sup>3</sup>(n)/s.

