

**LIITE 1**

**NH<sub>3</sub> Formation and Recovery in a Kraft Pulp Mill  
– Project Update  
Nikolai DeMartini, Åbo Academy  
23.3.2011**

# **NH<sub>3</sub> Formation and Recovery in a Kraft Pulp Mill – Project Update**

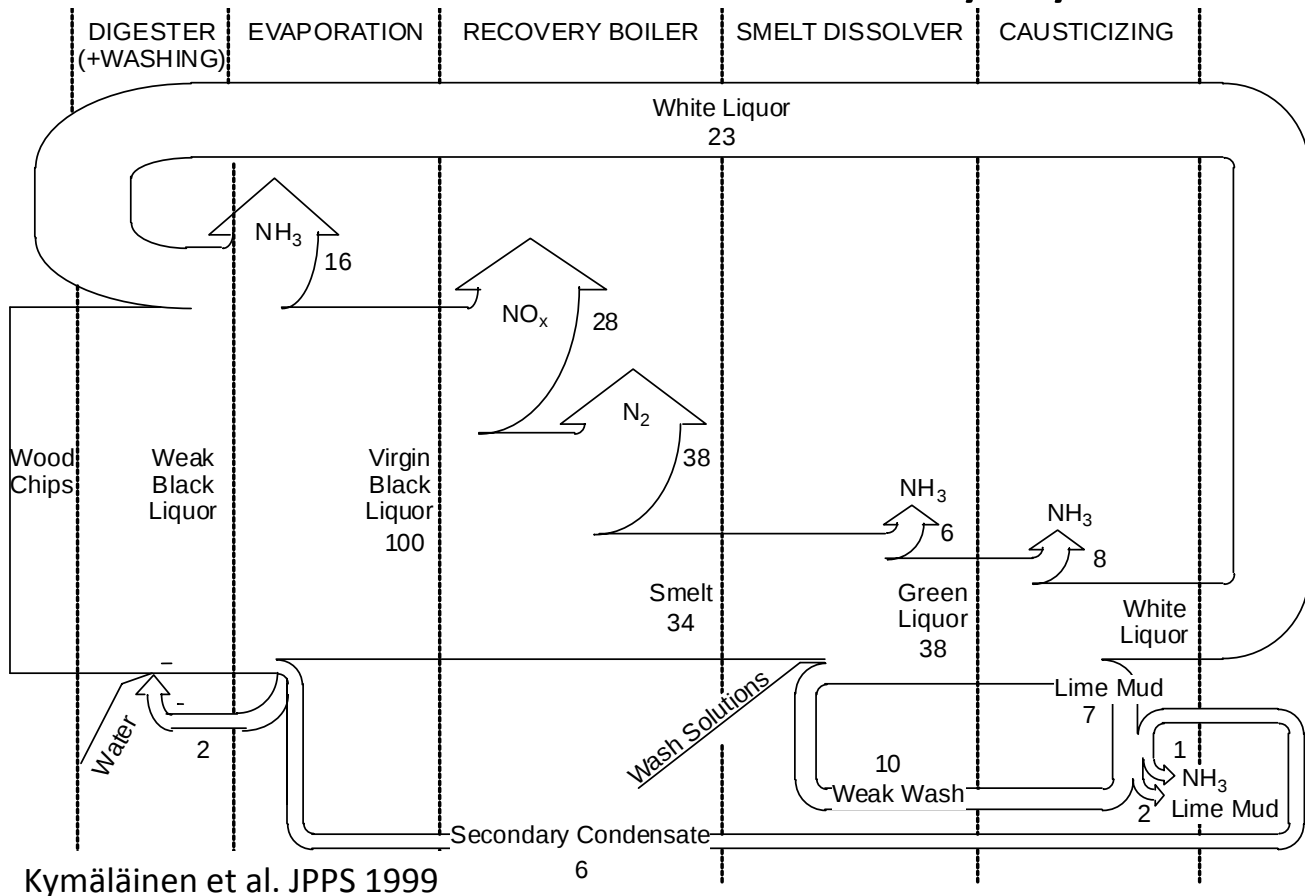
Nikolai DeMartini

23 March 2011

## **Project Components**

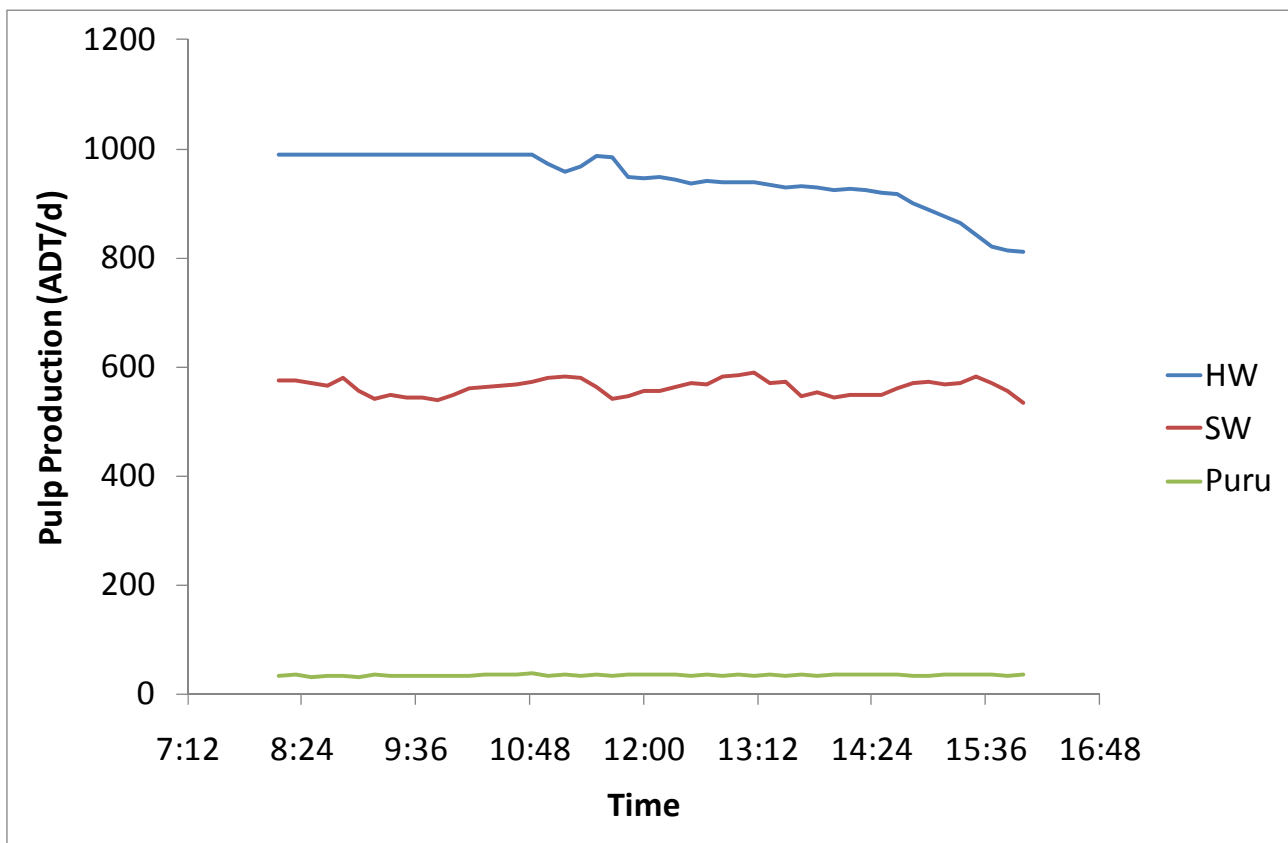
- The flows of nitrogen and ammonia at one pulp mill
- Stripping of ammonia from white liquor
  - with N<sub>2</sub>; with steam
  - 3 temperatures

# N in the Chemical Recovery Cycle

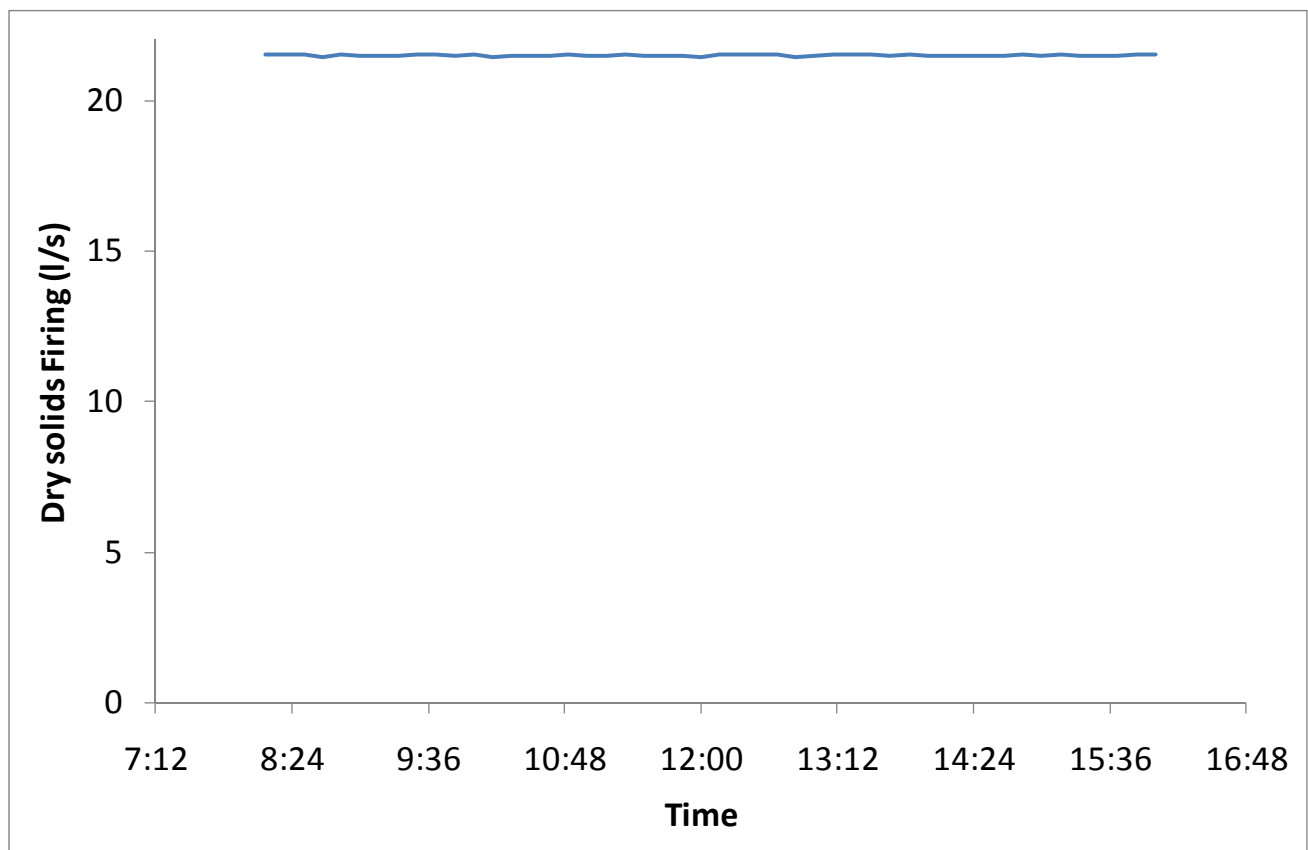


## Mill Balance

- Sampling was to take place wk 45, but had to reschedule due to problems in pulping
- Sampling campaign took place 1 Dec 2010 (wk 48)
- WL Ox was running
- Biosludge was not added to BL at that time
  - Scheduled to be added back to BL in June, 2011
- 39 solid and liquid samples (not all analyzed)
- 1 gas sample

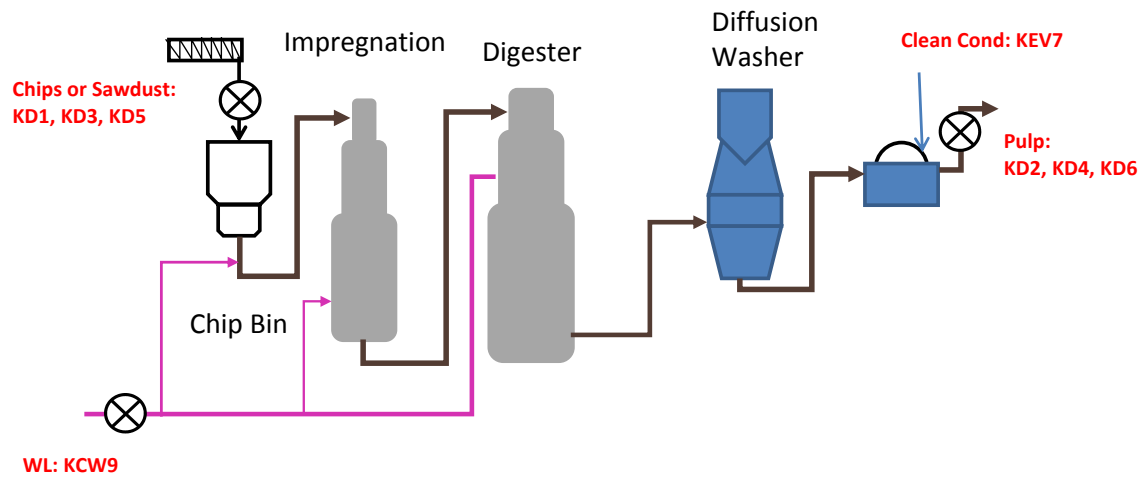


5



6

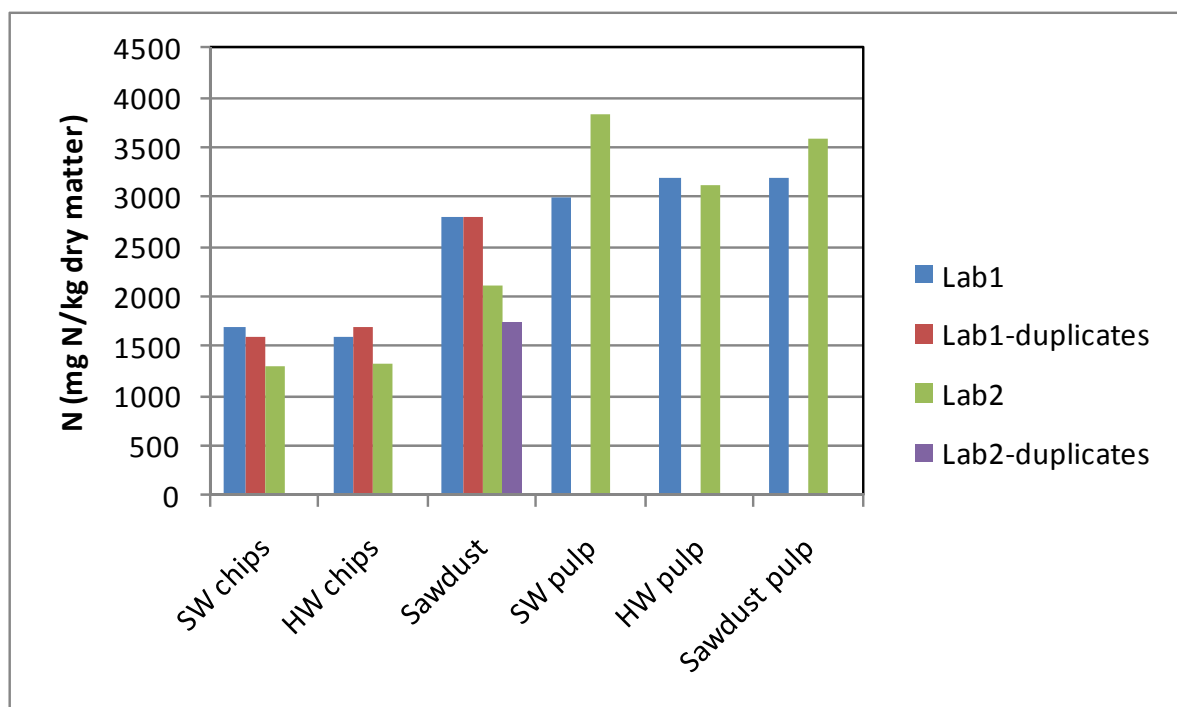
# Pulping General



Three Line: Hardwood, Softwood and Sawdust

7

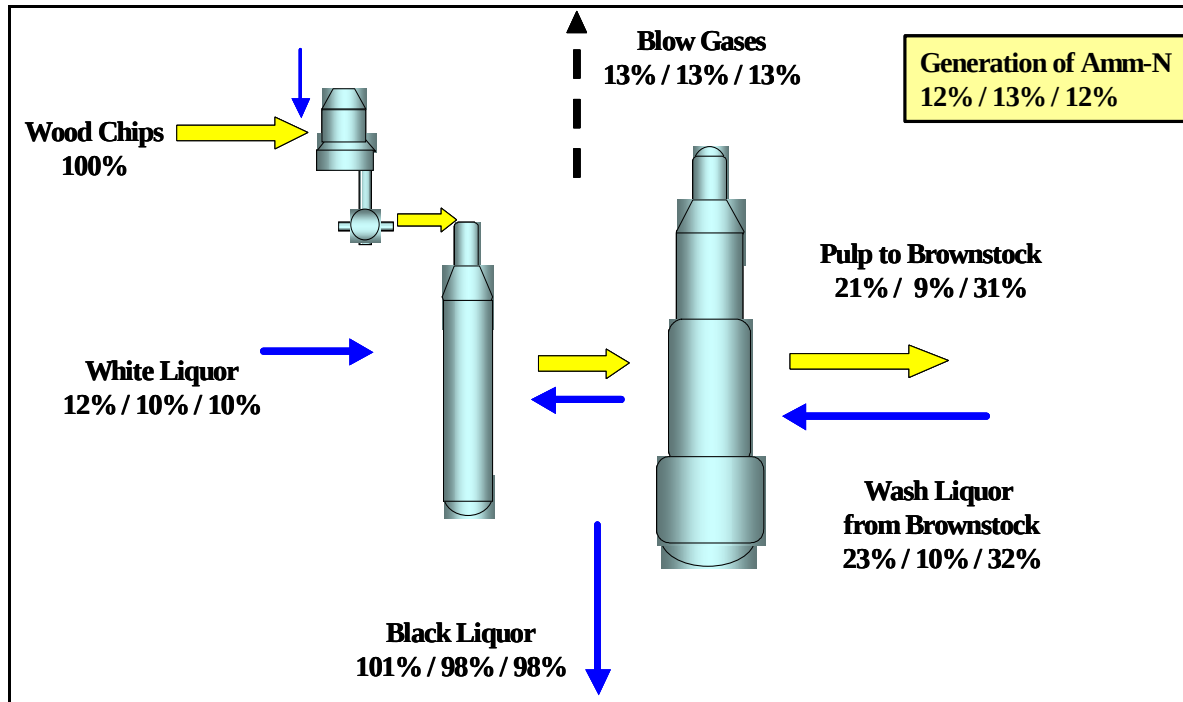
## Nitrogen in Wood & Pulp



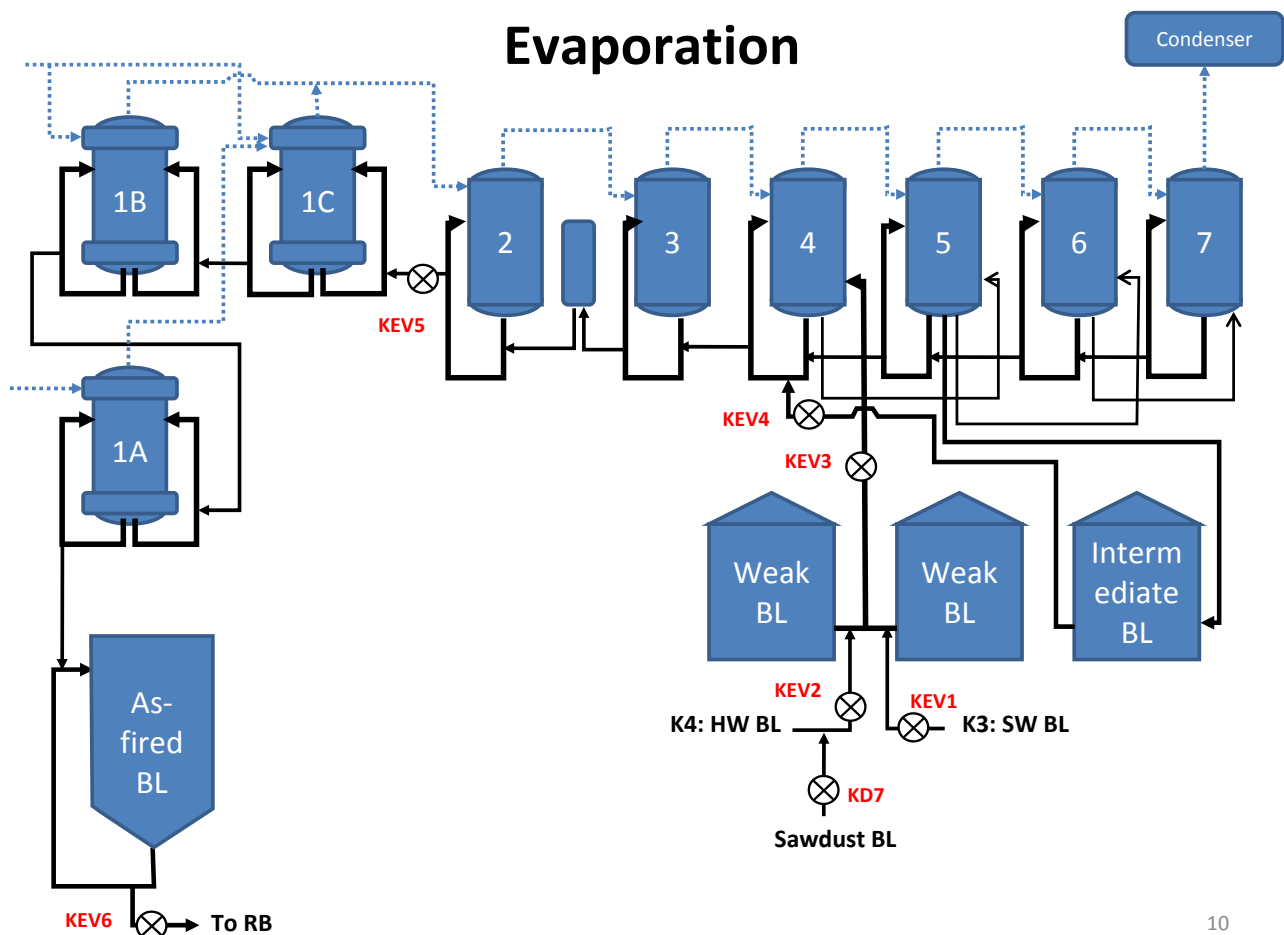
\*Pulp values unexpectedly high (not consistent with earlier studies), need to resolve this; pulp analysis at lab 2 with pulp washed in laboratory

8

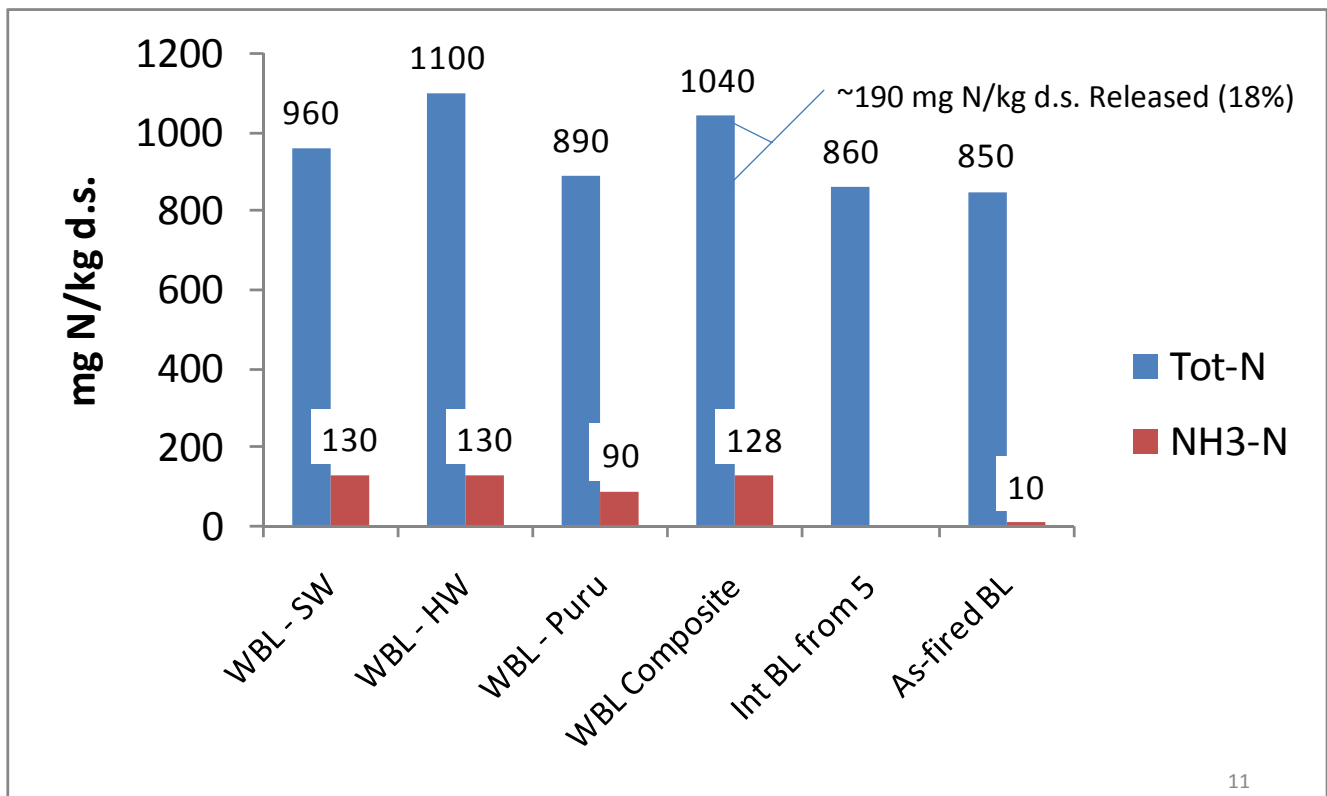
# Nitrogen in Pulping (3 mills) – EU Rempulp



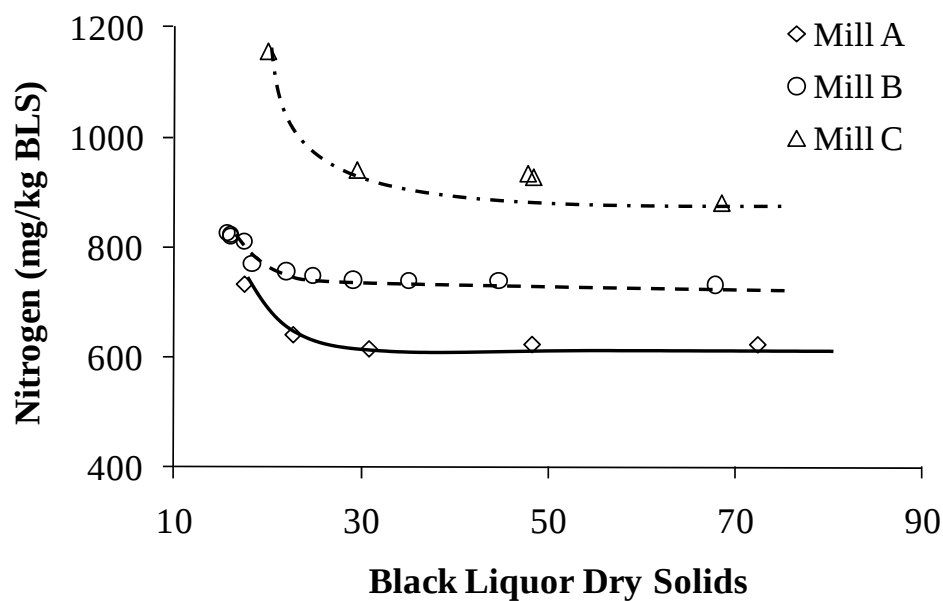
DeMartini et al. ICRC 2004

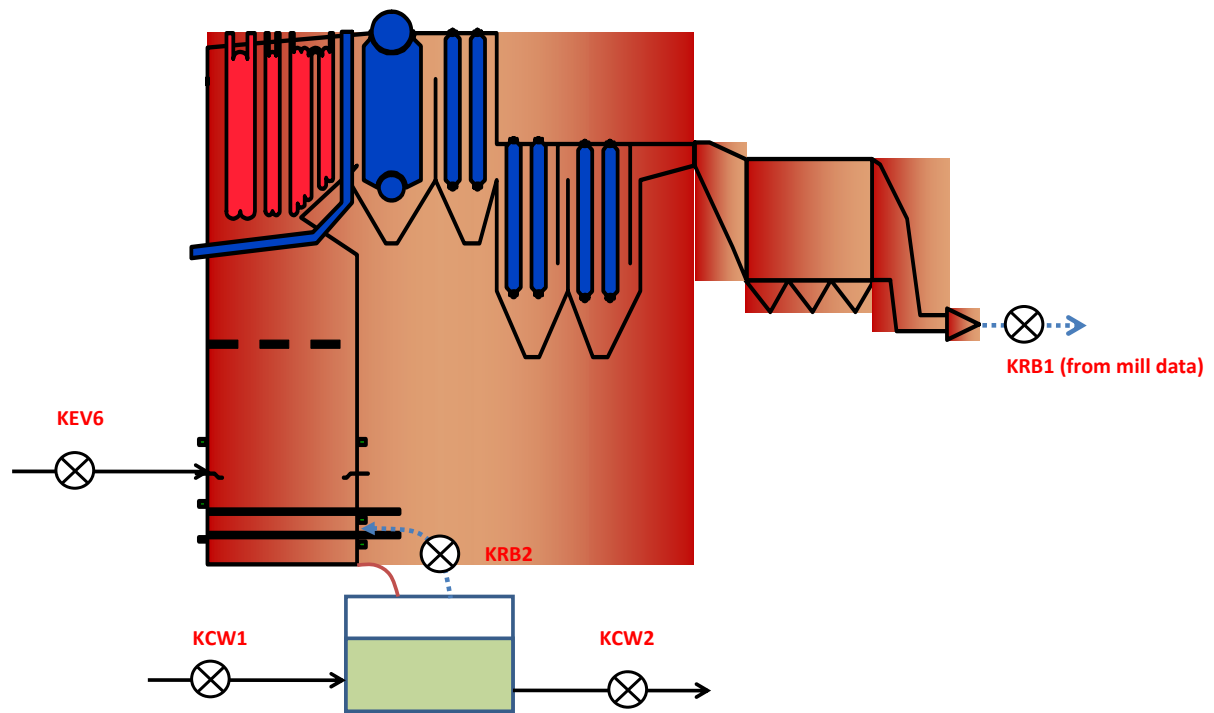


# Concentration of N in BL



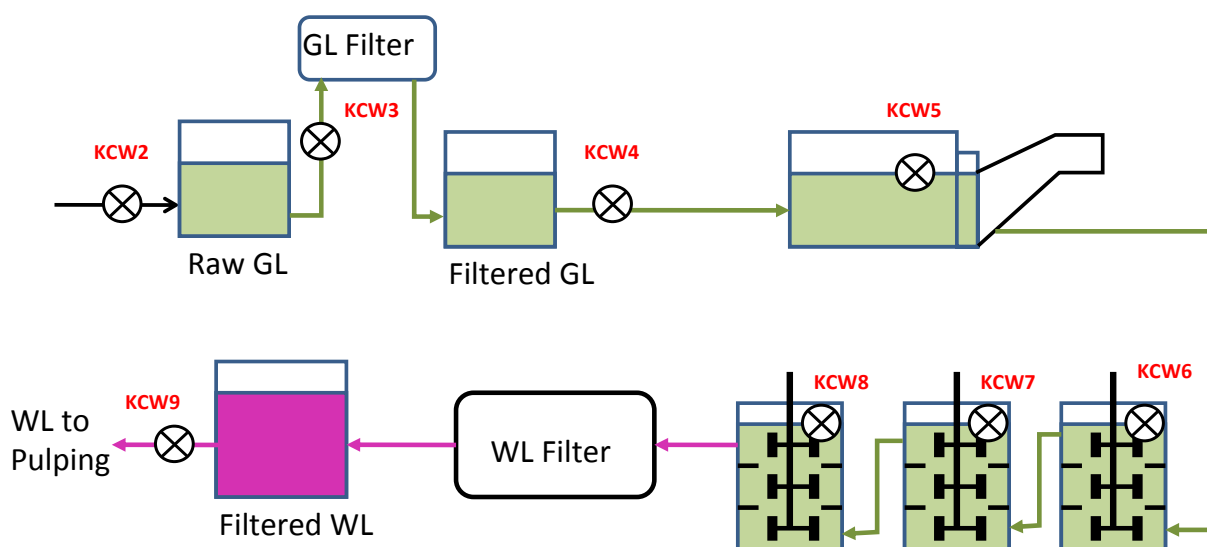
## Nitrogen in Evaporation (3 mills) – EU Rempulp





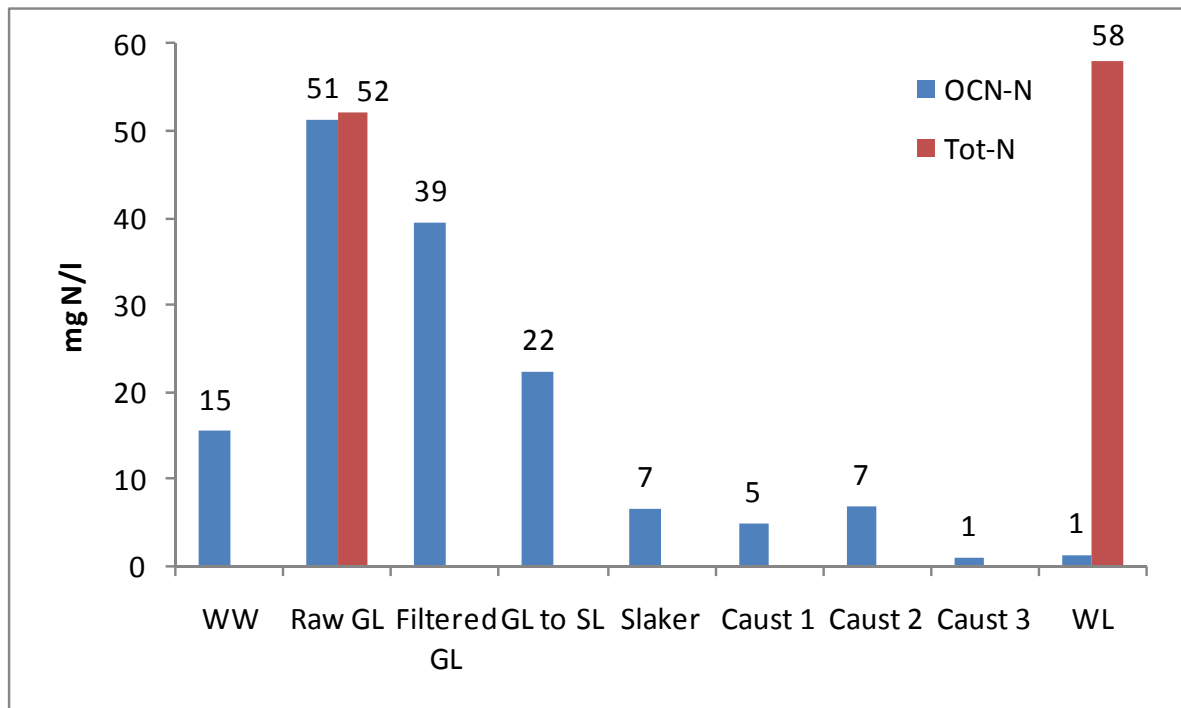
13

## Recausticizing



14

# Cyanate in GL & WL



15

## Sample List – Pulping & Evaporation

| Pulping and White Liquor Oxidation |                                   | Analysis |           |
|------------------------------------|-----------------------------------|----------|-----------|
| Name                               | Position                          | NH3-N    | Total - N |
| UPM-KD1                            | Chips to K3                       |          | X         |
| UPM-KD2                            | Washed Pulp from K3               |          | X         |
| UPM-KD3                            | Chips to K4                       |          | X         |
| UPM-KD4                            | Washed Pulp from K4               |          | X         |
| UPM-KD5                            | Sawdust to Sawdust digester       |          | X         |
| UPM-KD6                            | Pulp from washer                  |          | X         |
| UPM-KD7                            | Black liquor from washer          | X        | X         |
| UPM-KD8                            | Oxidized WL                       | X        |           |
| Evaporation and Stripper           |                                   |          |           |
| Name                               | Position                          | NH3-N    | Total - N |
| UPM-KEV1                           | Weak Black Liquor from K3         | X        | X         |
| UPM-KEV2                           | Weak Black Liquor from K4         | X        | X         |
| UPM-KEV3                           | Weak Black Liquor to Evaporators  |          |           |
| UPM-KEV4                           | Intermediate black liquor         | X        | X         |
| UPM-KEV5                           | Black Liquor from 2nd Effect      |          |           |
| UPM-KEV6                           | As-fired black liquor             |          | X         |
| UPM-KEV7                           | Secondary Condensate 1            | X        |           |
| UPM-KEV8                           | Secondary Condensate 2            | X        |           |
| UPM-KEV9                           | Secondary Condensate 3            | X        |           |
| UPM-KEV10                          | Condensate from 1C                | X        |           |
| UPM-KEV11                          | Dirty Condensate from evaporators | X        |           |
| UPM-KEV12                          | Dirty condensate to stripper      | X        | X         |
| UPM-KEV13                          | Stripped Condensate               | X        |           |
| UPM-KEV14                          | MeOH                              |          |           |

16

# Sample List – Recovery Boiler and Reausticization

| Recovery Boiler |                                               |       |           |
|-----------------|-----------------------------------------------|-------|-----------|
| Name            | Position                                      | NH3-N | Total - N |
| UPM-KRB1        | NOx stack gases                               |       |           |
| UPM-KRB2        | Gas from Dissolving Tank                      | X     |           |
| UPM-KRB3        | Mechanically cleaned hot water from RB        | X     |           |
| Reausticizing   |                                               |       |           |
| Name            | Position                                      | NH3-N | Total - N |
| UPM-KCW1        | Weak Wash to dissolving tank                  | X     |           |
| UPM-KCW2        | GL from Dissolving tank                       | X     | X         |
| UPM-KCW3        | GL from Equilizing tank to x-filter           | X     |           |
| UPM-KCW4        | GL to Slaker                                  | X     |           |
| UPM-KCW5        | WL from slaker                                | X     |           |
| UPM-KCW6        | WL from cuasticizer 1                         | X     |           |
| UPM-KCW7        | WL from cuasticizer 2                         | X     |           |
| UPM-KCW8        | WL from cuasticizer 3                         | X     |           |
| UPM-KCW9        | WL to digester & WL oxidation                 | X     | X         |
| UPM-KCW10       | Lime Mud from CD filter                       | X     |           |
| UPM-KCW11       | Lime Mud from disc filter                     | X     |           |
| UPM-KCW12       | Filtrate from lime mud washer                 | X     |           |
| UPM-KCW13       | Dregs to Dregs Washer                         | X     |           |
| UPM-KCW14       | Dregs from dregs washer                       | X     |           |
| UPM-KCW15       | Filtrate from dregs washer                    | X     |           |
| UPM-KCW16       | Mechanically Cleaned Hot Water from lime kiln | X     |           |

17

## Summary

- Sampling campaign went very smoothly
- Strong odorous gas sample not pulled
- N analysis to date
  - Wood: Total N
  - Black Liquor: Total N, NH<sub>3</sub>-N, Na
  - Green Liquor & White Liquor: OCN-N, Na, Total N (WL)
  - MeOH: Not yet analyzed
  - Condensates: Analyzed but NH<sub>3</sub> results appear incorrect

18

# Path Forward

- Establish analytical capabilities at ÅAU for  $\text{NH}_3$
- Perform stripping experiments
- Complete mass balance with current information/samples
  - Use N flow with wood, WL, pulp, BL to establish N release to blow gases
  - Use N,  $\text{NH}_3$  in BL to determine N release in evaporation
  - Use OCN,  $\text{NH}_3$  in Recast to determine N release in recast
  - Still have MeOH sample
- Intermediate report
- Take additional condensate samples if needed
- Final report

19

## Biosludge Addition (1/3)

- Biosludge addition a significant N source
- Reported to not result in a significant increase in NO
- One study showed no increase in N in as-fired BL after biosludge addition, but condensate sample not available

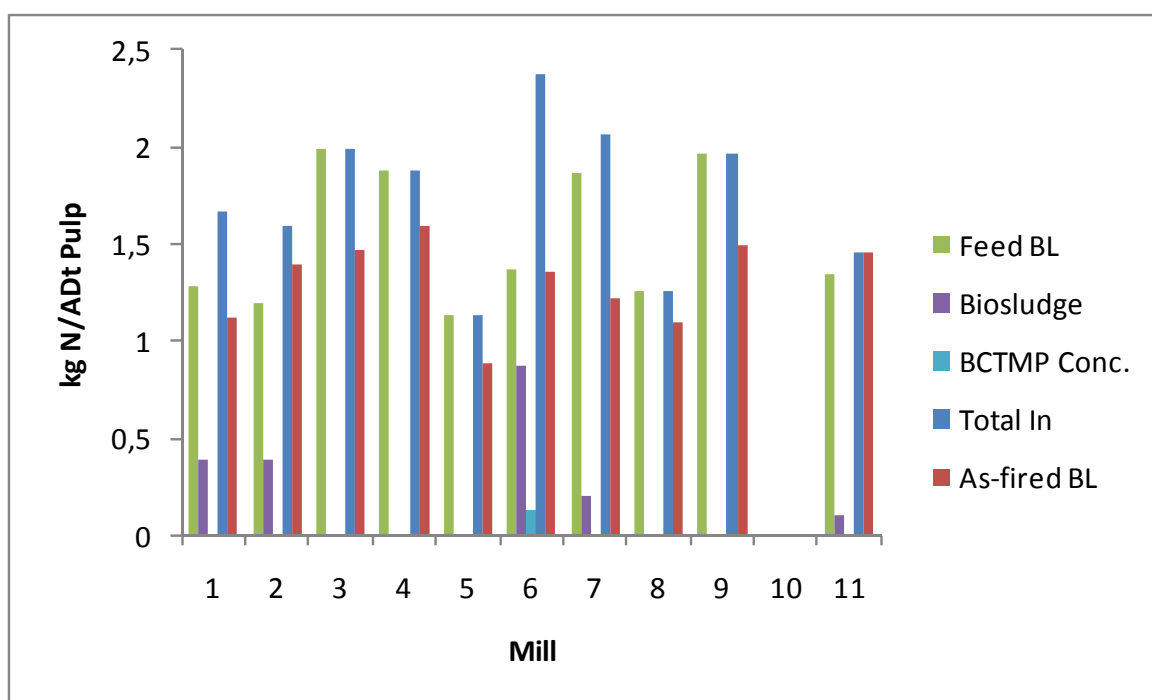
20

## Biosludge Addition (2/3)

- Biosludge at Kymi: tot-N 47 g/kg d.s.; NH<sub>3</sub>-N 3.8 g/kg d.s.
- Assuming addition of 0.5 wt% on d.s. Basis this results in 7 gN/s and 0.7 gNH<sub>3</sub>-N/s compared to flows of ~30 gN/s and 4 gNH<sub>3</sub>-N/s in the weak black liquor to evaporators

21

## Biosludge Addition (3/3)



22

**LIITE 2**

**Biosludge Measurements – offer  
Åbo Academy  
14.12.2010**

**Proposal for Biosludge Measurements**

14 Dec 2010

The fate of biosludge nitrogen in evaporation and combustion is not well understood. Mill experience consistently shows that biosludge does not result in increased NO, but earlier nitrogen balances around the evaporators have been inconclusive. It is important to understand the fate of biosludge nitrogen. Biosludge can represent a significant nitrogen flow and should be better understood. It is relevant to recovery boiler emissions. Also, if biosludge nitrogen is released during evaporation, the condensates from the concentrators may be a good source of ammonia for use elsewhere in the mill.

This is a proposal to measure the nitrogen flows around the concentrator and recovery boiler at the Kymi mill in the spring of 2011 before and after the addition of biosludge to the black liquor. Biosludge is added to the black liquor going into the concentrator 1C. Below is the proposed sample campaign across five days.

|                                   | Day                                             |                                                 |                                                 |                                                 |                                                 |
|-----------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Sample                            | 1<br>(no biosludge)                             | 2<br>(no biosludge)                             | 3<br>(biosludge added)                          | 4<br>(w/ biosludge)                             | 5<br>(w/ biosludge)                             |
| BL from Evap 2 to IC              | Twice/day<br>(Kjehdahl-N, d.s.)                 | Twice/day<br>(Kjehdahl-N, d.s.)                 | Twice/day<br>(Kjehdahl-N, d.s.)                 | Twice/day<br>(Kjehdahl-N, d.s.)                 | Twice/day<br>(Kjehdahl-N, d.s.)                 |
| Biosludge                         | -                                               | -                                               | Twice/day<br>(total N, NH <sub>3</sub> , d.s.)  | Twice/day<br>(total N, NH <sub>3</sub> , d.s.)  | Twice/day<br>(total N, NH <sub>3</sub> , d.s.)  |
| Virgin BL to mix tank             | Twice/day<br>(Kjehdahl-N, d.s.)                 | Twice/day<br>(Kjehdahl-N, d.s.)                 | Twice/day<br>(Kjehdahl-N, d.s.)                 | Twice/day<br>(Kjehdahl-N, d.s.)                 | Twice/day<br>(Kjehdahl-N, d.s.)                 |
| As-fired BL                       | Twice/day (d.s.)                                | Twice/day (d.s.)                                | Twice/day (d.s.)                                | Twice/day (d.s.)                                | Twice/day (d.s.)                                |
| Weak Wash to Dissolving Tank      | Twice/day<br>(total N, NH <sub>3</sub> )        | Twice/day<br>(total N, NH <sub>3</sub> )        | Twice/day<br>(total N, NH <sub>3</sub> )        | Twice/day<br>(total N, NH <sub>3</sub> )        | Twice/day<br>(total N, NH <sub>3</sub> )        |
| Green liquor from dissolving tank | Twice/day<br>(total N, NH <sub>3</sub> , OCN)   | Twice/day<br>(total N, NH <sub>3</sub> , OCN)   | Twice/day<br>(total N, NH <sub>3</sub> , OCN)   | Twice/day<br>(total N, NH <sub>3</sub> , OCN)   | Twice/day<br>(total N, NH <sub>3</sub> , OCN)   |
| Vent gases from dissolving tank   | Once/day, multiple spouts<br>(NH <sub>3</sub> ) | Once/day, multiple spouts<br>(NH <sub>3</sub> ) | Once/day, multiple spouts<br>(NH <sub>3</sub> ) | Once/day, multiple spouts<br>(NH <sub>3</sub> ) | Once/day, multiple spouts<br>(NH <sub>3</sub> ) |

The objective is to firmly establish the flows of nitrogen with and without biosludge addition. In addition to the above samples we will monitor the NO in the recovery boiler flue gases using the mill measurements. We are working with Kymi to determine if we can isolate condensates samples from the IC concentrator to establish if nitrogen is lost from the BL + biosludge during concentration in the high solids concentrators.

The cost for this mill balance is 22 000€ (+VAT). We can modify this proposal based on the request of the board.



**Prepared by:**

Nikolai DeMartini

Mikko Hupa

Senior Researcher

Professor

### **LIITE 3**

**Päästömittauspäivän 16.3.2011 palaute**

# Päästömittauspäivä 16.03.2011

## Palaute

1

## Palaute

- *Ilmoittautuneita*
  - 75, joista paikalla 72
- *Palautettuja lomakkeita yhteensä*
  - 57 kpl
- *Osallistumisprosentti 96 %*
- *Vastausprosentti 76 %*

2

# Kuinka arvioisit luennoitsijaa ja esityksen sisältöä?

|                                                                                |     |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Markku Hietamäki, Miksi päästöt tulisi selvittää ja raportoida asianmukaisesti | 3.7 |
| Riikka Silmu, PPMistä vuosipäästötonneihin                                     | 3.4 |
| Paula Juuti, Lupaehtojen huomioiminen tehtaan tarkkailussa 1                   | 3.6 |
| Kari Saari, Soodakattilan NOx-laskenta                                         | 4.0 |
| Pekka Posti, TRS laskenta                                                      | 4.4 |
| Harri Puustinen, Kansalliset vertailumittaukset                                | 4.4 |
| Kati Manskinen, Monipolttoainekattilan päästöjen tarkkailu ja raportointi      | 4.2 |
| Hilkka Hännikäinen, Toimiva tarkkailuohjelma                                   | 4.0 |

**N=57 kpl**

3

# Mielipiteesi tilaisuuden muista järjestelyistä

|                                                       | Keskiarvo |
|-------------------------------------------------------|-----------|
| Salijärjestelyt (pöytäjärjestys, kuuluvuus, näkyvyys) | 4.2       |
| Ilmoittautumis- ja vastaanottopalvelut                | 4.5       |
| Tilat                                                 | 4.4       |
| Tarjoilut                                             | 4.3       |
| Yleisvaikutelma tilaisuudesta                         | 4.2       |

**N=57 kpl**

4



# Muuta palautetta

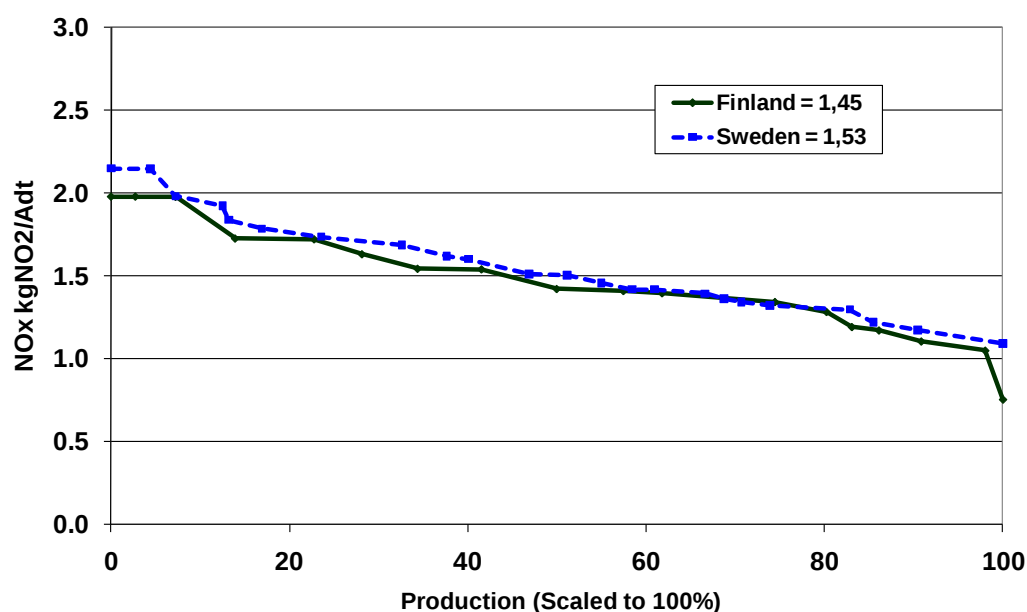
- Hyvä tilaisuus
- Vettä tarjolle kuuntelijoille (toim.huom. oli tilattu)
- Kuuluvuus välillä ongelma, kaksi näyttöä turha
- Julkaiskaa tekniset esitykset, muillekin hyvää asiaa
- Hyvä kompakti tilaisuus, jossa luentojen lisäksi keskustelut salissa ja tauolla olivat hyödyllisiä
- Kiitos, oli hyvä ja suosittu tilaisuus
- Suuri osallistujamäärä kertoo siitä, että tämäntyyppisiä tilaisuuksia tarvitaan, ehkä pitäisi jatkaa samanlaisten tilaisuuksien järjestämistä
- Aihe oli akuutti ja hyvin tärkeä
- Hyviä esityksiä
- Muutamia käytännön esimerkkejä / esitys, esim. ppm=>t/a. Postipoika oli hyvä
- Enemmän taukoja, alkamisajankohta 9 ongelmallinen ruuhkan vuoksi, klo 10 olisi parempi Otaniemessä. Eräissä kalvoissa liian pieni fontti. Kaipasin konkreettisia laskentaesimerkkejä, ne ei ole niin yhtenäisiä kuin luulemme.
- Järjestelyt oli hoidettu hyvin. Lyhenteiden listaa olisin kaivannut, luulen, etten ollut ainoa, joka ei tuntenut kaikkia käytettyjä lyhenteitä.
- Kuuluvuus Silmun esityksessä aiheutti laskun arvosanaan. Hento ääni ei oikein muodostunut kuuluvaksi, vaikka mitä teki
- Videotykit voisi huollattaa, lamput vaihtaa.

#### **LIITE 4**

**NO<sub>x</sub> emissions from recovery boilers  
– why discrepancy between Finnish and Swedish values  
- lausuntoluonnos**

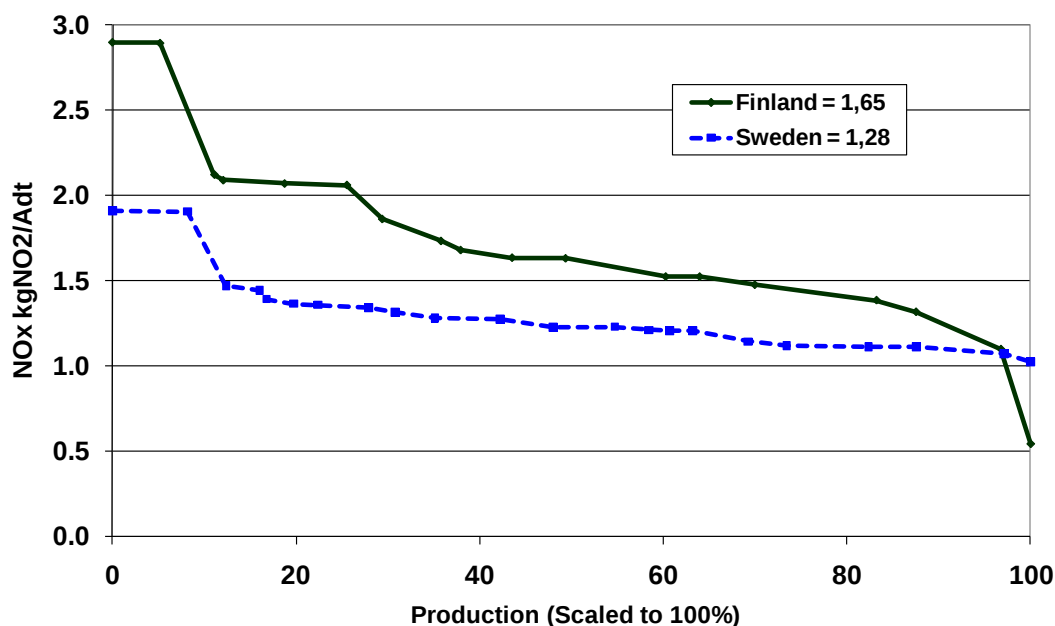
## NO<sub>x</sub> emissions from recovery boilers – why discrepancy between Finnish and Swedish values

In figure 1 the reported average yearly emissions from Swedish and Finnish pulp mills from year 2003 are shown in declining order as function of total pulp produced. The data is from official statistics by Finnish Metsäteollisuus ([www.forestindustries.fi](http://www.forestindustries.fi)) and Swedish Skogsindustrierna ([www.forestindustries.se](http://www.forestindustries.se)).



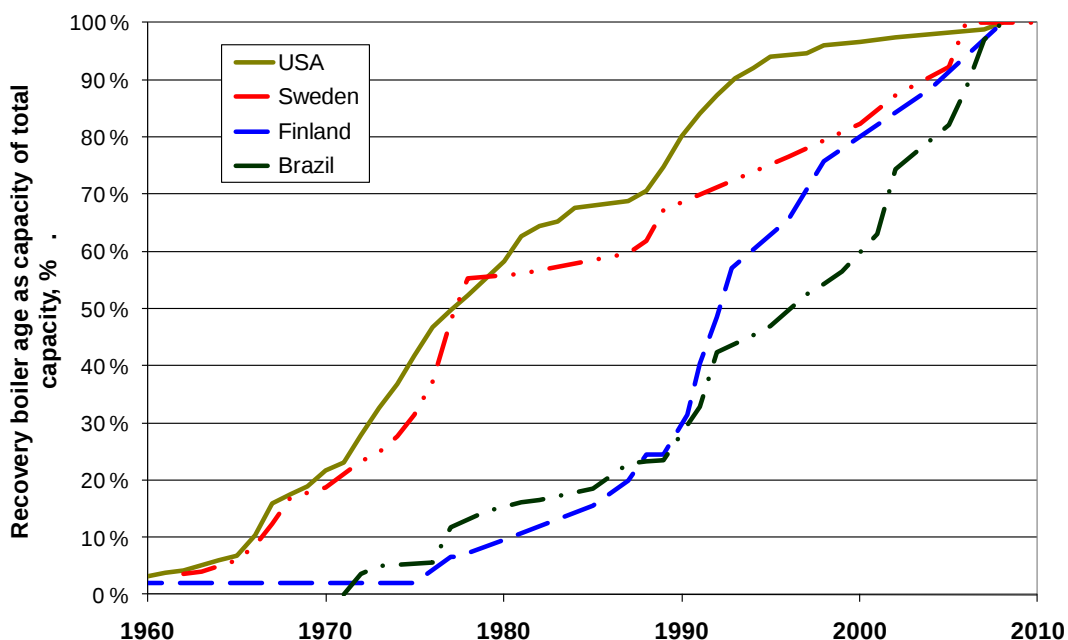
**Figure 1:** Average yearly emissions from Swedish and Finnish pulp mills from year 2003.

In figure 2 the reported average yearly emissions from Swedish and Finnish pulp mills from year 2008 are shown in declining order as function of total pulp produced. The data is from official statistics by Finnish Metsäteollisuus ([www.forestindustries.fi](http://www.forestindustries.fi)) and Swedish Skogsindustrierna ([www.forestindustries.se](http://www.forestindustries.se)). These figures have also been reported to the EU EPER.



**Figure 2:** Average yearly emissions from Swedish and Finnish pulp mills from year 2008.

The dilemma is that in five years the average Finnish NO<sub>x</sub> emission has increased from 1.45 kg NO<sub>2</sub>/Adt to 1.65 kg NO<sub>2</sub>/Adt e.g. 0.2 kg NO<sub>2</sub>/Adt. At the same time the Swedish NO<sub>x</sub> emission has decreased from 1.53 kg NO<sub>2</sub>/Adt to 1.28 kg NO<sub>2</sub>/Adt e.g. 0.25 kg NO<sub>2</sub>/Adt. The difference between Sweden and Finland is now 0.37 kg NO<sub>2</sub>/Adt.



**Figure 3:** Ages of Brazilian, USA, Finnish and Swedish recovery boilers.

### Is there a difference in Finnish and Swedish recovery boiler technology

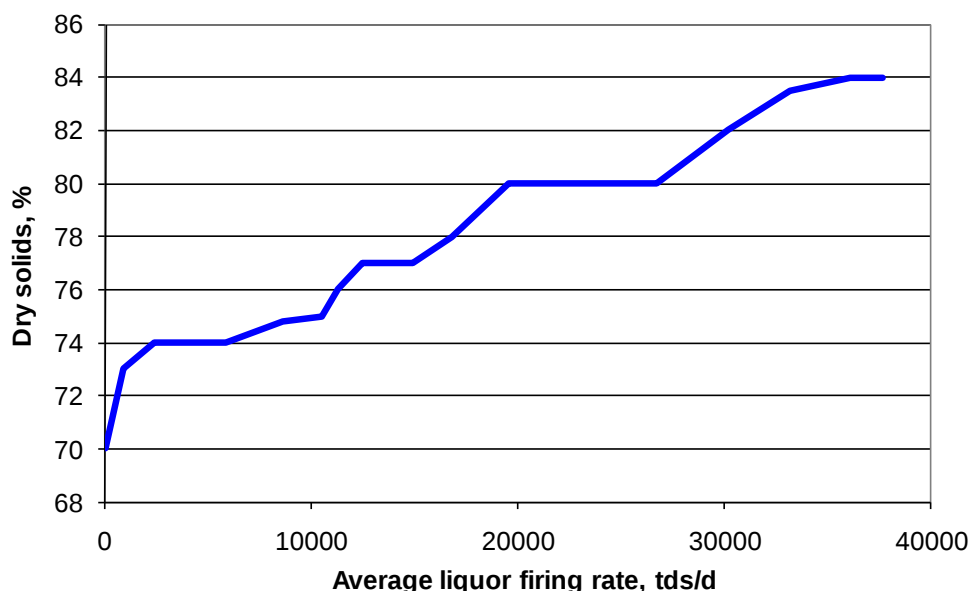
The ages of Finnish and Swedish recovery boilers are shown in figure 3. It can be seen that Finnish recovery boilers are on average much younger than Swedish recovery boilers. Half of the Finnish boilers are younger than 20 years. Half of the Swedish recovery boilers are older than 30 years. During the period 2003 – 2008 three new recovery boilers were started in Sweden, namely Skoghall 2500 tds/d in 2005 and Östrand 3300 tds/d in 2006 and Obbola in 2007. In Finland two new recovery boilers started, namely Pietarsaari 4450 tds/d in 2004 and Kymi 4000 tds/d which started in 2008.

As far as we can state the technology base, air models and other equipment related features are similar between Finland and Sweden. The boilers in Sweden are manufactured by the same boiler vendors than in Finland. The only exception in technology is that Swedish boilers are older than Finnish.

Swedish and Finnish boilers do differ in the black liquor dry solids they fire, where DTVG is burned, where DNCG is burned, where biosludge is burned, where CNCG is burned and the liquor nitrogen content (wood species pulped).

### What are the dry solids of Finnish and Swedish recovery boilers

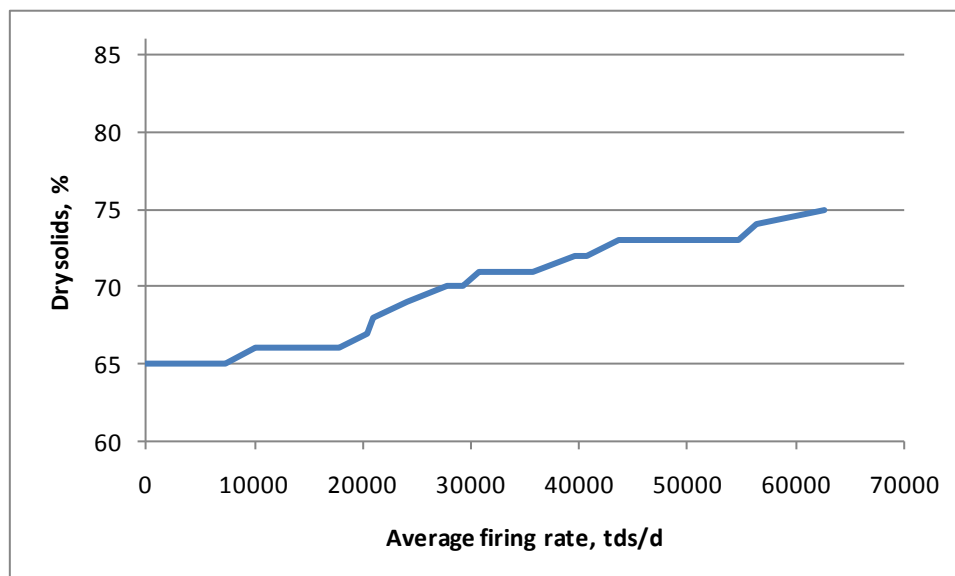
The as fired black liquor dry solids of Finnish recovery boilers in 2004 are shown in figure 4 (ref. Suomen Soodakattilayhdistys ry, Mustalipeän polttomenetelmät Suomen soodakattiloissa, (Black liquor firing in recovery boilers) 3.5.2004, 16A0913-E0058). It can be seen that Finnish recovery boilers are on average firing close to 80 % dry solids. Dry solids increase has continued and most mills now fire 80% or above.



**Figure 4:** As fired black liquor dry solids of Finnish recovery boilers in 2004.

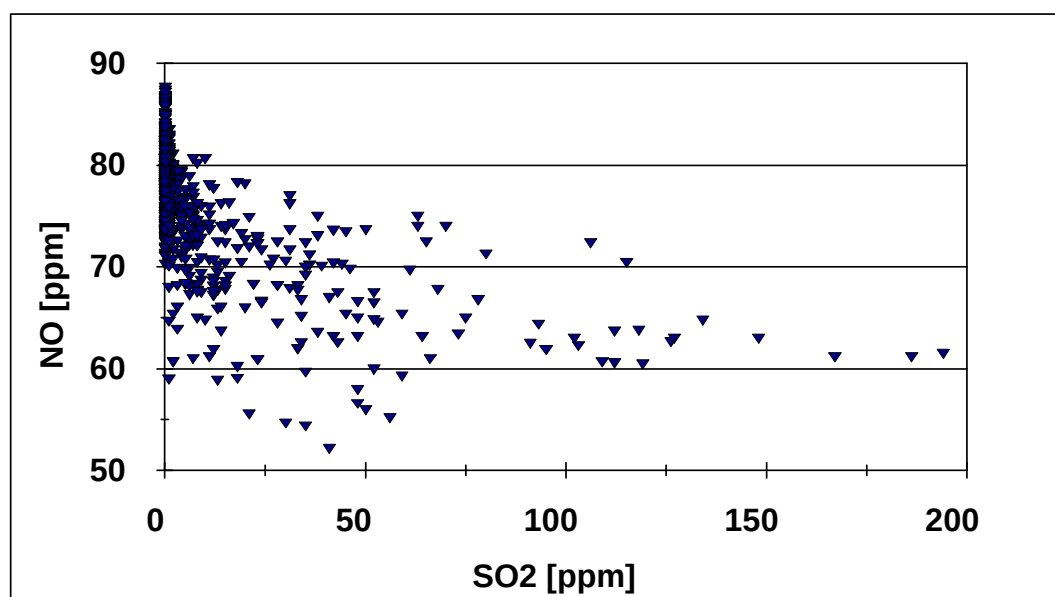
The as fired black liquor dry solids of Swedish recovery boilers in 2000 are shown in figure 5 (ref. Kjörk, Anders and Herstad Swärd, Solvie, 2000, Atmospheric emission of nitrogen oxide from kraft

recovery boilers in Sweden (Kartläggning av NO<sub>x</sub>-utsläpp från sodapannor i Sverige). SVF-679, Technical Report, Värmeforsk, Stockholm, Sweden, Project Värmeforsk S9-807, ISSN 0282-3772, 58 p. ). It can be seen that Swedish recovery boilers are on average firing close to 70 % dry solids. Swedish mills have not been investing in new evaporators. Dry solids increases have not been made and only one of the mills now fires 80% or above.



**Figure 5:** As fired black liquor dry solids of Swedish recovery boilers in 2000.

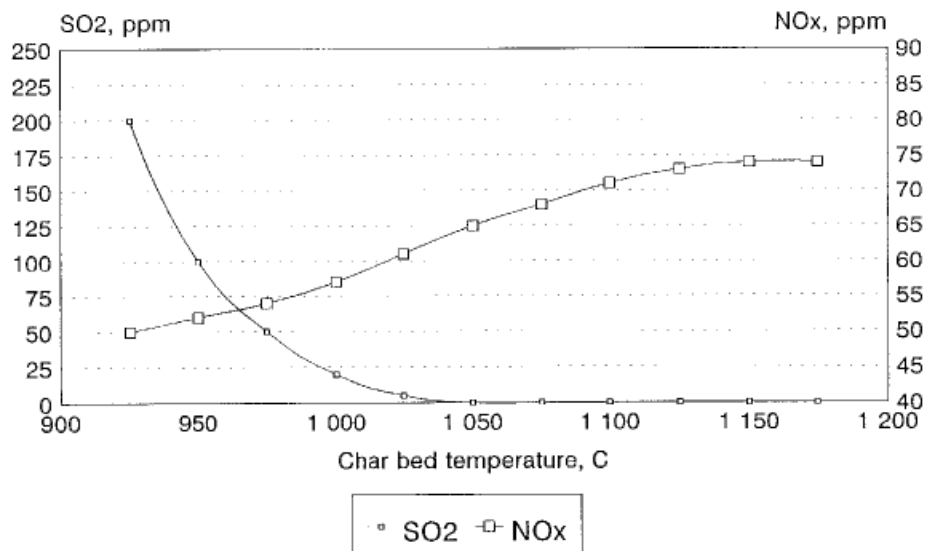
Our opinion is that BAT calls for 80 % or higher dry solids. Increasing dry solids increases furnace temperatures and decreases sulphur emissions, but increases NO<sub>x</sub> emissions. In Finland over 80 % dry solids is more common than in Sweden.



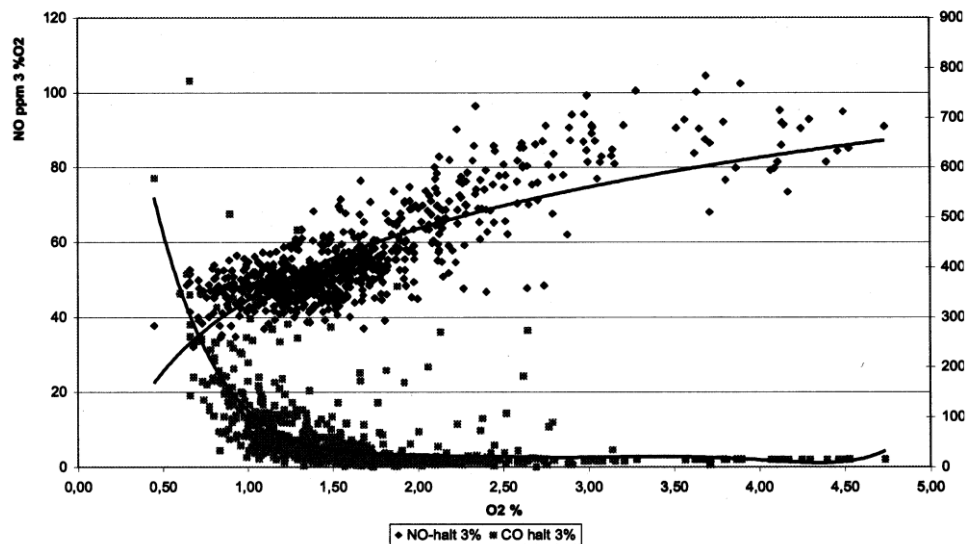
**Figure 6:** Correlation between SO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub> (Kaukas, UPM-Kymmene).

### Cross correlation of emissions

It is widely acknowledged in all scientific literature that emissions from boilers have cross correlations. Increase in CO or sulphur containing gases has been found to decrease NO<sub>x</sub> in all kinds of boilers. In Figure 6 find results from Kaukas Finland and Figure 7 from a North American mill. If the recovery boiler operates with low SO<sub>2</sub>, then clearly at zero SO<sub>2</sub> one practically loses the reduction effect of sulphur species.



**Figure 7:** Correlation between char bed temperature, SO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub> in North American mill.



**Figure 8:** Correlation between O<sub>2</sub>, CO and NO<sub>x</sub> in Swedish mill.

Figure 8 shows the effect of excess air level to NO and CO during trials at a Swedish mill. Lowering oxygen level clearly decreases NO<sub>x</sub> but increases CO.

It is typical in Finland to run recovery boiler at high furnace temperature. We try to maximize the electricity production from our boilers with high air preheat and high pressures and temperatures. Running with high furnace temperature tends to increase NO<sub>x</sub> (Figures 6 and 7).

It is the opinion of Finnish Recovery Boiler Committee, that environmentally it is better to run significantly lower CO level instead of 10 % reduction in NO<sub>x</sub> level. High CO means high amount of uncombustible, therefore the VOC and PAH (polyaromatic hydrocarbon) emissions would be higher. Finnish experience has been that even low CO means VOC and PAH emissions. These emissions are very seldom measured in recovery boilers. As far as we know no continuous measurement exists for VOC and PAH.

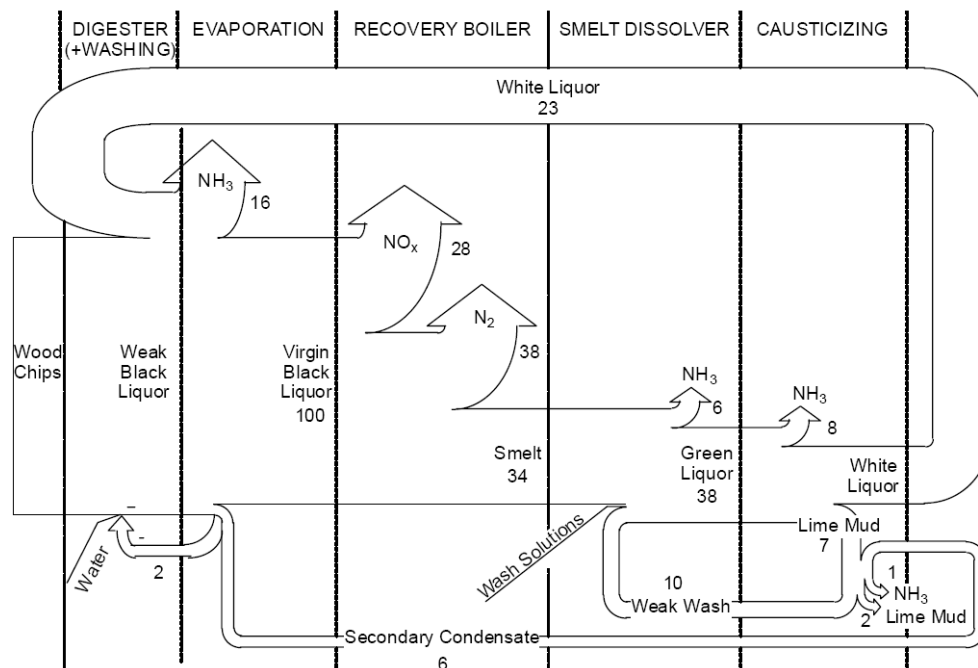
It is the opinion of Finnish Recovery Boiler Committee, that environmentally it is better to maximize energy production from recovery boiler. The alternative option is to produce energy with power boiler. The emissions from power boiler are not counted towards emissions from pulp mill.

### Additional N-containing streams to recovery boiler

In Finland it has been more and more common to include as many N-containing streams to be combusted in the recovery boiler as possible, Figure 9. Such streams are

- vent stack gases
- strong non-condensable gases (CNGC)
- weak non-condensable gases (DNGC)
- turpentine
- methanol
- biosludge

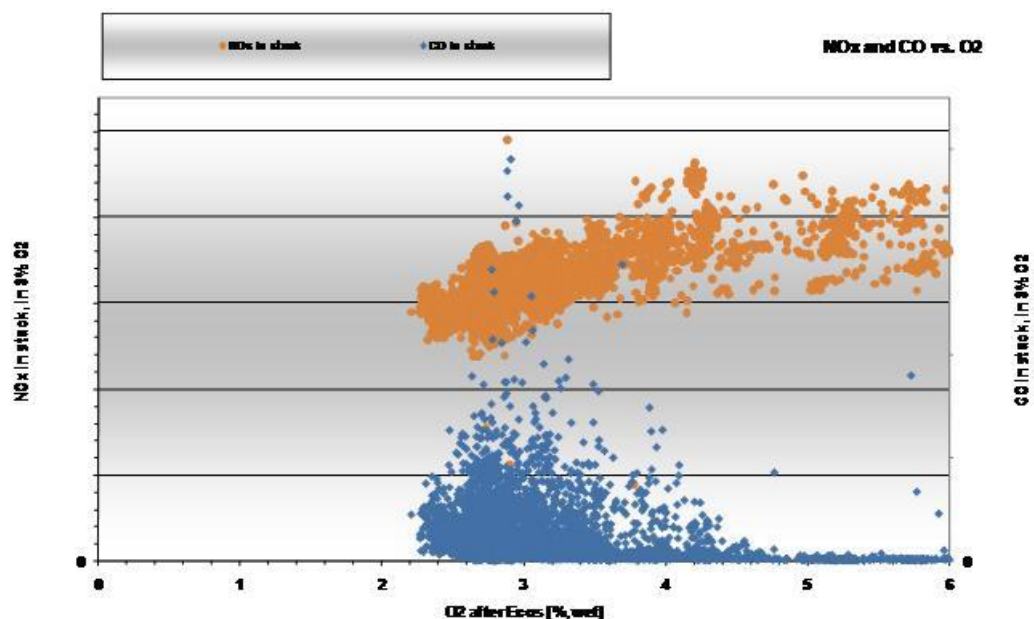
It is clear that recycling N-containing gases to recovery boiler furnace affects the NO<sub>2</sub> emissions. In Sweden one of the recovery boilers burns strong non-condensable gases. Similarly only one recovery boiler burns biosludge with the black liquor.



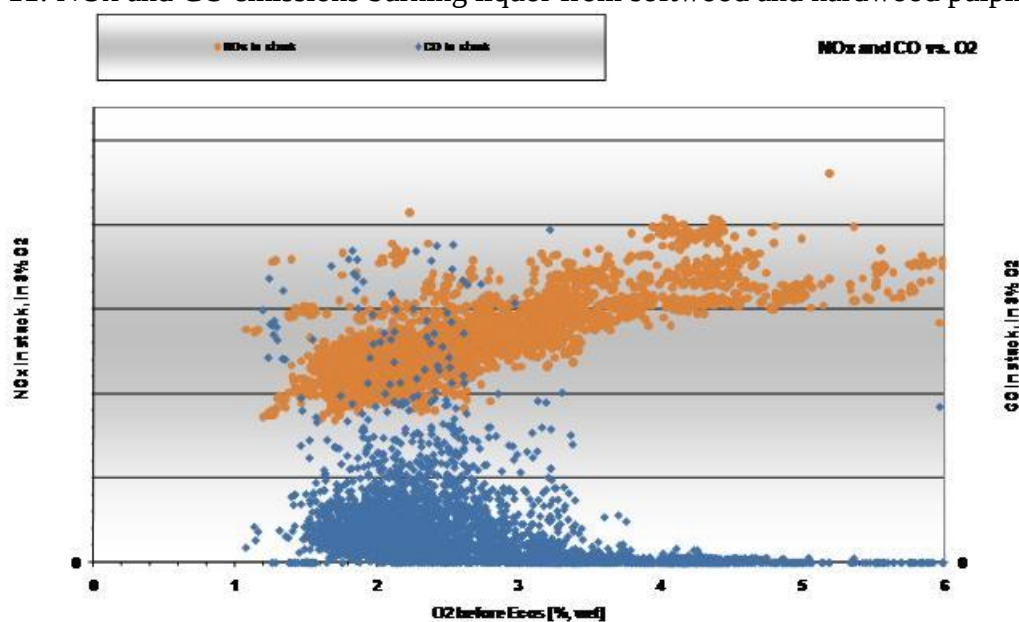
**Figure 9:** The nitrogen cycle in a pulp mill recovery process. The diagram is based on research at Åbo Akademi University (Kymäläinen et al.).



a new technology boiler in Scandinavian mill burning liquor that is solely from pulping of Softwood without CNCG. Scale in both emission figures is the same.

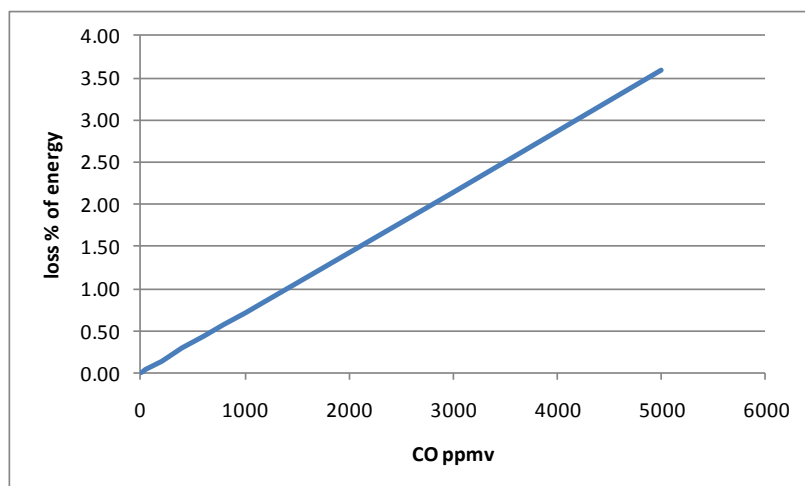


**Figure 11:** NOx and CO emissions burning liquor from softwood and hardwood pulping.



**Figure 12:** NOx and CO emissions burning liquor from softwood pulping.

To the best of mill and recovery boiler vendor understanding both boilers operate the same way at approximately same air pattern. It can clearly be seen that softwood liquor (N in liquor = 0.06 % KCL) results in 20 % lower emissions than softwood and hardwood liquor (N in liquor = 0.09 % KCL). The same trend has been found in laboratory tests at Åbo Akademi. Generally Sweden pulps less hardwoods than Finland. As the boilers are from the same manufacturer and represent same kind of air system and operating philosophy the role of N in black liquor is about 0.2 kg NO<sub>2</sub>/Adt. In addition operating at ~3 % O<sub>2</sub> or 0.7 % higher O<sub>2</sub> results in another 0.1 - 0.2 kg NO<sub>2</sub>/Adt emission.

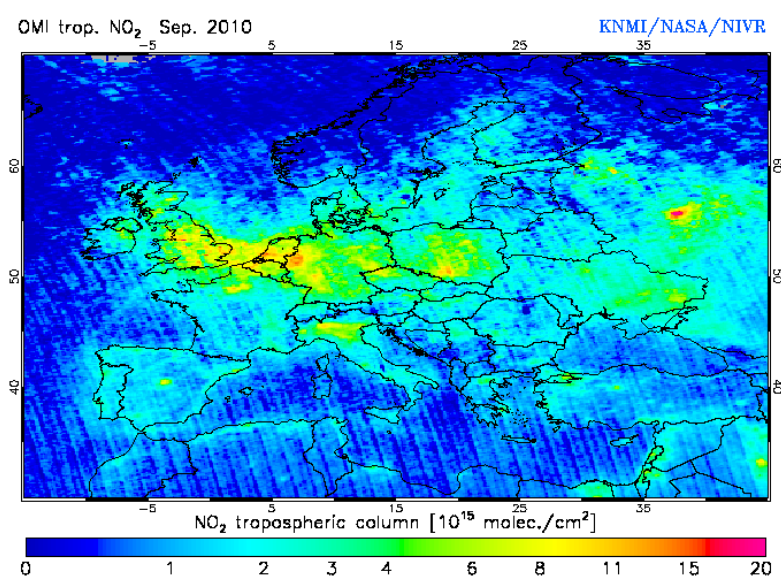


**Figure 13:** Effect of CO in flue gas to energy loss increase.

Losses in energy generation at recovery boiler result in higher energy generation in biomass boiler which results in higher nitrogen emission in energy generation. This nitrogen emission is not calculated to mill emissions.

### Is NO<sub>x</sub> relevant emission for further reduction

NO<sub>x</sub> has not been the most important emission parameter in Finnish recovery boilers. The target as expressed through discussions with authorities has concentrated on low CO and SO<sub>2</sub>. The reduction of NO<sub>x</sub> has been broadly evaluated, but the authorities acknowledge that NO<sub>x</sub> is not the most critical issue in Finland. Below as Figure 14, is the OMI measurement data for September 2010 for NO<sub>2</sub> concentration in Europe. Ozone Monitoring Instrument (OMI) is a UV-VIS imaging spectrometer contributed by The Netherlands and Finland to the NASA EOS-Aura mission. As can be seen the European pulp and paper industry does not contribute appreciably to the emissions in high NO<sub>2</sub> regions.



**Figure 14:** OMI NO<sub>2</sub> data for Europe in September 2010.

The NO<sub>x</sub> levels in typical Finnish mill towns are currently much lower than relevant EU regulations. Also in these mill towns as the authorities acknowledge the biggest peak comes from traffic.

### Reasons for increase in Finnish NO<sub>x</sub> Emissions

It has been acknowledged that many Finnish mills have had to increase their reported NO<sub>x</sub> levels after thorough review of their reporting procedure and adoption of continuous NO<sub>x</sub> measurements.

Typically in Scandinavia the flue gas output is not measured but is calculated. These calculations have in several instances been found to result in lower values. It is clear that inherent miscalculations can result if calculated flue gas flows are used.

There are significant differences in the way Finnish and Swedish mills report their emissions based on historical practices. Finnish Recovery Boiler Committee has sought to clarify emission measurement practices between Finland and Sweden through examples and co-operation. So far we have not been able to interest our Swedish colleagues in participating.

### Effect of lime kiln fuel

The NO<sub>x</sub> emissions from Sweden are reported to be lower than in Finland. In part the difference is based upon the Swedish practice of firing the lime kiln with oil. In Finland it is more common to use natural gas firing. It is widely acknowledged that oil-fired lime kilns will produce lower levels of NO<sub>x</sub>, but this does not mean that natural gas-fired lime kilns are inappropriate. Higher NO<sub>x</sub> emission levels should be allowed for lime kilns that adopt a natural gas firing system. IPPC BAT BREF for pulp and paper states that emissions from lime kilns are (ref: IPPC BAT BREF, Table 2.13 p. 43)

|                                                            |         |                     |
|------------------------------------------------------------|---------|---------------------|
| <b>Nitrogen oxides (as NO<sub>2</sub>)</b><br>- oil firing | 240-380 | mg/m <sup>3</sup> n |
|                                                            | 130-200 | mg/MJ               |
|                                                            | 0.2-0.3 | kg/ADt              |
| - gas firing                                               | 380-600 | mg/m <sup>3</sup> n |
|                                                            | 200-320 | mg/MJ               |
|                                                            | 0.3-0.4 | kg/ADt              |

Leaving aside the broader environmental advantages of using natural gas over oil (vehicle movements, handling etc), it is more appropriate to take a holistic approach to determine the limit of NO<sub>x</sub>.

The NO<sub>x</sub> emissions from lime kilns firing biomass instead of fossil fuels are higher. This is because the nitrogen content of biomass fuels is high. Because of the burning process the nitrogen emissions cannot be reduced. Placing tight emissions will result in slower adoption of CO<sub>2</sub> reduction measurements. Both in Sweden and Finland some mills already use biomass firing in lime kilns, but this use will increase in the future.

## Finnish Recovery Boiler Committee opinion on achieving NO<sub>x</sub> limit less than 2.0 kg/ADt

As an alternative in-stack NO<sub>x</sub> concentrations could be reduced by making substantial modifications to the operation of the recovery boiler by:

- Reducing the furnace temperature, which would result in an increase of SO<sub>2</sub> emissions and lower steam and electricity generation;
- Reducing the air ratio in the recovery furnace, which would result in an increase of poorly combusted emissions of CO, VOC and PAH;
- Changing the raw material from hardwood to softwood and/or
- Changing the pulping process from fine paper to cardboard

Although it is technically possible to reduce the NO<sub>x</sub>, to do so will result in an increase in other environmental impacts, like CO, VOC and PAH. It is much better to derive emission limits in a holistic way, based upon the consequences of trying to achieve those limits balanced against the actual potential impact. In this case, it is unhelpful to focus on achieving the recommended in-stack NO<sub>x</sub> concentrations if that will, as a result, cause higher emissions of carbon monoxide, VOC, and PAH, SO<sub>2</sub> and TRS from the pulp mill and decrease electricity and steam production.

It can be argued that mills can choose the wood species that they pulp, but market conditions do not always favour this. It is also thought that the role of the IPPC BAT is not to require mills to utilize only a narrow range of raw materials.

The best mill in Finnish data is Kotka mills (former Laminating paper) in Kotka. Because they pulp to very high kappa they produce only close to 1000 kg black liquor /ADt. If one aims to produce fine paper then the result is over to 1600 kg black liquor /ADt. In both cases the boiler has about the same NO<sub>x</sub> concentration in the stack. But because you produce much less flue gases from 1000 kg than 1600 kg the end result is the apparent superiority of less black liquor produced. It seems absurd to us that the boiler resembling BAT in Finland would be from 1959 = the oldest still operating boiler. Similarly it seems absurd that fairly new boilers which technically are BAT should be deemed not BAT based on the mill NO<sub>x</sub> emissions.

Best practice emissions from Finnish practice are

- recovery boiler 1.2 – 1.4 kg NO<sub>2</sub>/ADt
- lime kiln 0.3 – 0.4 kg NO<sub>2</sub>/ADt
- gas destruction boiler 0.1 – 0.2 kg NO<sub>2</sub>/ADt

Additionally it should be noted that coming modern practices like firing biomass or biomass based biofuels will increase lime kiln NO<sub>x</sub> emissions because all woody fuels contain more nitrogen than oil and natural gas.

Then the upper BAT emission level from pulp production should be **2.0 kg NO<sub>2</sub>/ADt**. Since the last time BAT was determined the dry solids in recovery boilers have increased. Similarly nitrogen containing flows like DTVG, DNCG, CNCG, methanol, turpentine and biosludge are now fired in recovery boilers. Trend for biomass firing in lime kiln is gaining favour. It should be noted that none

of the major manufacturers of pulp mills (=recovery equipment) is willing to guarantee low NO<sub>x</sub> emissions for the whole mill in the new European projects.

Additionally we recommend that all nitrogen containing flows (see figure 9) are counted towards the total mill nitrogen emissions i.e. mills where CNCG and DTVG are fired at recovery boiler get 0.2 kg NO<sub>2</sub>/Adt higher emission limits than mills without.

## Why Finnish mills report higher NO<sub>x</sub> Emissions than Swedish

The following facts affect mill NO<sub>x</sub> emissions

- larger share of hardwood in Finland resulting about 0.2 kg NO<sub>2</sub>/Adt higher emission in Finland
- lower CO resulting in about 0.1 kg NO<sub>2</sub>/Adt higher emission in Finland
- higher dry solids and hotter furnace resulting in about 0 - 0.2 kg NO<sub>2</sub>/Adt higher emission in Finland
- firing CNCG in recovery boiler resulting in about 0 - 0.1 kg NO<sub>2</sub>/Adt higher emission in Finland
- firing biosludge in recovery boiler resulting in about 0 - 0.1 kg NO<sub>2</sub>/Adt higher emission in Finland
- natural gas in lime kilns 0.2 kg NO<sub>2</sub>/Adt higher emission in Finland.

It should be outlined that all these facts do not apply to every Finnish mill. But on average these factors explain the reported 0.4 kg NO<sub>2</sub>/Adt difference.

There are significant differences in the way Finnish and Swedish mills report their emissions based on historical practices. There should be only one way emissions in EU can be reported, not variations by country.

## Added Clarification

Some of the data in the previous text has been presented without relevant sources and naming of mills in question. It is the practice of Finnish Recovery Boiler Committee not to publicise data from individual mills without written permission from each mill. If needed we can name the source mill for each figure and try to obtain permission to include the figure to the IPPC BREF document.

22.12.2010 Finnish Recovery Boiler Committee

*The Finnish Recovery Boiler Committee has promoted safe, economic and environmentally friendly operation of recovery boilers and closely related processes since 1964. The members of the Committee include pulp mills, recovery boiler manufacturers, a number of insurance companies and automation system suppliers, engineering companies and research organisations in Finland.*

22.12.2010

**LIITE 5**

**Päästötason riippuvuus aikajaksosta  
– tilanneraportti  
Lappeenrannan Teknillinen Yliopisto  
22.3.2011**



Open your mind. LUT.  
Lappeenranta University of Technology

# Päästöjen ajallinen jakautuminen

## Kattila B

Esa Vakkilainen, Marcelo Hamaguchi  
Lappeenrannan Teknillinen Yliopisto Energia

# Kattila A

- Uusi kattila Kaakkois-Suomessa
- Mittausjakso 1.9.2009 0:00 - 31.12.2010 0:00 eli 11689 tuntia
- Kaikilta tunneilta kerätty tuntikeskiarvo

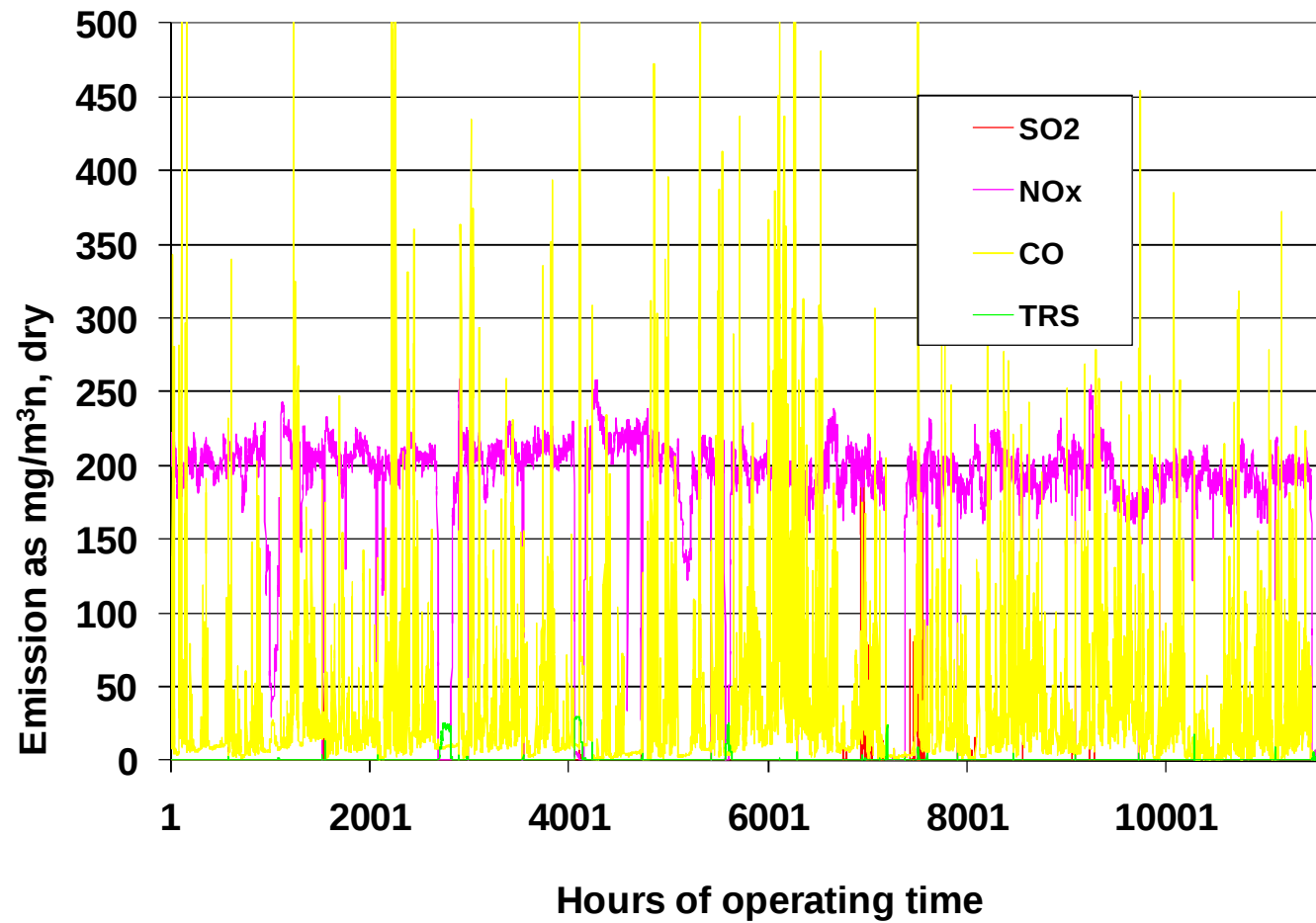


Open your mind. LUT.  
Lappeenranta University of Technology

# Konsentraatio mittausaikana



Open your mind. LUT.  
Lappeenranta University of Technology

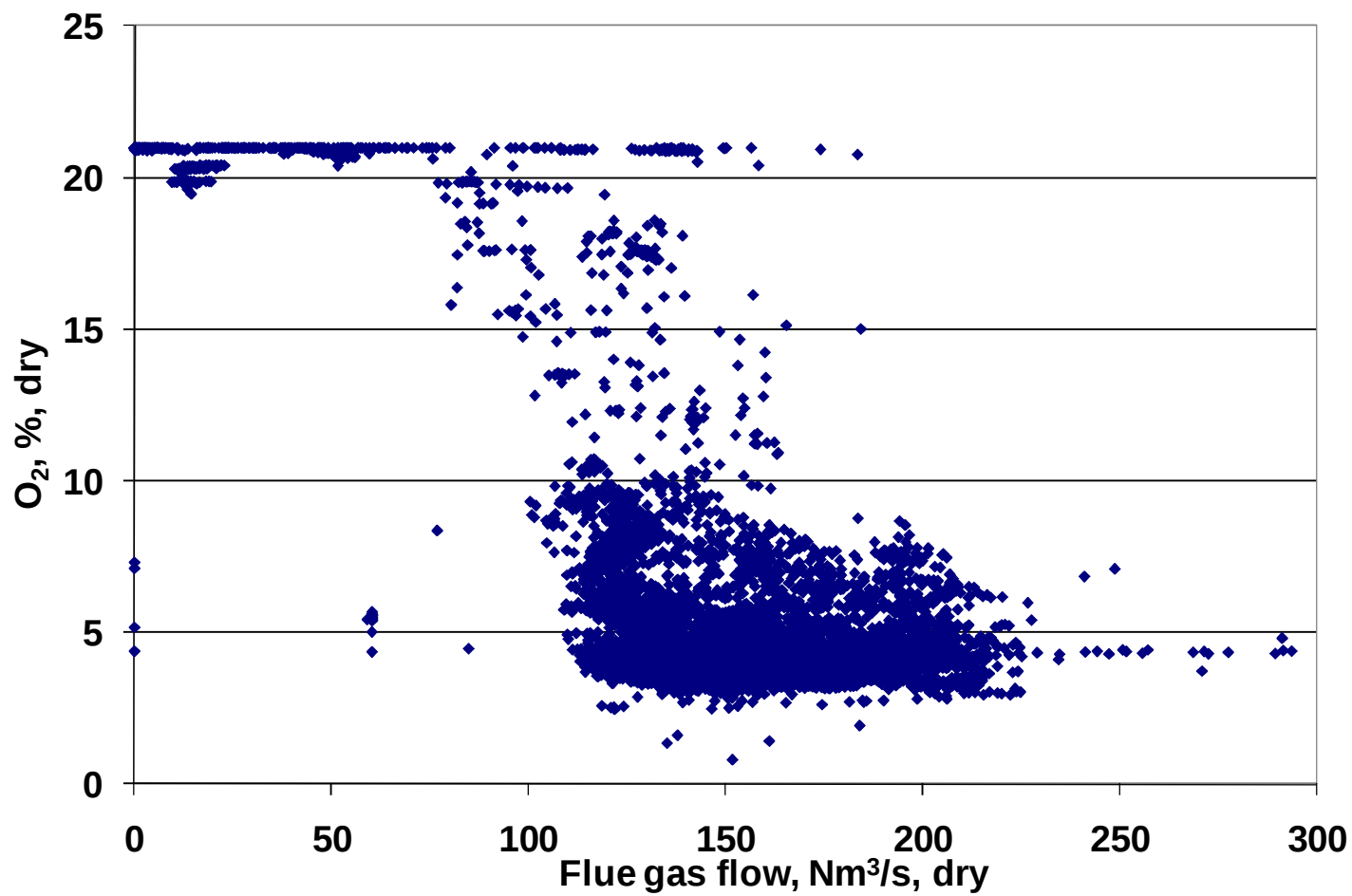


EkV

# Happipitoisuus



Open your mind. LUT.  
Lappeenranta University of Technology

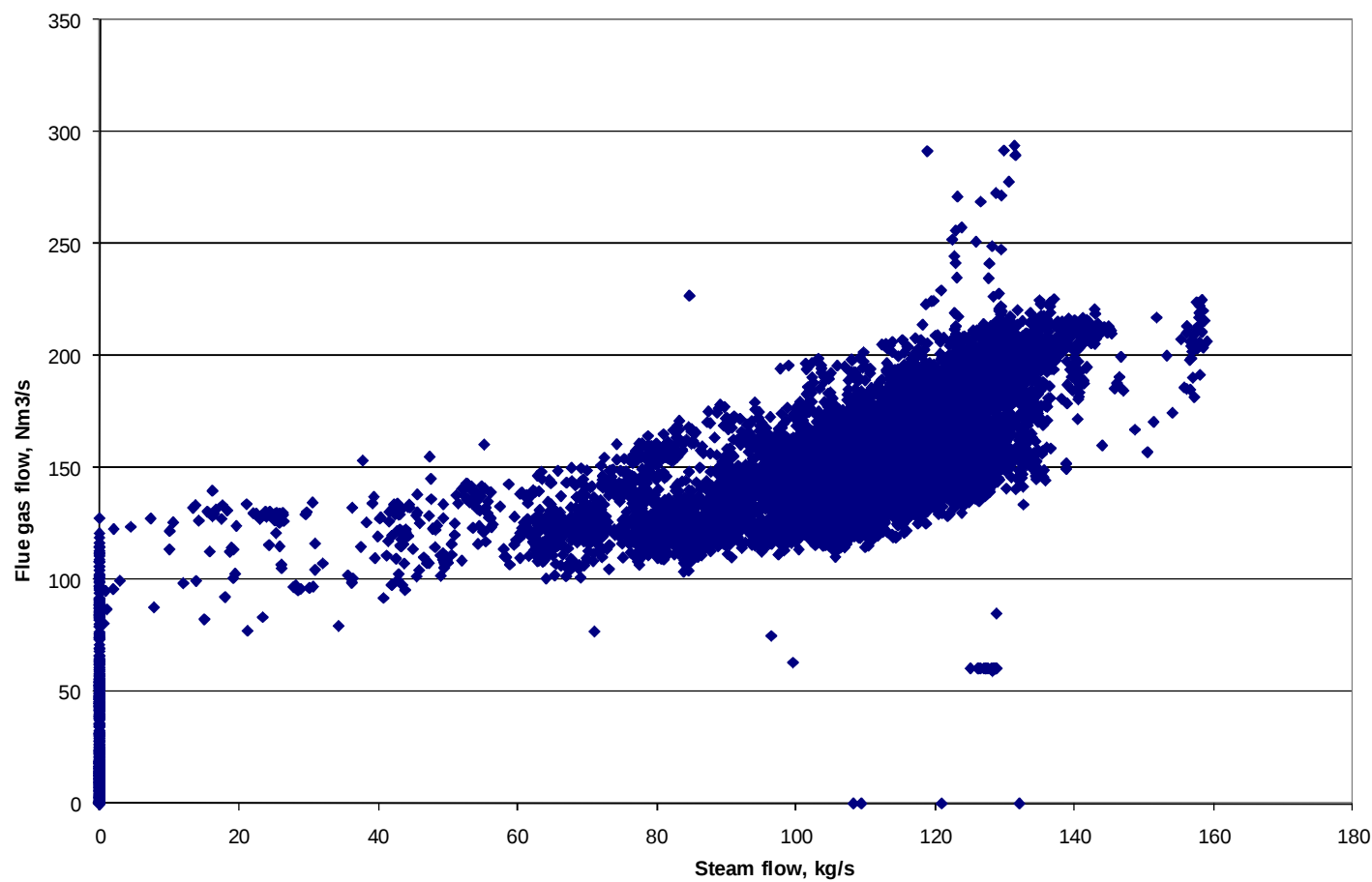


EkV

# Höyry ja savukaasu



Open your mind. LUT.  
Lappeenranta University of Technology

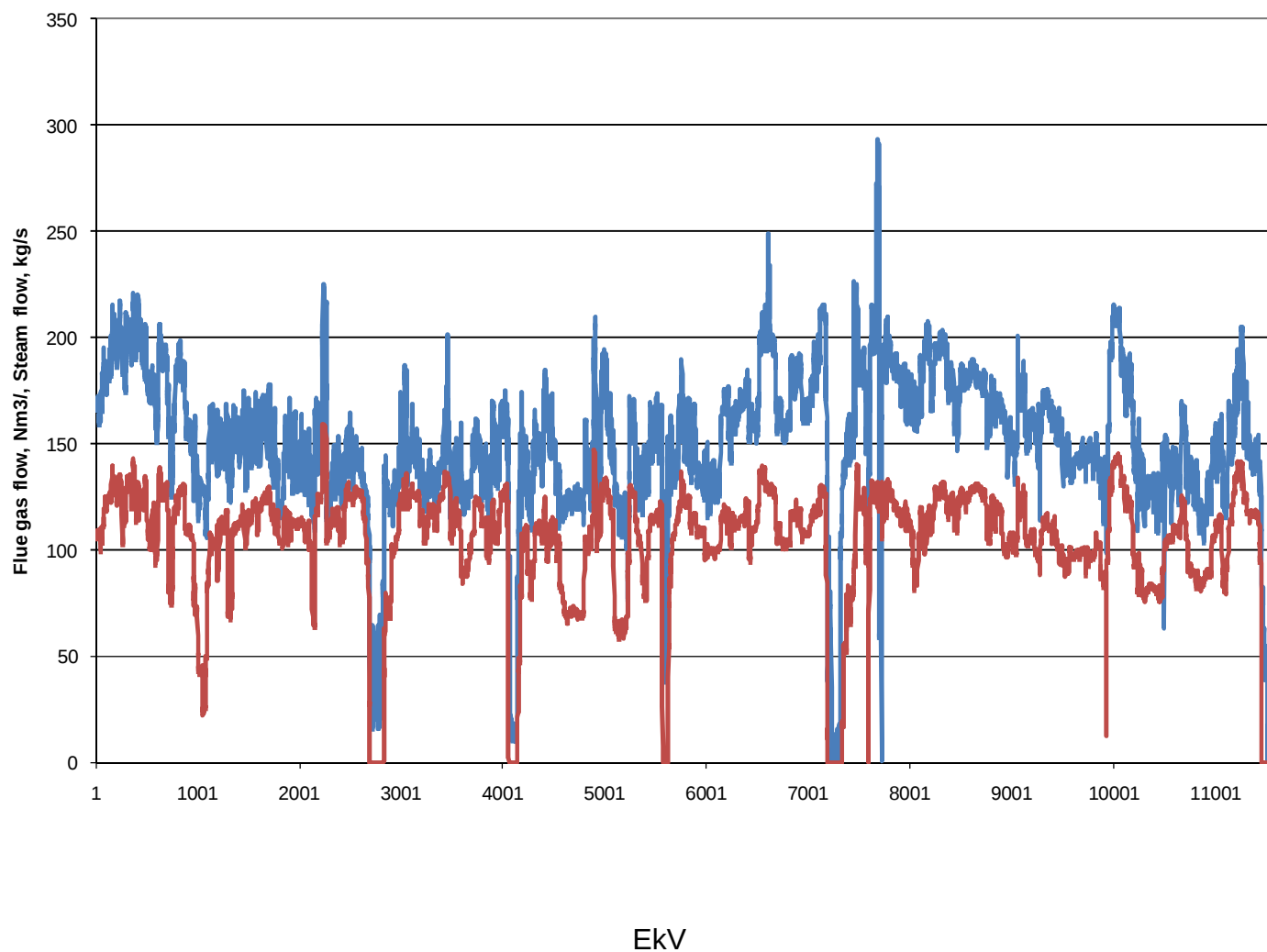


EkV

# Höyry ja savukaasu



Open your mind. LUT.  
Lappeenranta University of Technology



# Päästöistä

- NO<sub>x</sub> on melko vakaa koko mittausajanjakson
- SO<sub>2</sub> piikkaa vain silloin tällöin
- TRS piikkaa vain silloin tällöin
- CO piikkailee jatkuvasti (happitaso mahdollisimman alhainen)

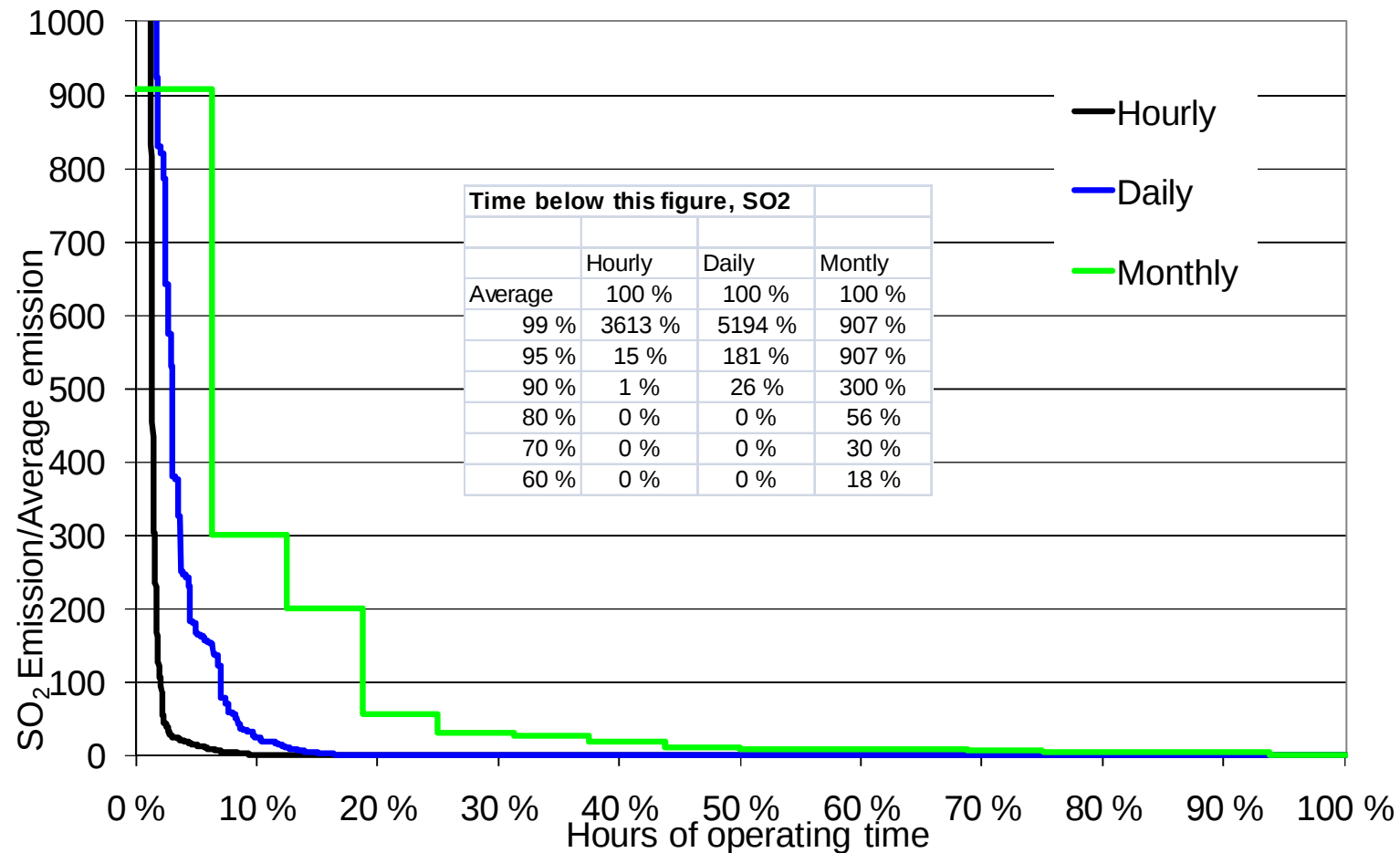


Open your mind. LUT.  
Lappeenranta University of Technology

# SO2 jakauma keskiarvosta



Open your mind. LUT.  
Lappeenranta University of Technology

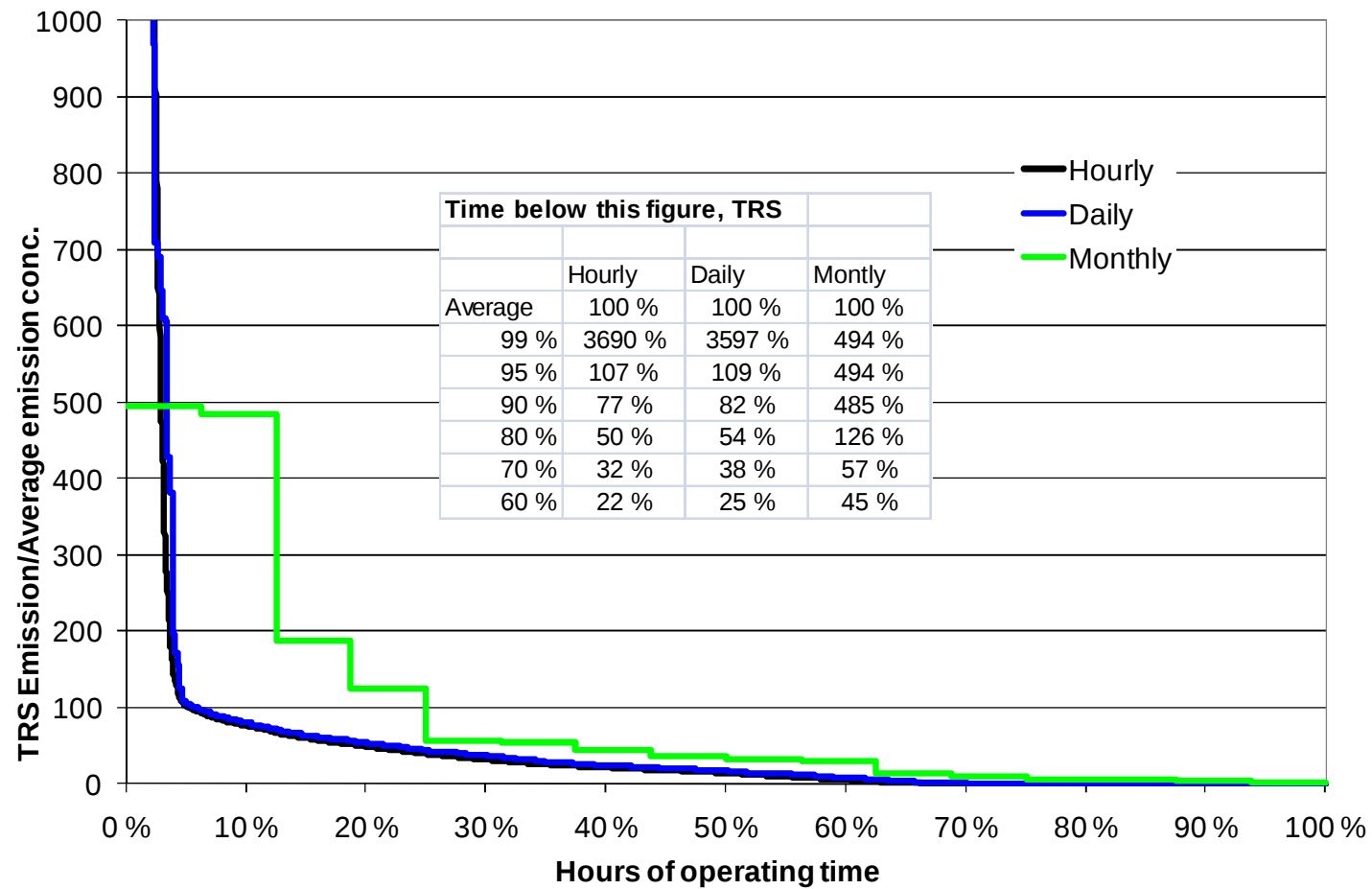


EkV

# TRS



Open your mind. LUT.  
Lappeenranta University of Technology

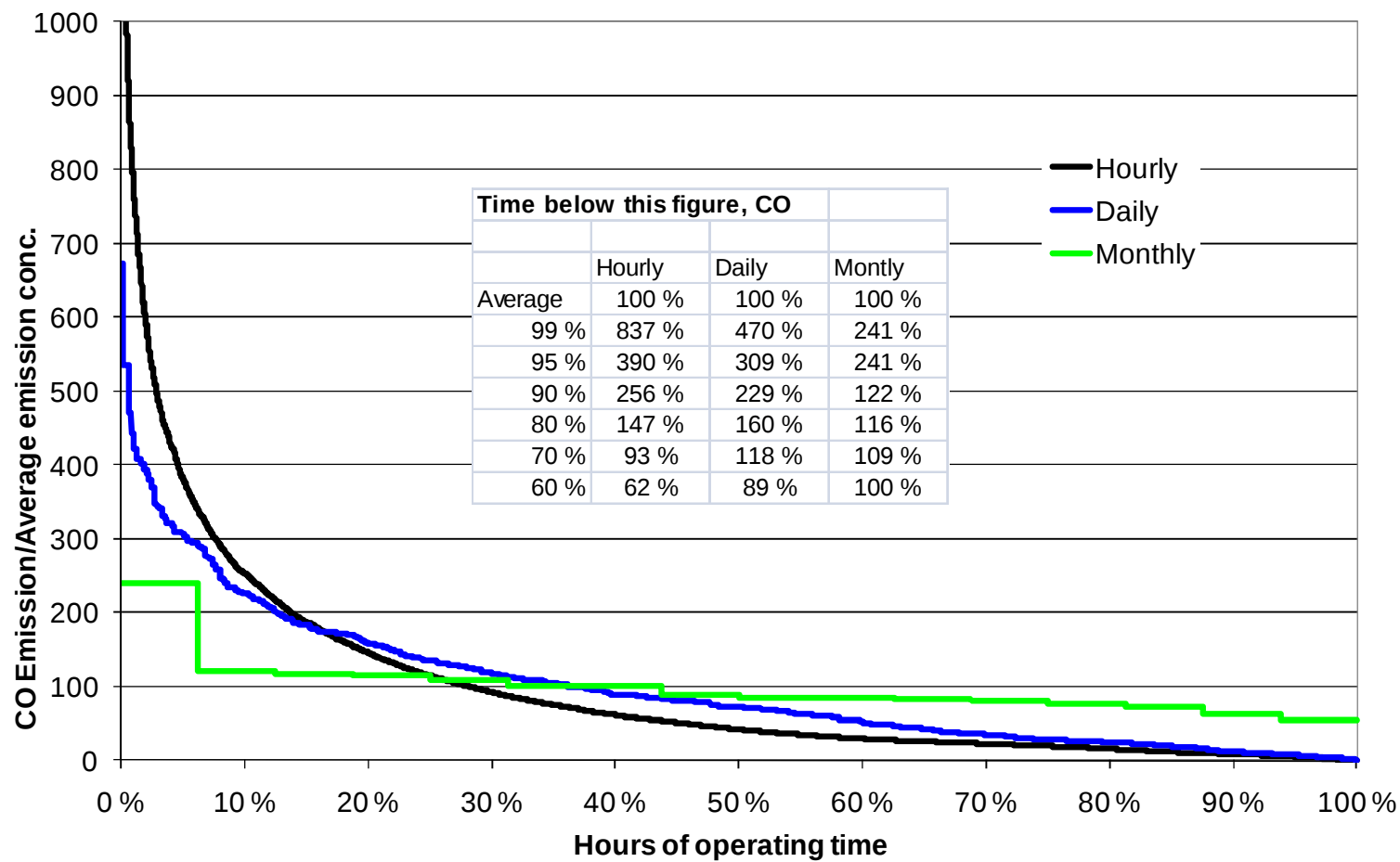


EkV

# CO jakauma keskiarvosta



Open your mind. LUT.  
Lappeenranta University of Technology

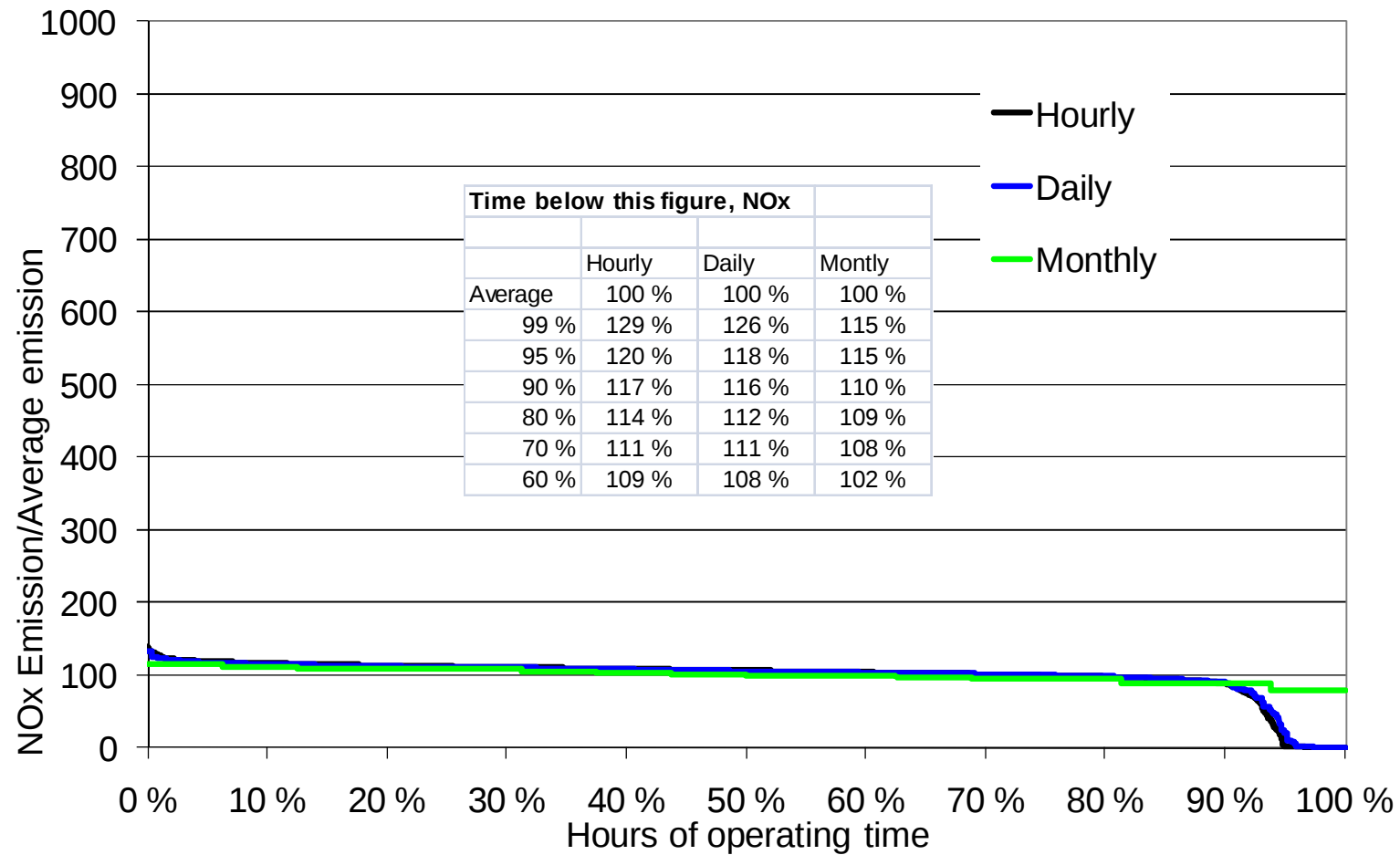


EkV

# NOx jakauma keskiarvosta



Open your mind. LUT.  
Lappeenranta University of Technology



EkV

# Päästöjen jakautumisesta

- NO<sub>x</sub> jakautuu tasaisesti
- TRS, CO ja SO<sub>2</sub> jakautuvat huippuun



Open your mind. LUT.  
Lappeenranta University of Technology

# Päästöjen vaihtelu



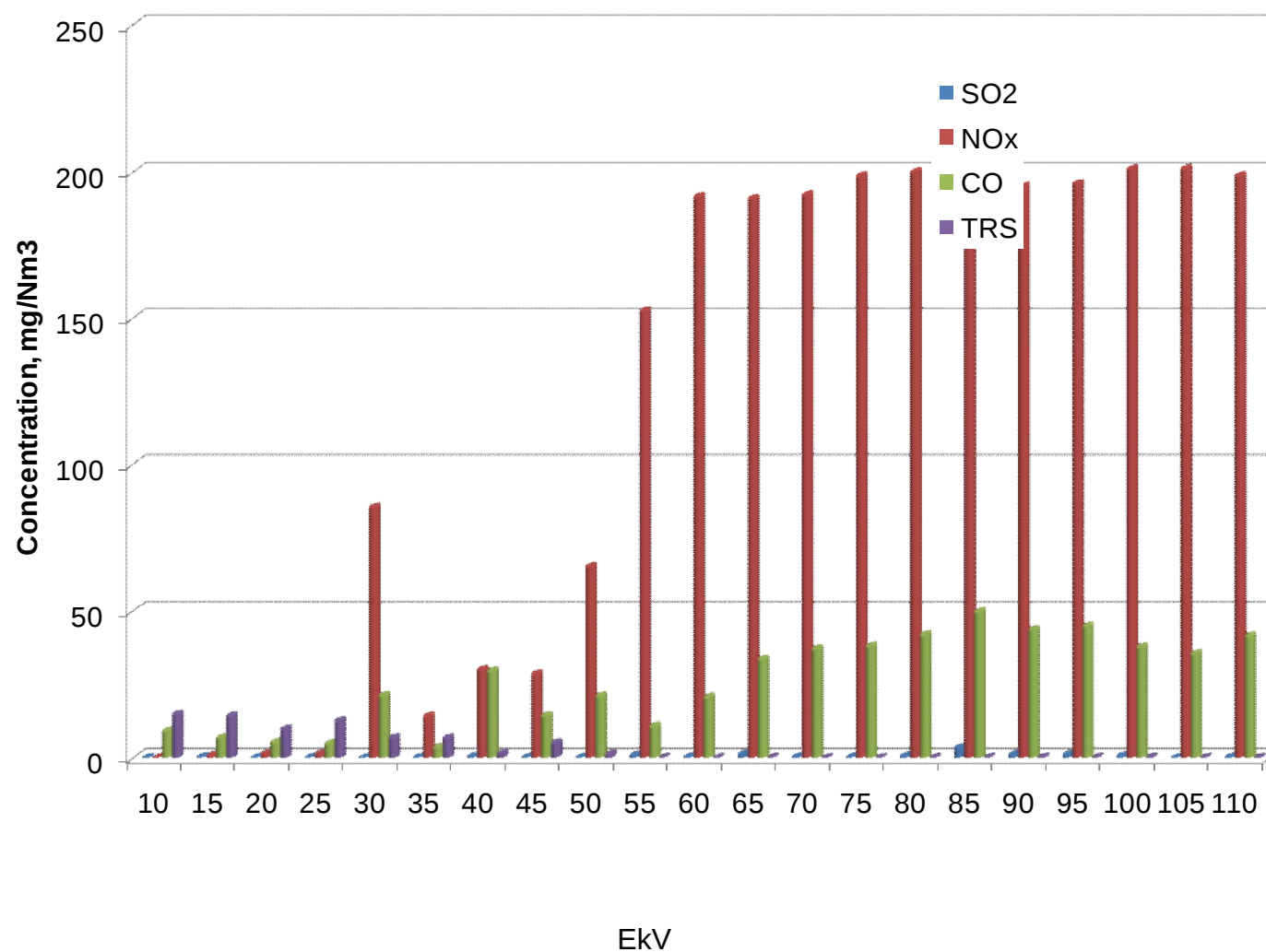
Open your mind. LUT.  
Lappeenranta University of Technology

| Variation, concentration mg/m <sup>3</sup> n, dry |                 |       |       |       |      | Variation, flow g/s               |                 |       |       |        |       |
|---------------------------------------------------|-----------------|-------|-------|-------|------|-----------------------------------|-----------------|-------|-------|--------|-------|
|                                                   | SO <sub>2</sub> | NOx   | CO    | TRS   | Dust |                                   | SO <sub>2</sub> | NOx   | CO    | TRS    | Dust  |
| Average                                           | 6               | 160   | 10    | 0     | 1    | Average                           | 4               | 15    | 0     | 0      | 17    |
| Hourly SD                                         | 24              | 46    | 25    | 1     | 0    | Hourly SD                         | 10              | 7     | 1     | 1      | 12    |
| Daily SD                                          | 15              | 41    | 11    | 1     | 0    | Daily SD                          | 8               | 6     | 1     | 0      | 12    |
| Monthly SD                                        | 5               | 28    | 4     | 1     | 0    | Monthly SD                        | 3               | 4     | 0     | 0      | 9     |
| Variation, concentration from average 100%        |                 |       |       |       |      | Variation, flow from average 100% |                 |       |       |        |       |
|                                                   | SO <sub>2</sub> | NOx   | CO    | TRS   | Dust |                                   | SO <sub>2</sub> | NOx   | CO    | TRS    | Dust  |
| Average                                           | 100 %           | 100 % | 100 % | 100 % | 0 %  | Average                           | 100 %           | 100 % | 100 % | 100 %  | 100 % |
| Hourly SD                                         | 392 %           | 29 %  | 236 % | 255 % | 2 %  | Hourly SD                         | 257 %           | 44 %  | 274 % | 1005 % | 71 %  |
| Daily SD                                          | 242 %           | 25 %  | 107 % | 192 % | 2 %  | Daily SD                          | 202 %           | 42 %  | 176 % | 455 %  | 70 %  |
| Monthly SD                                        | 72 %            | 17 %  | 38 %  | 148 % | 2 %  | Monthly SD                        | 84 %            | 27 %  | 88 %  | 210 %  | 53 %  |

# Kuorman vaikutus päästöön



Open your mind. LUT.  
Lappeenranta University of Technology





Open your mind. LUT.

Lappeenranta University of Technology



Open your mind. LUT.  
Lappeenranta University of Technology

# Päästöjen ajallinen jakautuminen

## Kattila B

Esa Vakkilainen, Marcelo Hamaguchi  
Lappeenrannan Teknillinen Yliopisto Energia

# Kattila A

- Uusi kattila Kaakkois-Suomessa
- Mittausjakso 2.1.2007 0:00 - 1.4.2008 5:00 eli 10926 tuntia
- Kaikilta tunneilta kerätty tuntikeskiarvo

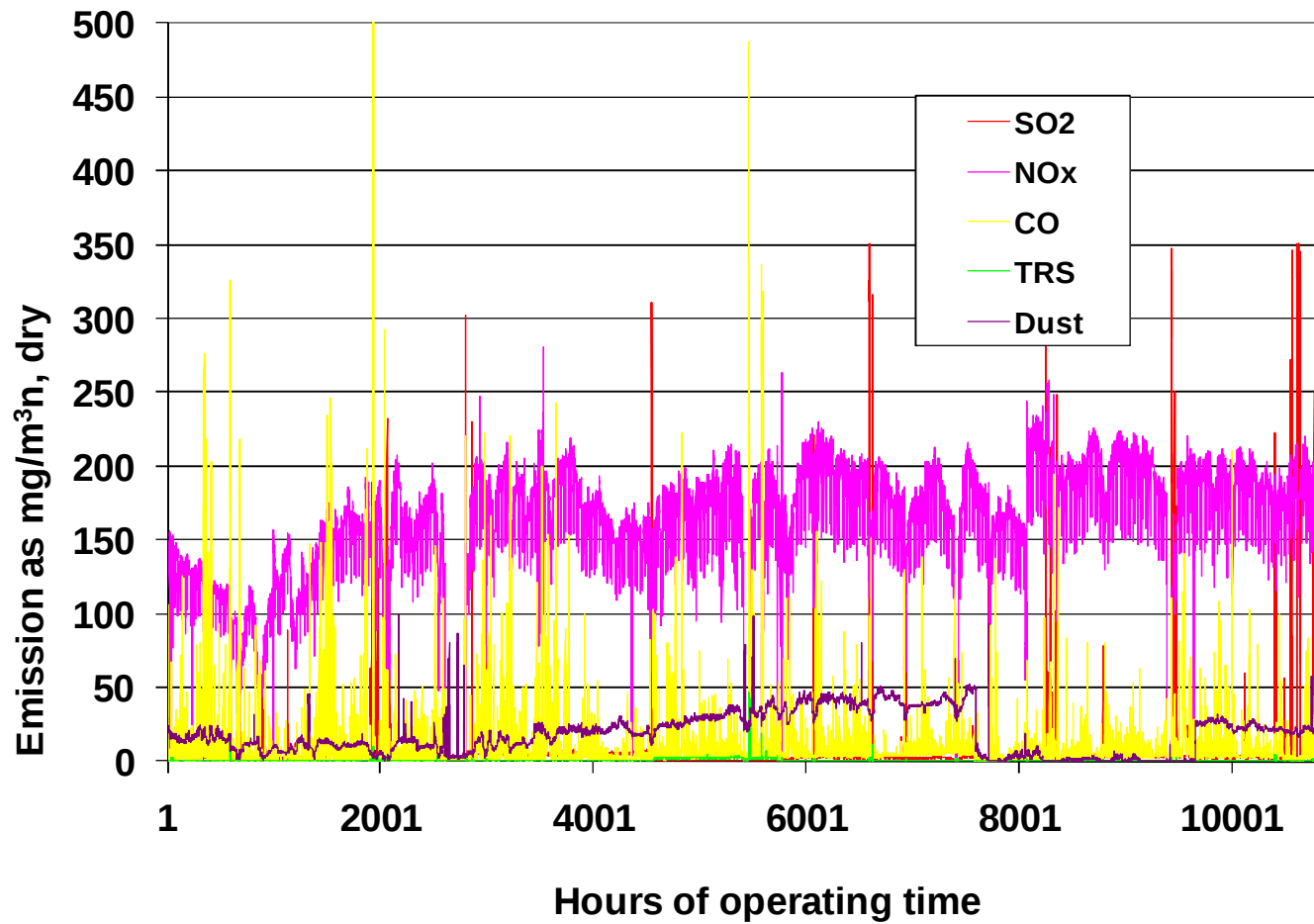


Open your mind. LUT.  
Lappeenranta University of Technology

# Konsentraatio mittausaikana



Open your mind. LUT.  
Lappeenranta University of Technology



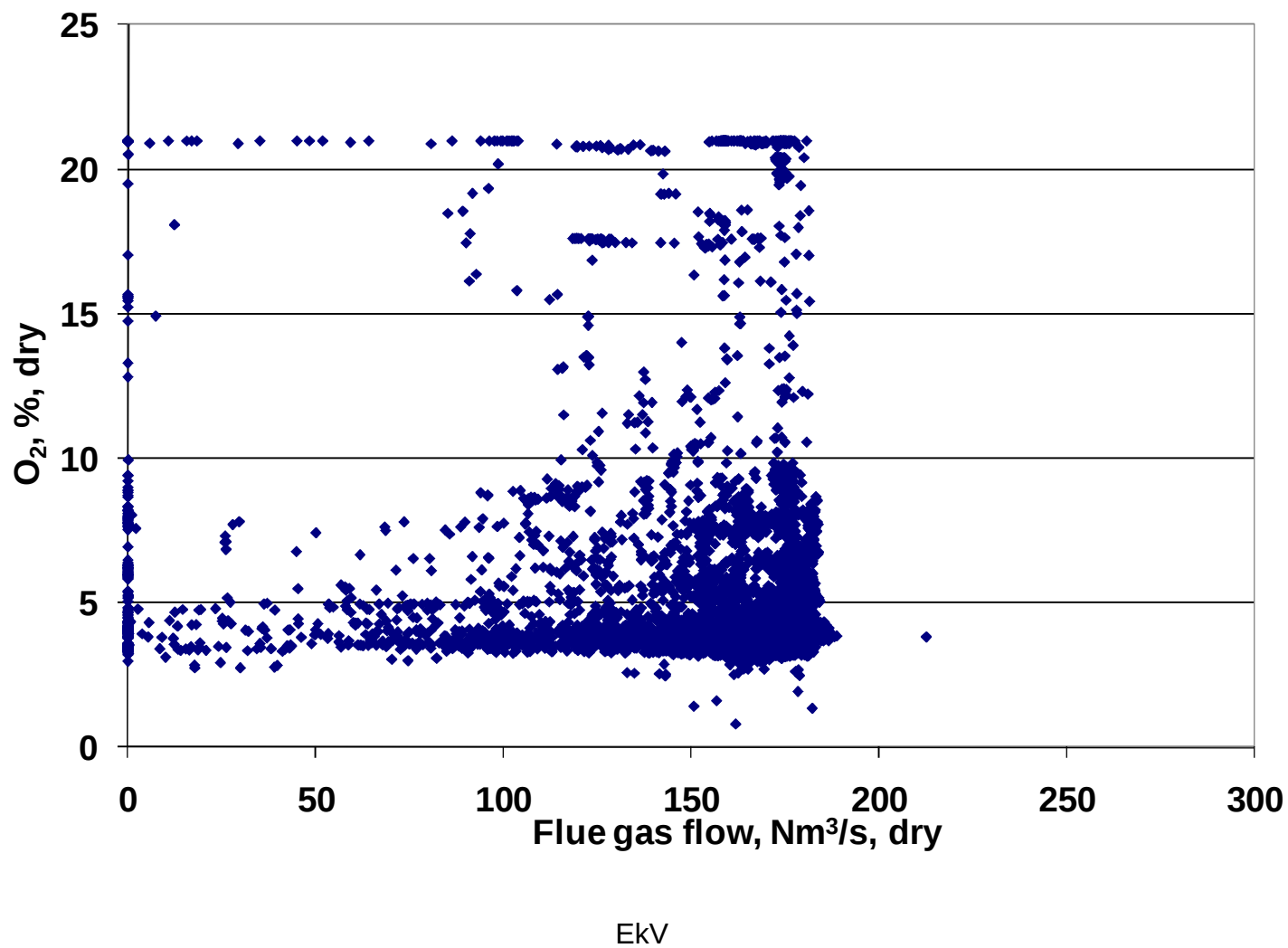
Pöly ei  
Näytä oikein

EkV

# Happipitoisuus



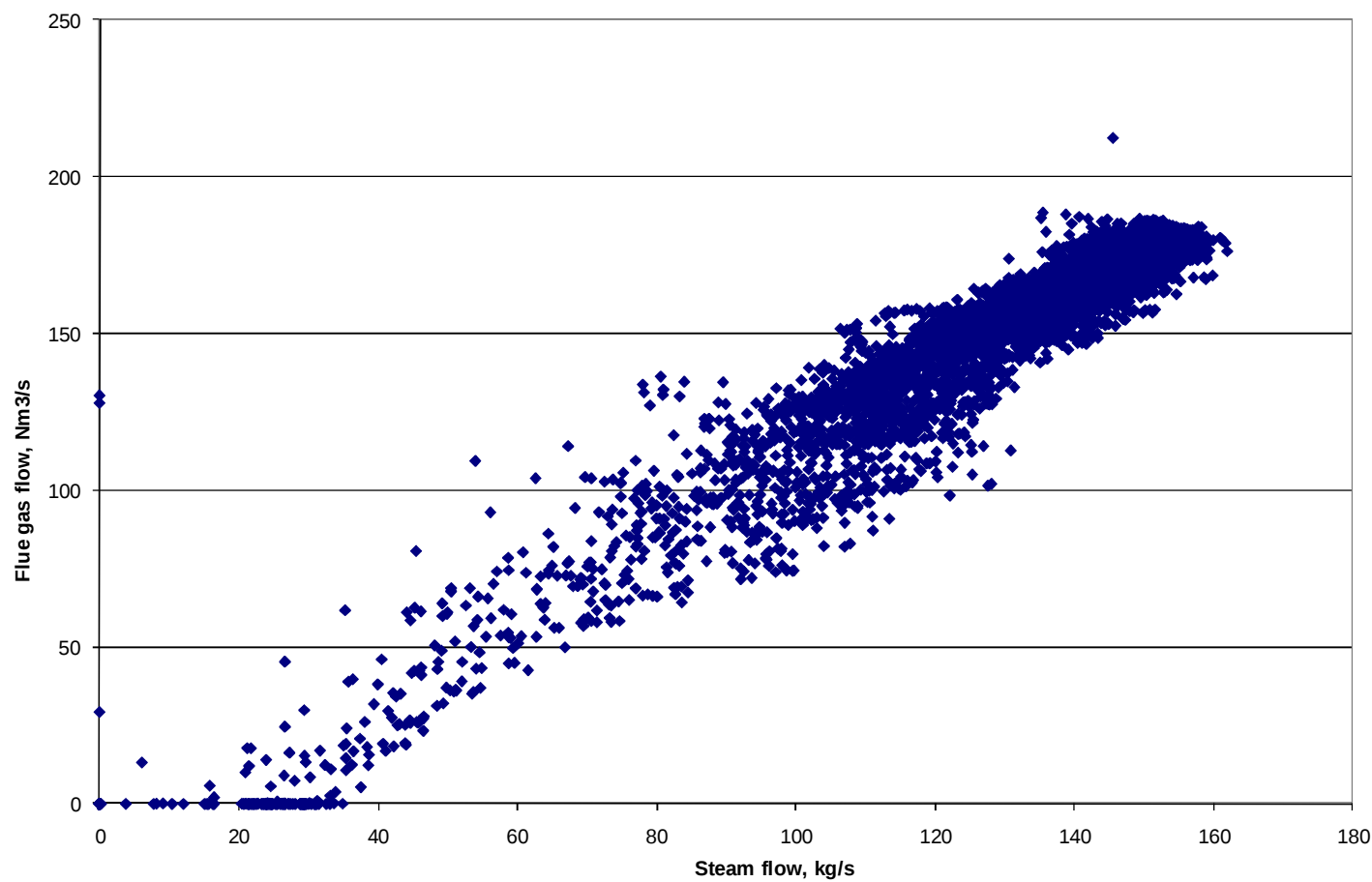
Open your mind. LUT.  
Lappeenranta University of Technology



# Höyry ja savukaasu



Open your mind. LUT.  
Lappeenranta University of Technology

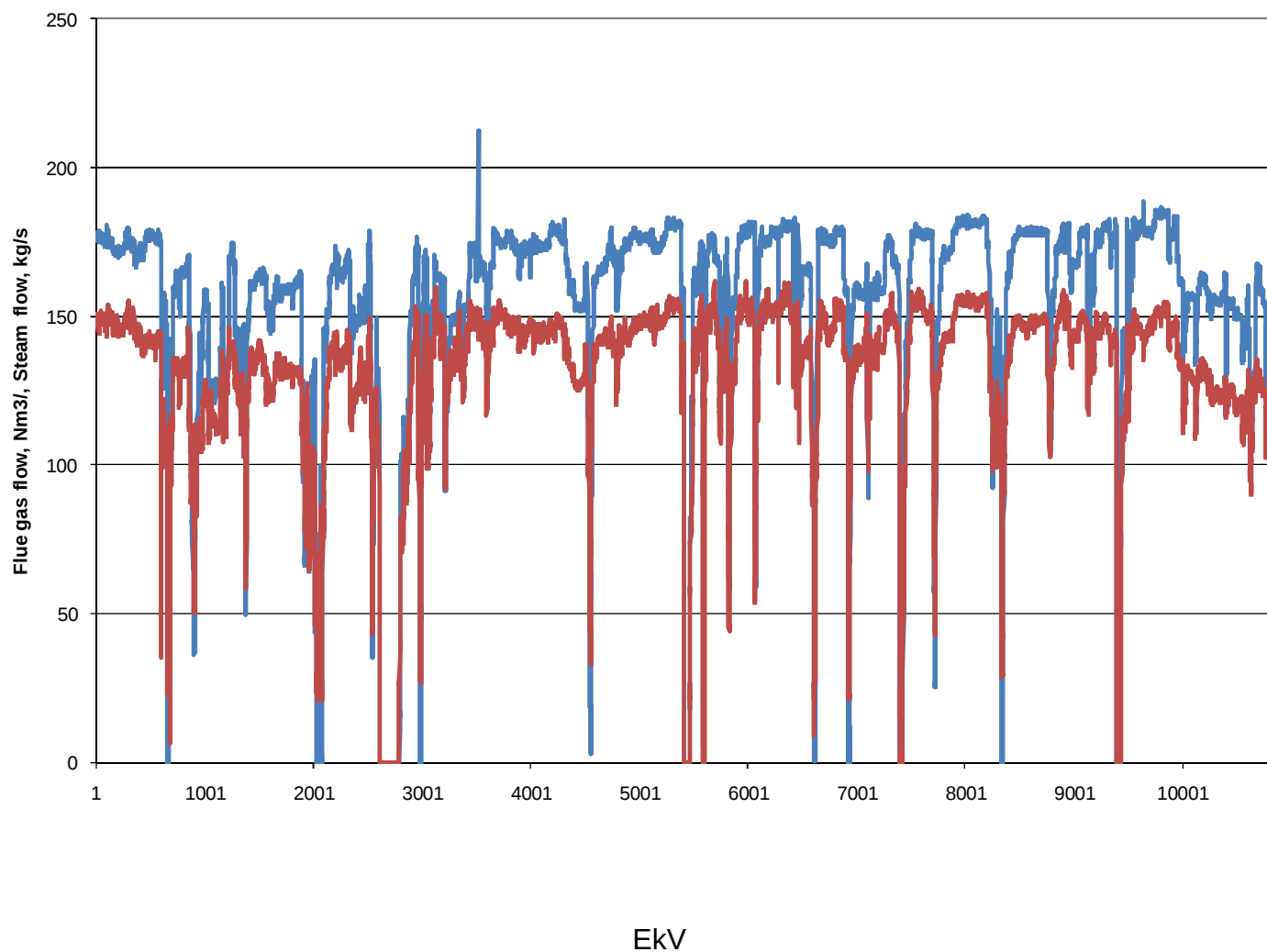


EkV

# Höyry ja savukaasu



Open your mind. LUT.  
Lappeenranta University of Technology



# Päästöistä

- NO<sub>x</sub> on melko vakaa koko mittausajanjakson
- SO<sub>2</sub> piikkaa vain silloin tällöin
- TRS piikkaa vain silloin tällöin
- CO piikkailee jatkuvasti (happitaso mahdollisimman alhainen)

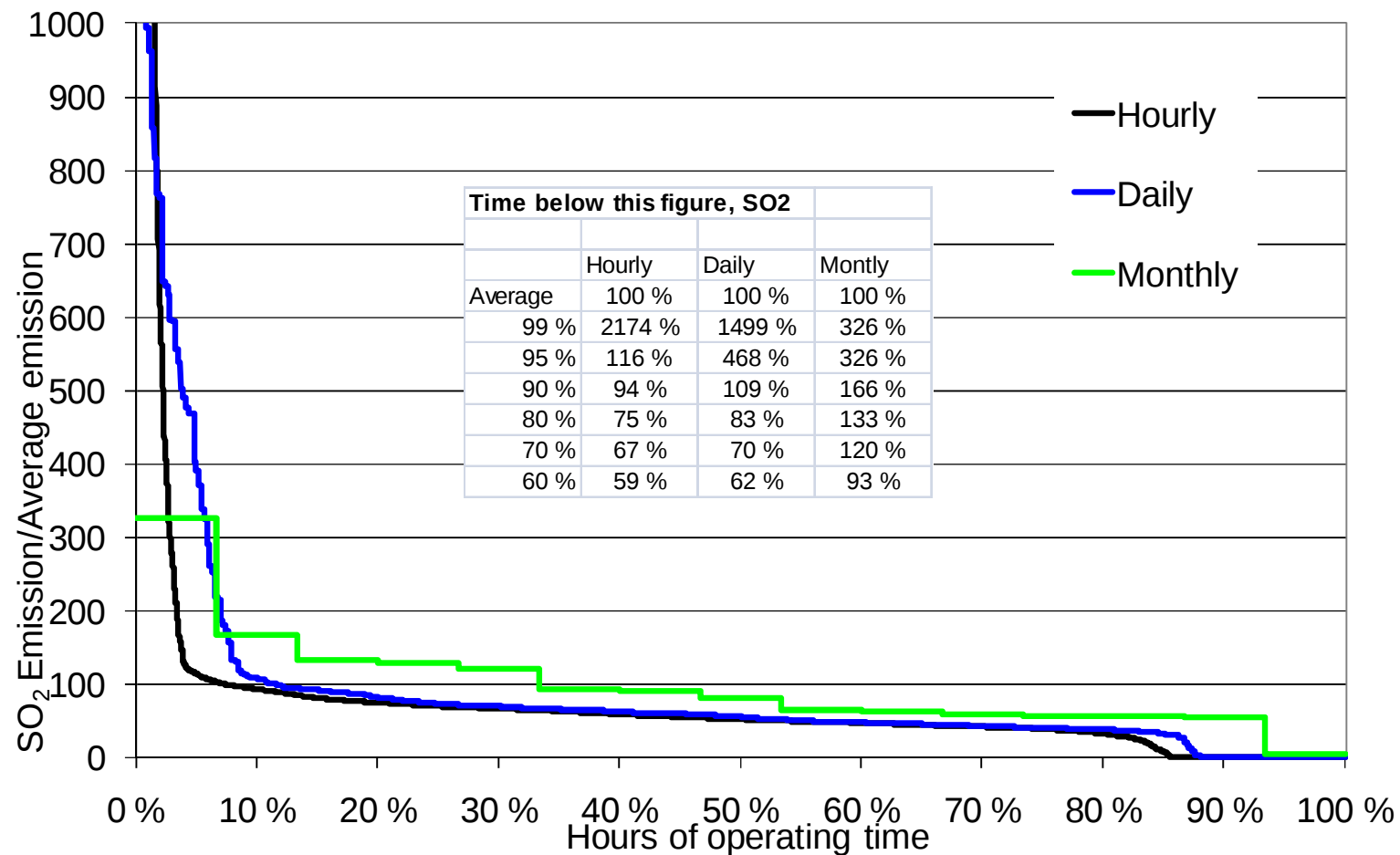


Open your mind. LUT.  
Lappeenranta University of Technology

# SO2 jakauma keskiarvosta



Open your mind. LUT.  
Lappeenranta University of Technology

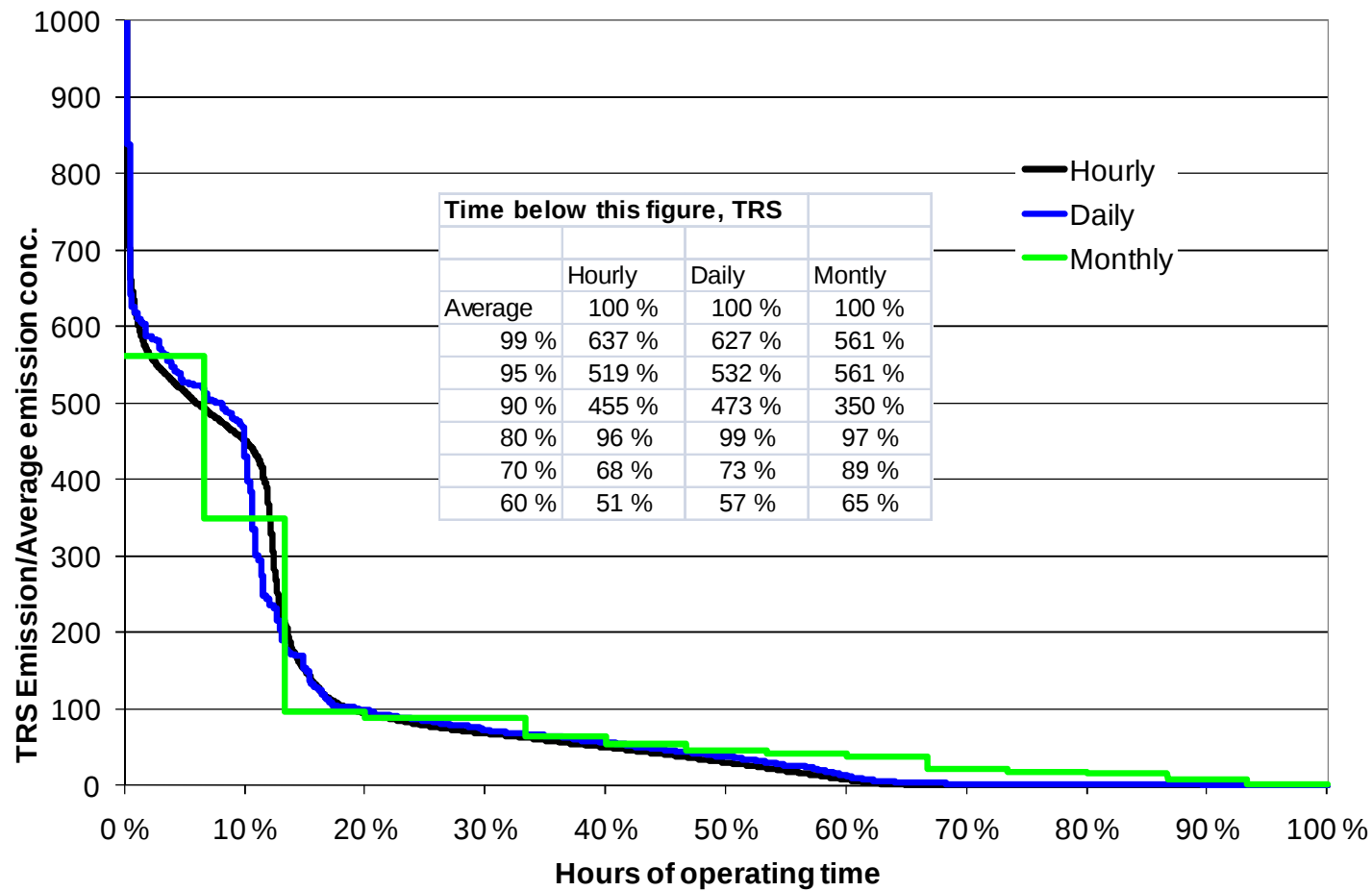


EkV

# TRS



Open your mind. LUT.  
Lappeenranta University of Technology

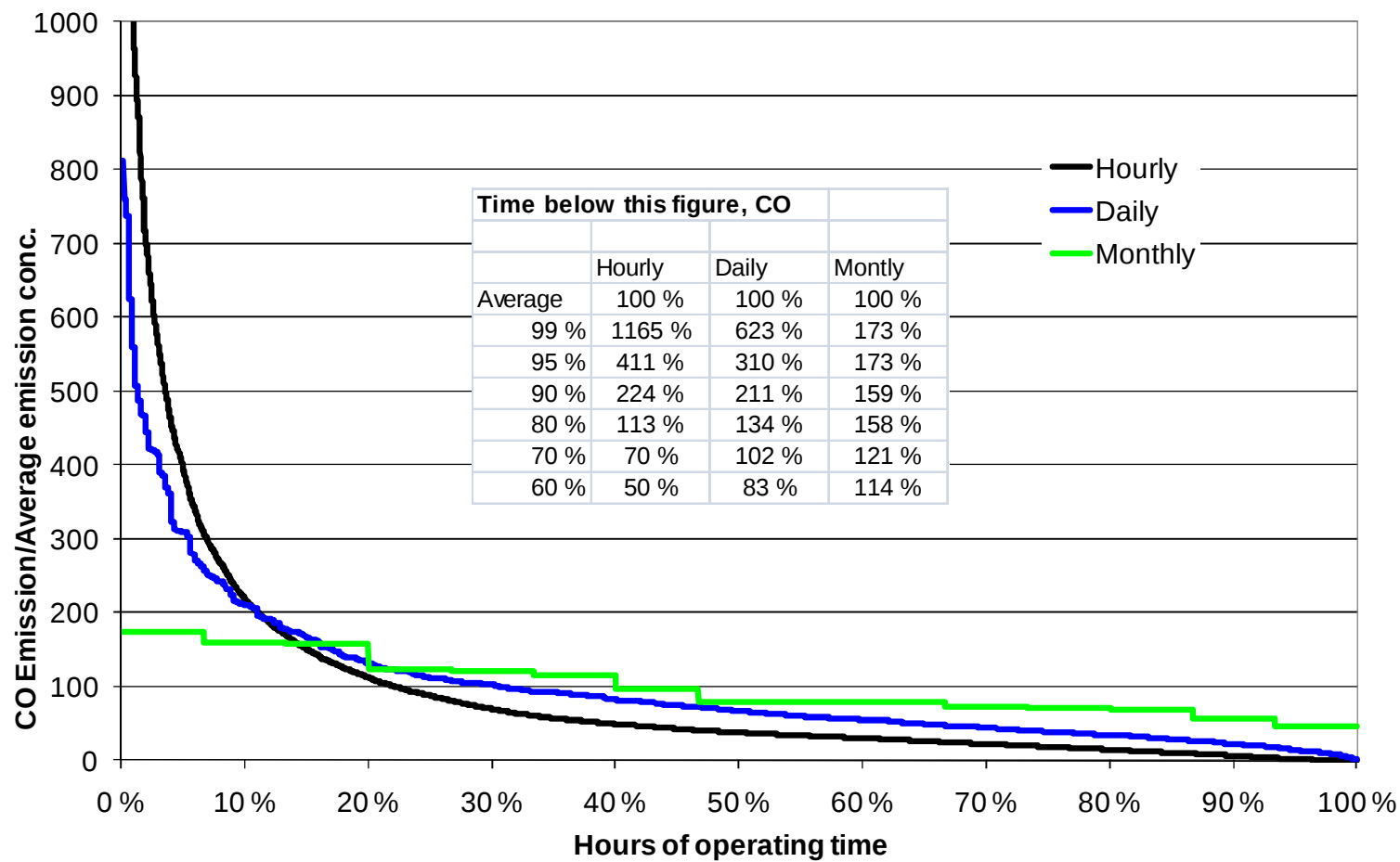


EkV

# CO jakauma keskiarvosta



Open your mind. LUT.  
Lappeenranta University of Technology

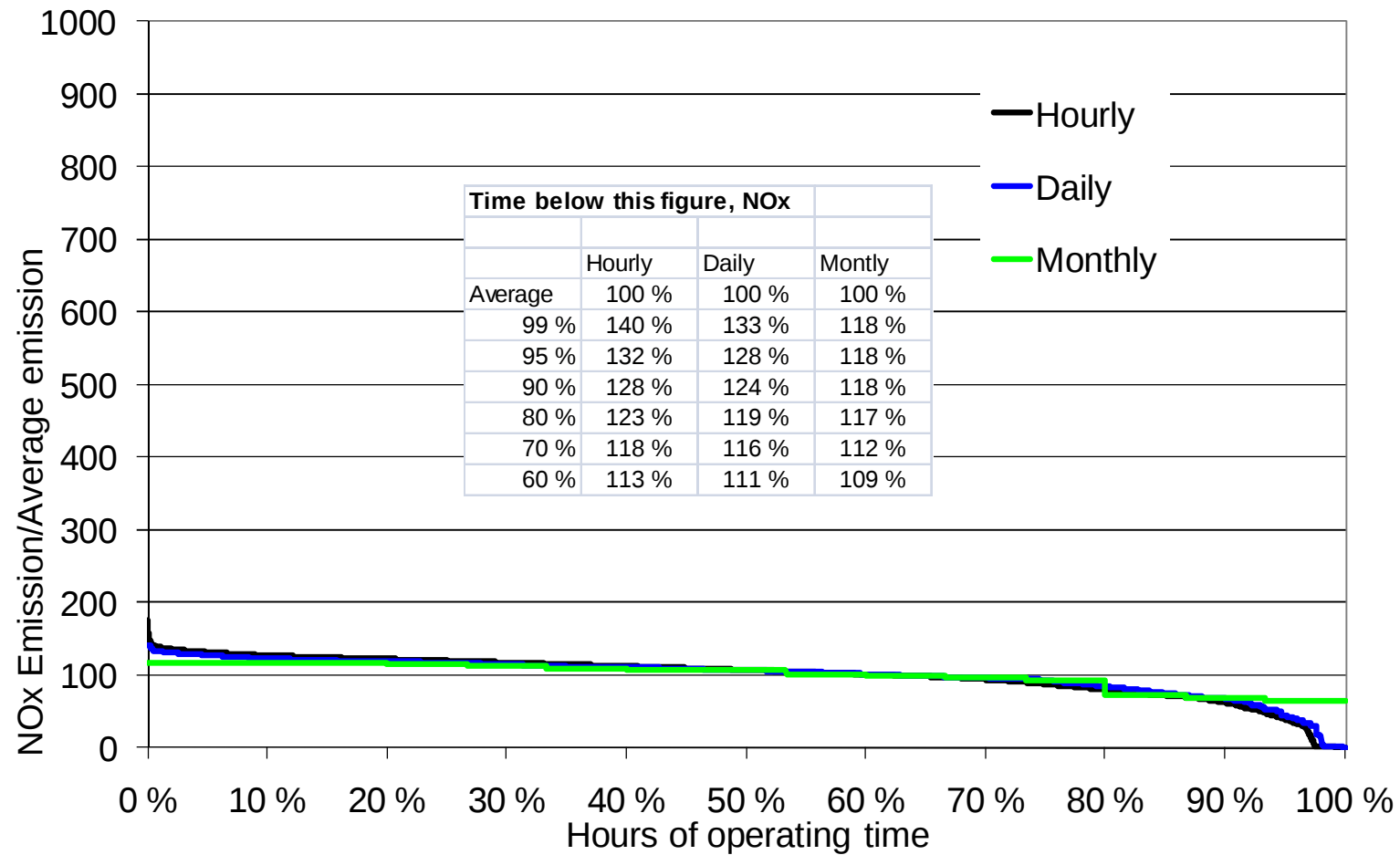


EkV

# NOx jakauma keskiarvosta



Open your mind. LUT.  
Lappeenranta University of Technology



EkV

# Päästöjen jakautumisesta

- NO<sub>x</sub> jakautuu tasaisesti
- TRS, CO ja SO<sub>2</sub> jakautuvat huippuun



Open your mind. LUT.  
Lappeenranta University of Technology

# Päästöjen vaihtelu



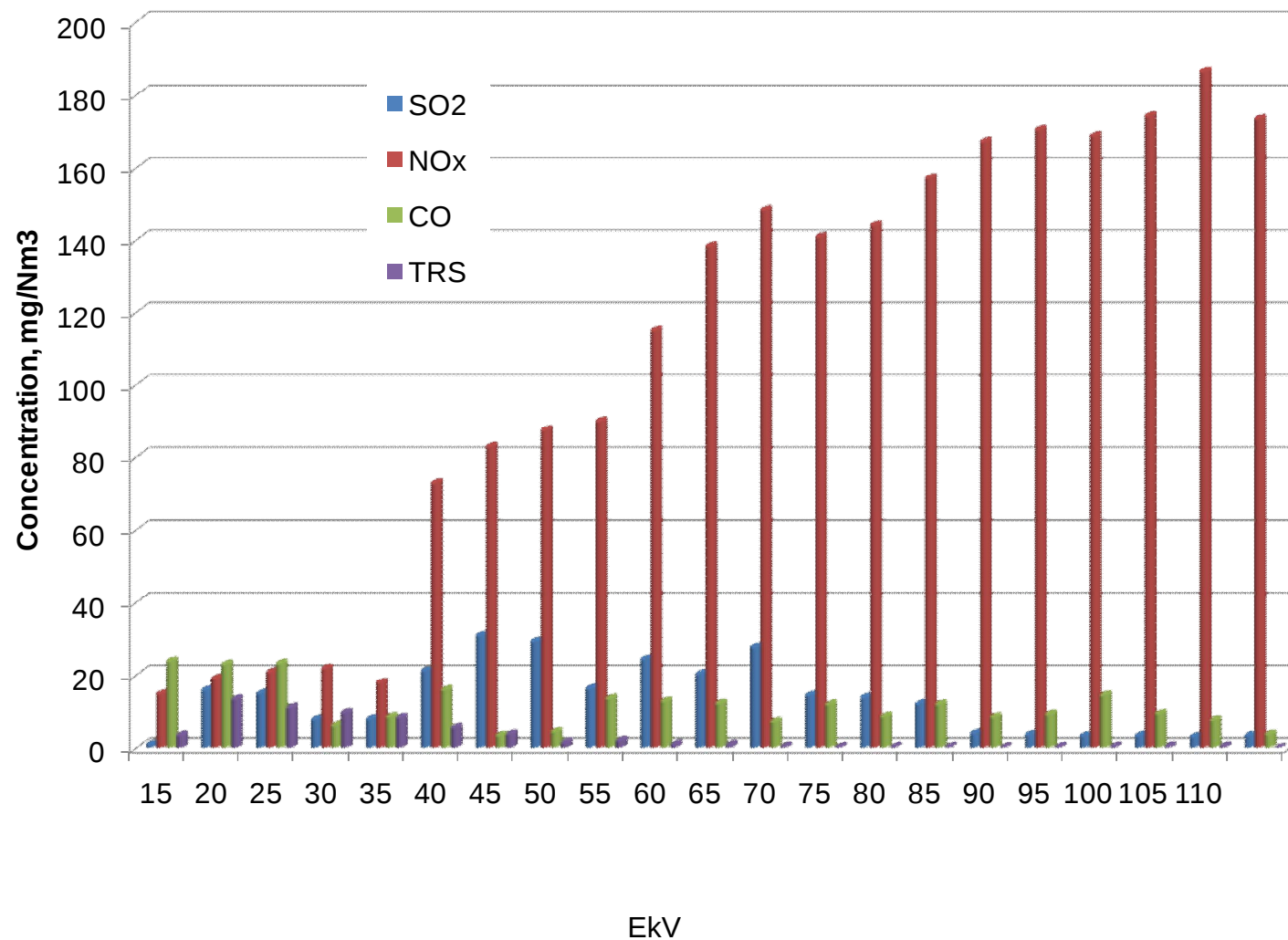
Open your mind. LUT.  
Lappeenranta University of Technology

| Variation, concentration mg/m <sup>3</sup> n, dry |                 |       |       |       |      | Variation, flow g/s               |                 |       |       |        |       |
|---------------------------------------------------|-----------------|-------|-------|-------|------|-----------------------------------|-----------------|-------|-------|--------|-------|
|                                                   | SO <sub>2</sub> | NOx   | CO    | TRS   | Dust |                                   | SO <sub>2</sub> | NOx   | CO    | TRS    | Dust  |
| Average                                           | 6               | 160   | 10    | 0     | 1    | Average                           | 4               | 15    | 0     | 0      | 17    |
| Hourly SD                                         | 24              | 46    | 25    | 1     | 0    | Hourly SD                         | 10              | 7     | 1     | 1      | 12    |
| Daily SD                                          | 15              | 41    | 11    | 1     | 0    | Daily SD                          | 8               | 6     | 1     | 0      | 12    |
| Monthly SD                                        | 5               | 28    | 4     | 1     | 0    | Monthly SD                        | 3               | 4     | 0     | 0      | 9     |
| Variation, concentration from average 100%        |                 |       |       |       |      | Variation, flow from average 100% |                 |       |       |        |       |
|                                                   | SO <sub>2</sub> | NOx   | CO    | TRS   | Dust |                                   | SO <sub>2</sub> | NOx   | CO    | TRS    | Dust  |
| Average                                           | 100 %           | 100 % | 100 % | 100 % | 0 %  | Average                           | 100 %           | 100 % | 100 % | 100 %  | 100 % |
| Hourly SD                                         | 392 %           | 29 %  | 236 % | 255 % | 2 %  | Hourly SD                         | 257 %           | 44 %  | 274 % | 1005 % | 71 %  |
| Daily SD                                          | 242 %           | 25 %  | 107 % | 192 % | 2 %  | Daily SD                          | 202 %           | 42 %  | 176 % | 455 %  | 70 %  |
| Monthly SD                                        | 72 %            | 17 %  | 38 %  | 148 % | 2 %  | Monthly SD                        | 84 %            | 27 %  | 88 %  | 210 %  | 53 %  |

# Kuorman vaikutus päästöön



Open your mind. LUT.  
Lappeenranta University of Technology





Open your mind. LUT.

Lappeenranta University of Technology

**LIITE 6**

**POPE-hankkeen aloituskokouksen pöytäkirja  
7.2.2010**

Polttoperäisten päästöjen ja nanohiukkasten haitallisuuden määrittäminen uudella tutkimusmenetelmällä, POPE

## JOHTORYHMÄN KOKOUS

Aika Maanantai 7.2.2011 klo 9.00–10.20

Paikka Itä-Suomen yliopisto, Kuopion kampus, Melania, kokoushuone 220

Läsnä Jorma Jokiniemi, Uef/Ymp.  
Maija-Riitta Hirvonen, Uef/Ymp.  
Pasi Jalava, Uef/ymp.  
Ari Leskinen, IL  
Tarmo Hatunen, MW Biopower Oy  
Kari Kuuspalo, Uef/Ymp.  
Kari Lehtinen, IL ja Uef/Fys.  
Soile Juuti, IL  
Jaana Hirvensalo-Kivinen, Uef/Ymp.

### 1. Kokouksen avaus

Hankkeen vastuullinen johtaja Jorma Jokiniemi avasi kokouksen ja esittäytyi. Myös muut paikallaolijat esittäytyivät ja kertoivat lyhyesti roolistaan hankkeessa.

### 2. Puheenjohtajan ja sihteerin valinta

Puheenjohtajaksi valittiin Jorma Jokiniemi ja sihteeriksi Jaana Hirvensalo-Kivinen.

### 3. Esityslistan hyväksyminen

Esityslista hyväksyttiin muutoksitta.

### 4. Johtoryhmätoiminnan käytännöstä päättäminen

Johtoryhmään kuuluu 9 jäsentä. Liitteessä 1 on johtoryhmän kokoonpano.. Päätettiin siten, että johtoryhmän kokoukset ovat jatkossa pääsääntöisesti maaliskuu- ja syyskuussa (yht. 2/vuosi).

Näin johtoryhmä voi käsitellä mitä rahoittajalle on raportoitu. Hankehakemuksesta poiketen aikataulua muutettiin yhteensopivaksi Tekesin raporttiaikataulujen kanssa.

Sovittiin, että mikäli kokoukseen ei tule riittävästi osanottajia, niin tarvittaessa hyväksyntä erityisille päätöksille pyydetään sähköpostitse. Jos näin toimitaan, että se kirjataan huolellisesti pöytäkirjaan ja kyseiset sähköpostikeskustelut arkistoidaan.

#### 5. Projektisuunnitelman, kustannusarvion ja rahoitussuunnitelman esittely ja hyväksyminen

Prof. Jokiniemi esitteli hankkeen kustannus-, rahoitus- ja tutkimussuunnitelman. (liite 2) Johtoryhmä hyväksyi projektin tutkimussuunnitelman, kustannusarvion ja rahoitussuunnitelman.

#### 6. Tutkimusyhteistyösopimus

Yliopiston ja rahoittajan ehtojen mukaisesti hankkeen eri osapuolten kesken tulee tehdä tutkimusyhteistyösopimus, missä määritellään mm. tulosten omistus- ja käyttöoikeudet. Sopimusta valmistellaan parhaillaan ja se tullaan saattamaan kaikkien projektin osapuolten hyväksyttäväksi lähitulevaisuudessa. Asiaa käsitellään uudelleen seuraavassa johtoryhmän kokouksessa.

#### 7. Muut esille tulevat asiat

Seuraavan kokouksen ajankohdaksi valittiin vaihtoehtoisiksi päiviksi seuraavat: 20.9.; 21.9.; 27.9.; 28.9. Tarkka kokouspäivä sovitaan doodle-kyselyn avulla, jotta se sopisi mahdollisimman monelle.

#### 8. Kokouksen päättäminen

Puheenjohtaja päätti kokouksen klo 10.20.

Pöytäkirjan vakuudeksi

---

Prof. Jorma Jokiniemi, puheenjohtaja



---

Jaana Hirvensalo-Kivinen, sihteeri

Jakelu:

Hatunen Tarmo

Hirvonen Maija-Riitta

Jokiniemi Jorma

Kinnunen Toni

Kohlmann Jens

Kouki Juha

Lehtinen Kari

Pikku-Pyhältö Raija

Timonen Juha

Veijonen Timo-Pekka (Varajäsen)

## JOHTORYHMÄN KOKOONPANO

|                       |                                                    |
|-----------------------|----------------------------------------------------|
| Hatunen Tarmo         | MW Biopower Oy                                     |
| Hirvonen Maija-Riitta | Itä-Suomen yliopisto                               |
| Jokiniemi Jorma       | Itä-Suomen yliopisto                               |
| Kinnunen Toni         | Ecocat Oy                                          |
| Kohlmann Jens         | Pöyry Finland Oy (Soodakattilayhdistys ry)         |
| Kouki Juha            | Pohjolan Voima (Energiateollisuus ry:n edustaja)   |
| Lehtinen Kari         | Ilmatieteen laitos                                 |
| Pikku-Pyhältö Raija   | Tekes                                              |
| Timonen Juha          | Tulikivi Oyj                                       |
| Veijonen Timo-Pekka   | Stora Enso Oyj (Varajäsen Soodakattilayhdistys ry) |



ILMATIETEEN LAITOS

*Projektisuunnitelma*  
(päivitetty 7.2.2011)

## **Polttoperäisten päästöjen ja nanohiukkasten haitallisuuden määrittäminen uudella tutkimusmenetelmällä (POPE)**

Rinnakkaishanke

### **Osallistuvat tutkimustahot ja projektin vastuuhenkilöt**

**Jorma Jokiniemi**, professori

Itä-Suomen yliopisto (UEF), Ympäristötieteen laitos, Pienhiukkas- ja aerosoliteknologian laboratorio

**Maija-Riitta Hirvonen**, professori

Itä-Suomen yliopisto (UEF), Ympäristötieteen laitos, Inhalaatiotoksikologian laboratorio

**Kari Lehtinen**, professori

Ilmatieteen laitos (IL), Kuopion yksikkö

### **Osallistuvat yritystahot**

Ecocat Oy, Vihtavuori

Energiateollisuus ry

Suomen Soodakattilayhdistys ry

Tulikivi Oyj, Juuka

MW Biopower Oy, Kiuruvesi

Symo Oy, Kuopio

Savon Voima Oyj, Kuopio

## 1 Projektin tarve

Energiantuotanto ja liikenne tuottavat pienhiukkas- ja kaasupäästöjä, joiden koostumus ja pitoisuudet vaihtelevat erilaisten polttolaitosten, polttolaitteiden ja polttoaineiden välillä. Erityisesti biomassan poltossa vaihtelu on suurta: Suurimpien polttolaitosten ominaispäästöt ovat alhaisia johtuen tehokkaista puhdistustekniikoista, mutta pienet laitokset ovat erityisesti hiukkasten osalta merkittäviä päästölähteitä suhteessa tuotettuun energiaan (Sippula et al., 2007; Ohlström et al., 2000). Lisäksi pienpolton ja liikenteen matala päästökorkeus lisää altistumista palamisperäisille ilmansaasteille pientaloalueilla ja liikenneväylien läheisyydessä.

Uutta tutkimustietoa tarvitaan palamisperäisten päästöjen vähentämismahdollisuuksista perustuen kokeelliseen tutkimukseen pienhiukkasten fysikaalis-kemiallisista ominaisuuksista ja niihin liittyvistä terveysvaikutuksista. Tämä on erityisen tärkeää, koska ilmansaasteita pidetään ihmisen terveydelle haitallisimpana ympäristöaltisteena. Huoli ilmansaasteiden terveysriskeistä on entisestään korostumassa, sillä lähivuosina sekä kansallisesti että koko EU:n alueella merkittävästi lisääntyvä bioenergian tuotanto ja käyttö voi lisätä pienhiukkaspäästöjä. Myös uudet polttotekniikat ja päästöjen jälkikäsittelytekniikat muuttavat päästöjen ominaisuuksia tuntemattomaan suuntaan. Tämä koskee erityisesti pienpoltoa ja pieniä bioenergialaitoksia. Pelkän päästömäärän perusteella terveysriskejä ei kuitenkaan voida ennustaa, sillä päästöistä muodostuneilla kemiallisilla yhdisteillä voi olla odottamattomia yhteisvaikutuksia. Lisäksi uusien materiaalien, kuten nanohiukkasten, voimakkaasti kasvava käyttö esim. erityispinnoitteissa, materiaaleissa ja autoteollisuudessa aiheuttaa kasvavaa huolta niiden mahdollisista terveyshaitoista.

Kansainvälisen suuntauksen mukaisesti on selvää että jatkossa toksikologinen terveystutkimus tulee olemaan kiinteä osa uusien, terveydelle turvallisten teknologioiden ja prosessien kehitystyötä. Tämä edellyttää monialaista tutkimusympäristöä, jossa voidaan luotettavasti kokeellisesti tutkia päästöjen haitallisuutta ja siihen vaikuttavia tekijöitä perustuen niiden fysikaalis-kemiallisiin ja toksikologisiin ominaisuuksiin.

Hankkeen tarvetta korostaa olemassa oleva EU:n REACH lainsäädäntö (esim. nanohiukkaset) sekä kehitteillä oleva muu kansallinen ja kansainvälinen lainsäädäntö, joiden tavoitteena on suojella väestöä hengittävien altisteiden terveyshaitoilta. Saksassa on jo tullut voimaan vuoden 2010 alusta aikaisempaa tiukemmat päästöraajat hiukkasille, häkäpitoisuuksille ja hyötysuhteelle. Hiukkasille raja on nyt  $75 \text{ mg/m}^3$ , mutta v. 2015 alusta se tiukenee edelleen ja tulee olemaan  $40 \text{ mg/m}^3$  ja pellettipoltolle  $20\text{--}30 \text{ mg/m}^3$ . Saksassa tulee voimaan myös vanhojen tulisijojen vaihto-ohjelma porrastetusti alkaen 2014 niille tulisijoille, jotka eivät täytä määräyksiä. Myös EU valmistelee direktiiviä (Directive 2009/125/EC) pienpolttolaitteiden päästöille ja siinä suunnitellut rajat vastaavat melko tarkasti Saksan jo asettamia rajoja. EU direktiiviin ei kuitenkaan sisälly vanhojen pienpolttolaitteiden vaihtovelvollisuutta. Koska EU-direktiivin määräykset tulevat koskemaan myös Suomea, on tärkeää, että suomalaiset alan yritykset pystyvät säilyttämään kilpailukykinsä. Jatkossa lainsäädännössä tullaan kiinnittämään huomiota päästömäärien lisäksi myös niiden terveyshaittoihin. Siten tämä tulee vaikuttamaan polttoaineiden, -laitteiden ja jälkikäsittelytekniikan tuotekehitykseen.

**Hanke toteutetaan uudessa tutkimuslaboratoriossa**, joka liittyy olemassa olevat polttotekniikan ja inhalaatiotoksikologian laboratoriot kiinteäksi, samassa tutkimushallissa toimivaksi, yhdeksi kokonaisuudeksi. Tämä mahdollistaa erilaisten ilmapäästöjen (biomassojen pienpolto, liikennepolttoaineet, nanohiukkaset) kemiallisten ja toksikologisten ominaisuuksien sekä syy-seuraus-suhteen selvittämisen todellista altistumista vastaavissa oloissa, sekä auttaa testausmenetelmien kehitystä. Tämän haasteellisen tutkimuksen toteuttamisen mahdollistaa hakijoiden jo vuosia jatkunut monitieteinen yhteistyö aerosoli- ja polttotekniikan, toksikologian ja mallinnuksen alalla Itä-Suomen yliopistokampuksella Kuopiossa sekä laaja koti- ja ulkomaisten

yliopistojen ja tutkimuslaitosten sekä yritysten muodostama yhteistyöverkosto. Ryhmät ovat toteuttaneet useita Tekesin, Suomen Akatemian ja kansainvälisellä rahoituksella olleita hankkeita, joissa on selvitetty mm. biomassan pienpolton ja uusiutuvien moottoripolttoaineiden päästöjä sekä terveyshaittoihin liittyviä toksikologisia vasteita. Tähän mennessä saadut tulokset osoittavat, että päästöjen määrään ja niiden toksikologiaan ominaisuuksiin voidaan selkeästi vaikuttaa polttoainevalinnoilla ja uusimmalla polttotekniikalla.

Pohjois-Savon liitto on teemaohjelmassaan linjannut energia- ja ympäristötekniikan yhdeksi kehittämistarpeeksi t&k-toiminnan toimintaedellytysten kehittämisen ja verkostoitumisen. Alueella toimii merkittäviä sekä alojen t&k:n asiantuntijoita että energiatekniikan tai siihen läheisesti liittyviä alan yrityksiä. Hanke luo alueen yrityksille paremmat kilpailuedellytykset alati kiristyvillä markkinoilla.

## 2 Projektin tavoitteet

Tässä projektissa tutkitaan soodakattilan, hakevoimalaitoksen, pienpolton (tulisija ja arinakattila) päästöjä ja jälkikäsittelytekniikoiden vaikutusta dieselajoneuvon päästöihin sekä päästöjen fysikaalis-kemiallisia ja toksikologisia ominaisuuksia. Lisäksi tutkitaan teollisten nanohiukkasten vastaavia ominaisuuksia.

Projektin tuloksena syntyy uusi kokeellinen tutkimusmenetelmä, jonka avulla voidaan luotettavasti arvioida **päästöjen haitallisuutta ja haitallisuuteen vaikuttavia tekijöitä** perustuen niiden fysikaalisiin ja kemiallisiin sekä toksikologisiin ominaisuuksiin. Näitä tekijöitä ovat mm. polttoaineen laatu, polttolaitteen toiminta ja käyttötapa. Tutkimusmenetelmän avulla voidaan myös verrata poltosta vapautuvien pienhiukkasten ja teollisten nanohiukkasten haitallisuutta keskenään. Uudessa menetelmässä käytettävä laitteisto perustuu alan viimeisimpään osaamiseen ja vastaavanlaisia laitteistoja on maailmassa vain muutamia.

Tutkimus toteutetaan laboratorio-olosuhteissa, missä pystytään simuloimaan todellisia altistusolosuhteita. Aiemmin näytteet päästöjen toksikologisen haitallisuuden tutkimuksia varten on tehty keräämällä hiukkasia suodattimille, joilta ne on uutettu ja tämän jälkeen käytetty solualtistuksiin. Tällöin näytteenkeräyksen ja -käsittelyn aikana osa todennäköisesti vaikuttavista haitallisista tekijöistä häviää (kuten kaasut) tai niiden ominaisuudet muuttuvat (kuten hiukkasten koko, muoto ja kemiallinen koostumus).

### Yksityiskohtaiset tavoitteet:

1. Kehittää malli, jolla voidaan ennustaa polttolaitteen, polttotavan ja polttoaineen vaikutus polton päästöihin, päästöjen kemiaan ja terveysriskejä kuvaaviin indikaattoreihin. Tutkimuskohteena ovat polttoperäiset aerosolit ja nanohiukkaset.
2. Määrittää tutkittavista päästölähteistä kerättävien päästöjen toksiset ominaisuudet ja verrata näitä samojen näytteiden kemialliseen koostumukseen ja päästötietoihin. Tietojen avulla voidaan arvioida eri lähteistä peräisin olevien päästöjen haitallisuutta.
3. Määrittää ilmakehässä tapahuvan laimenemisen ja muutunnan vaikutusta päästön haitallisuudelle kokeellisesti.
4. Verrata nykyisin käytössä olevaa hiukkasmassan suodatinkeräysmenetelmää ja hankkeessa käytettävää uutta suoraa altistusmenetelmää toisiinsa.

### Strategiset tavoitteet:

- Vastata tulevaisuuden lainsäädännön vaatimiin tutkimus- ja tuotekehitystarpeisiin (sisältäen päästöhiukkaset, synteettiset nanohiukkaset, yhdyskuntailman pienhiukkaset).
- Edistää yritystoiminnan kansainvälistä kilpailukykyä ja kansainvälistymistä tarjoamalla erinomaiset puitteet haasteellisten tutkimus- ja kehityshankkeiden toteuttamiseksi.
- Edistää Itä-Suomen alueen omien uusiutuvien energialähteiden käyttöä ja energiaomavaraisuuden nostamista kestäväällä tavalla.

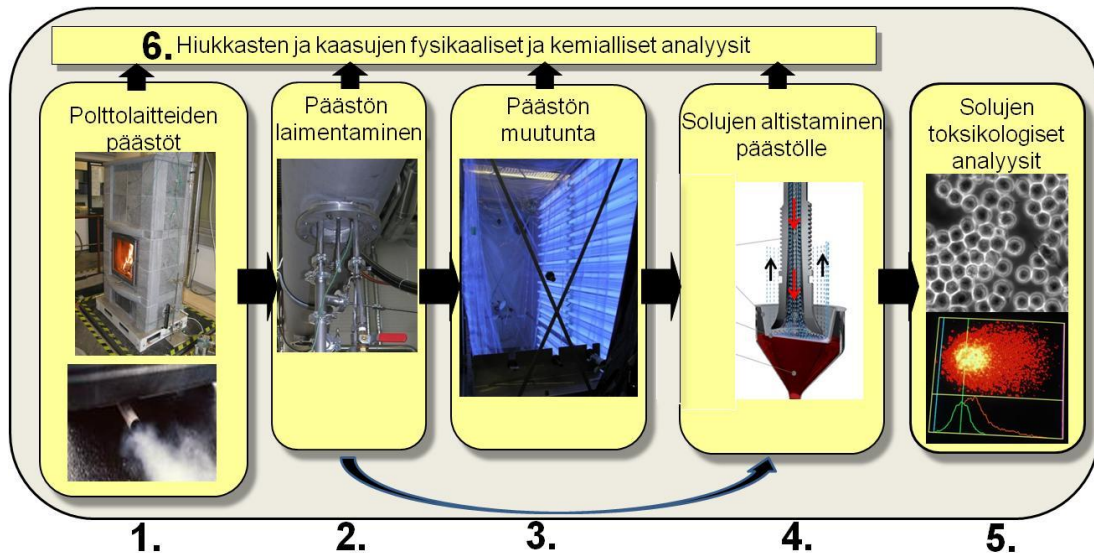
### 3 Projektin toteutus

**Projektissa tutkitaan** seuraavia polttolaitteistoja ja polttoaineita sekä erilaisia polttotapoja:

| <i>Tutkittava laite</i>         | <i>Polttotapa</i>                     | <i>Polttoaine</i>   | <i>Ei-ikäännytetty</i> | <i>Ikäännytetty</i> | <i>Suodatinkeräys (perinteinen menetelmä)</i> |
|---------------------------------|---------------------------------------|---------------------|------------------------|---------------------|-----------------------------------------------|
| <b>Selluteollisuus</b>          | Soodakattila                          | Mustalipeä          | X                      | -                   | -                                             |
| <b>Energiantuotanto-laite 1</b> | Hakekattila (aluelämpökoko)           | Puu/kuori           | X                      | -                   | -                                             |
| <b>Energiantuotanto-laite 2</b> | Arinapoltto (40 kW)                   | Puu/kuori           | X                      | X                   | -                                             |
| <b>Pienpolttolaite: Takka</b>   | Panospoltto                           | Puu                 | X                      | X                   | X                                             |
| <b>Ajoneuvo</b>                 | Dieselmoottori ilman jälkikäsitteilyä | Diesel, fossiilinen | X                      | X                   | X                                             |
| <b>Ajoneuvo</b>                 | Dieselmoottori Jälkikäsitteilyllä     | Diesel, fossiilinen | X                      | X                   | -                                             |
| <b>Nanohiukkasgeneraattori</b>  | -                                     | -                   | X                      | -                   | -                                             |

Lisäksi hankkeessa tutkitaan, miten kokonaispäästö, eri hiukkaskokoluokat ja kaasumaiset yhdisteet vaikuttavat yhdessä ja erikseen tutkittaviin vasteisiin.

**Projekti toteutetaan** käyttäen uutta laitteistoa, jossa hengitystien soluja altistetaan polttolaitteiden ilmapäästöille (Kuva 1). Laitteistossa polttolaitteiden päästöt laimennetaan ja johdetaan muutuntakammioon, joka simuloi ulkoilmassa tapahtuvaa fysikaalista ja kemiallista muutuntaa. Sieltä päästö johdetaan solualtistuslaitteistoon, jossa viljellyt hengitysteiden solut altistuvat halutuille hiukkasfraktioille tai kaasuille. Solutason vaikutukset määritetään kattavilla toksikologisilla menetelmillä. Vastaavanlaisia testauksia voidaan tehdä teollisuudessa tuotetuille nanohiukkasille. Soluista määritetyt toksikologiset vasteet voidaan yhdistää päästöstä määritettäviin fysikaalisiin ja kemiallisiin ominaisuuksiin.



Kuva 1. Itä-Suomen yliopiston polttotutkimuslaboratoriossa sijaitseva tutkimuslaitteisto ilmapäästöjen haitallisuuden arviointia varten. Laitteistokokonaisuuden vaiheet: 1. Palamisperäisten päästöjen tuottaminen, 2. Päästöjen laimentaminen, 3. Päästöjen ikäännyttäminen muutuntakammiossa, 4. Solujen altistaminen päästössä oleville aerosoleille, 5. Solujen toksikologinen karakterisointi ja 6. Päästöjen fysikaaliset ja kemialliset analyysit.

**Hankkeen toteutuksessa käytettävän menetelmän eri vaiheet on kuvattu seuraavassa:**

#### **Vaiheet 1 ja 2: Palamisperäisten päästöjen ja nanohiukkasten tuottaminen ja laimentaminen**

Vastuuhenkilö: Professori Jorma Jokiniemi (UEF), Pienhiukkas- ja aerosoliteknologian laboratorio

Puunpoltton päästöt tuotetaan kontrolloidusti uudella polttoreaktorilla, joka koostuu arinapolttimesta, tulipesästä ja lämmönvaihtimesta. Reaktorilla simuloidaan polttotapahtumia pienpoltosta suuren luokan voimalaitoksiin ja erilaisia palamisoloja täydellisestä palamisesta hyvinkin epätäydelliseen palamiseen. Näitä normaalisti hyvinkin lyhytkestoisia tapahtumia (mm. panospoltossa) voidaan ylläpitää uudella reaktorilla jatkuvatoimisesti ja pitkäkestoisesti, mikä mahdollistaa kunkin polttotapahtuman ja palamisen vaiheen entistä tarkemman tutkimuksen. Lisäksi tutkitaan ilmajaon vaiheistuksella varustetun takan päästöjä.

Ajoneuvojen päästöjä tuotetaan sekä RotoTest alustadynamometrillä, jolla voidaan tutkia ajoneuvojen päästöjä tasaisen kuorman ja kiihdytyksen tilanteissa, sekä ISO 8178 standardin mukaan rakennetussa testipenkissä. Ajoneuvojen päästöjä sekä erilaisten jälkikäsittelytekniikoiden (esim. hiukkassuodatin DPF) vaikutusta päästöihin tutkitaan kytkemällä ajoneuvo alustadynamometriin (max. 350 kW, 2000 Nm, 350 km/h) ja ottamalla näyte ennen jälkikäsittelyä (esim. katalysaattori tai hiukkassuodatin) ja sen jälkeen. Näytteistä määritetään jälkikäsittelemättömän ja jälkikäsittelyn päästön hiukkasmuodostuspotentiaali sekä terveysvaikutukset.

Päästöjen laimentamiseen käytetään erilaisten laimennusmenetelmien yhdistelmiä (kokonais-/osalaimennus; lämmin/kylmä; laimennustunneli, ejektorilaimennin, huokoisputkilaimennin) simuloimaan ilmakehässä tapahtuvia laimenemisprosesseja.

Nanohiukkasia tuotetaan laminaarivirtausreaktorilla (Sippula et al., 2009). Tuotettavat hiukkaset ovat mm. KCl, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, ZnO, ZnCl<sub>2</sub>.

Prosessiperäisiä hiukkasia tutkitaan uudelleenpölyttämällä soodakattilalaitoksen ja energiantuotantolaitosten sähkösuodattimelta kerättyä pölyä.

### **Vaihe 3: Palamisperäisten päästöjen ikäännyttäminen**

Vastuuhenkilö: Professori Kari Lehtinen (IL), Kuopion yksikkö

Valittujen päästölähteiden laimennettu päästö johdetaan muutuntakammioon (Teflon, tilavuus 25 m<sup>3</sup>), jossa se altistetaan ultraviolettivalolle ja otsonille. Päästöhiukkasten ja kaasufaasin fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet muuttuvat jäljitellen ulkoilman tapahtuvaa muutuntaa. Kammion olosuhteita muuttamalla voidaan jäljitellä ulkoilman normaalia säteilyvaihtelua. Kammio puhdistetaan kokeiden välillä huolellisesti. Päästön ikääntymisen (0–6 h) aikana kammioista mitataan jatkuvatoimisesti hiukkasia (aerosolihiukkasten kokojakauma, massa- ja lukumääräpitoisuus ja kemiallinen koostumus), kaasujen pitoisuuksia (NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>) ja olosuhteita (lämpötila, suhteellinen kosteus, säteily). Ikääntyneelle aerosolille määritetään alkuperäisen (primäärin) aerosolin, alkuperäisiin hiukkasiin muodostuneen (sekundäärin) orgaanisen aerosolin sekä kammiossa muodostuneiden aerosolihiukkasten osuudet kokonaisuudesta lähdetiedoksi solualtistukselle. Ikääntymiskokeiden perusteella määritetään kunkin valitun päästön hiukkasmuodostumispotentiaali.

### **Vaihe 4. Solujen altistaminen**

Vastuuhenkilö: Professori Maija-Riitta Hirvonen (UEF), Inhalaatiotoksikologian laboratorio

Solualtistukset tehdään johtamalla tutkittavat päästöt muutuntakammioista linjastoja pitkin Vitrocell-laitteistoon. Altistuksissa käytetään hiiren ja ihmisen hengitysteiden puolustusjärjestelmän soluja, jotka ovat olennaisia hengitettävälle päästöille altistuttaessa. Laitteistossa soluja altistetaan suoraan hiukkas- ja kaasumaisille päästöille matalassa näytevirtauksessa tarkoitusta varten valmistetuissa moduleissa. Ennen kokeita solut kasvatetaan ensin 6-kuoppalevyille asetettavissa siirteissä. Siirteet asetetaan altistuksia varten keräysjärjestelmän moduleihin, jossa on soluille suotuisat olosuhteet. Altistuksen (1/2-3 h) jälkeen siirteissä kasvavat solut laitetaan kuoppalevyille hiilidioksidinkubaattoriin halutuksi ajaksi. Laitteistossa voidaan tutkia ja testata kokonaispäästöjen, sekä eri hiukkaskokoluokkien ja kaasumaisten yhdisteiden roolia käynnistyvissä terveyshaittoihin liittyvissä toksikologisissa vasteissa. Tätä uutta suora-altistusmenetelmää verrataan perinteiseen keräysmenetelmään, jossa hiukkaset on kerätty ensin suodattimille, uutettu niiltä ja vasta tämän jälkeen käytetty solujen altistamiseen. Kaikista näytteistä tehdään kattavat toksikologiset analyysit, joiden tuloksia verrataan samojen näytteiden kemiallisiin koostumuksiin.

### **Vaihe 5. Päästöjen toksikologiset analyysit**

Vastuuhenkilö: Professori Maija-Riitta Hirvonen (UEF), Inhalaatiotoksikologian laboratorio

Solukokeista tehtävät toksikologiset analyysit kattavat keskeisiä terveyshaittojen mekanismeja, mukaan lukien tulehdukselliset, solukuolemaa aiheuttavat, perimämyrkylliset ja hapettavan stressin mekanismit. Sydän- ja hengityselinsairauksiin liittyviä tulehdusvälittäjäaineita tutkitaan spektrofotometrisellä ELISA-menetelmällä sekä uudella käyttöönotettavalla elektrokemiluminesenssiin perustuvalla ”multiplexing” menetelmällä, joilla voidaan mitata samanaikaisesti pienestä näytemäärästä useita erilaisia välittäjäaineita. Käytettävät ”multiplexing” tekniikat edustavat alan uusinta kehitystä ja avaavat uusia tutkimusmahdollisuuksia erilaisten päästöjen toksikologiassa. Altistuksen aiheuttamaa hapettavaa stressiä, johon liittyy solunsisäisen happiradikaalituotannon nousu ja joka johtaa solukuolemaan, DNA vaurioihin sekä tulehdusreaktioon, tutkitaan virtausytometrillä sekä spektro- fluoro- ja luminometrisillä menetelmillä. Solukuolema määritetään useilla eri menetelmillä mukaan lukien apoptoosi/nekroosi (PI-värjäys, virtausytometri, MTT) ja solusyklin muutokset (PI-värjäys, virtausytometri) sekä ”multiplexing” tekniikalle kehitettävät menetelmät. Syöpäriskiinkin liittyvää perimämyrkyllisyyttä tutkitaan ”Comet assay” menetelmällä, joka mittaa DNA:n juostekatkoksia ja niihin johtavia DNA-vaurioita solutasolla.

## Vaihe 6. Hiukkasten ja kaasujen fysikaaliset ja kemialliset analyysit

Vastuuhenkilö: Professori Jorma Jokiniemi (UEF), Pienhiukkas- ja aerosoliteknologian laboratorio

Aikaisemmat tutkimukset ovat osoittaneet, että mm. PAH yhdisteillä, metalleilla, noella ja hiukkaskoolla on yhteys niiden toksikologisiin vasteisiin ja sitä kautta ihmisten terveyteen (Jalava ym. 2010). Näytteistä mitataan seuraavat ominaisuudet: Massakokojakauma (DLPI, DGI), lukumääräkokojakauma (SMPS, FMPS, ELPI), massa (TEOM, suodattimet), lukumäärä (CPC, elektrometri), orgaaninen ja epäorgaaninen hiili (Thermal-optical method), PAH (GC-MS), kaasut (FID, FTIR, kaasuanalysointorit) ja epäorgaaniset aineet (ICP-MS, XRF, PIXE, SEM/EDX, XRD).

## Vaihe 7. Mallintaminen

Vastuuhenkilö: Professori Kari Lehtinen (IL), Kuopion yksikkö

Sekä koelaitteiston eri vaiheissa että ulkoilmassa todellisissa olosuhteissa tapahtuu prosesseja, jotka muuttavat päästön olomuotoa ja ominaisuuksia. Laimentuessaan ja jäähtyessään päästön kaasukomponentit voivat reagoida keskenään muodostaen toisia tiivistymiskykyisiä kaasuja tai tiivistyä itse hiukkasten pinnoille. Ne voivat myös muodostaa uusia hiukkasia. Hiukkaset voivat törmäillä keskenään, jolloin niiden pitoisuus pienenee ja keskikoko kasvaa. Ne voivat lisäksi kiinnittyä koelaitteiston kammioiden tai linjojen seinille tai luonnossa maanpinnalle, kasvillisuuteen tai rakennusten seiniin. Nämä prosessit voivat muuttaa merkittävästi päästön kaasujen ja/tai hiukkasten kemiallista koostumusta sekä hiukkasten pitoisuutta ja kokojakaamaa.

Mallinnuksella on kolme päätavoitetta: 1. ymmärtää ja kvantitoida koelaitteistossa tapahtuvat päästöjen olomuotoon ja ominaisuuksiin vaikuttavat prosessit, 2. kehittää työkalu, jolla solualtistuskammiossa soluihin päätyvä annos saadaan ennustettua, kun päästön ominaisuudet ja laitteiston yksityiskohdat/säädöt tunnetaan, ja 3. optimoida koelaitteisto vastaamaan mahdollisimman hyvin todellisia olosuhteita.

Projektikonsortion toimesta on aiemmin kehitetty menetelmiä hiukkasten koko- ja koostumusjakaumien dynamiikan kuvaamiseen eri sovelluskohteisiin (Korhonen ym. 2004; Kokkola ym. 2008). Tässä hankkeessa yhdistetään hiukkasmalli, kemiallisia reaktioita kuvaava malli ja virtausmalli yhdeksi kokonaisuudeksi, jolloin hiukkasten dynamiikka ja muutonta laboratoriolaitteiston kaikissa osissa saadaan mahdollisimman hyvin kuvattua.

## 4 Projektin aikataulu

Hankeaika: 1.1.2011 - 31.12.2013. Hankkeen toteuttaminen ajoittuu seuraavasti:

| Hankkeen aikataulu                    | 2011 |   |   |    | 2012 |    |    |    | 2013 |    |    |    |
|---------------------------------------|------|---|---|----|------|----|----|----|------|----|----|----|
|                                       | 3    | 6 | 9 | 12 | 15   | 18 | 21 | 24 | 27   | 30 | 33 | 36 |
| Laitteiston testaaminen ja validointi |      |   |   |    |      |    |    |    |      |    |    |    |
| Dieselajoneuvo                        |      |   |   |    |      |    |    |    |      |    |    |    |
| Arinapoltto                           |      |   |   |    |      |    |    |    |      |    |    |    |
| Panospoltto                           |      |   |   |    |      |    |    |    |      |    |    |    |
| Soodakattila                          |      |   |   |    |      |    |    |    |      |    |    |    |
| Hakekattila                           |      |   |   |    |      |    |    |    |      |    |    |    |
| Mallintaminen                         |      |   |   |    |      |    |    |    |      |    |    |    |
| Tulosten käsittely ja raportointi     |      |   |   |    |      |    |    |    |      |    |    |    |

Projektin tarkastuspisteinä toimivat ohjausryhmän kokoukset, jotka järjestetään vuosittain touko- ja marraskuussa (kk 5, 11, 17, 23, 29 ja 35).

## 5 Projektin voimavarat

### 5.1 Projektiryhmä

Hankkeeseen osallistuvat tutkimusryhmät edustavat alansa huipputasoa Euroopassa. Ne ovat koordinoineet ja osallistuneet useisiin Euroopan Unionin puiteohjelmien kansainvälisiin tutkimushankkeisiin sekä Suomen Akatemian ja Tekesin rahoittamiin ohjelmiin, hankkeisiin ja tutkimuksen huippuyksiköihin.

**1) Itä-Suomen yliopisto (UEF):** ympäristötieteen laitos, Pienhiukkas- ja aerosoliteknologian laboratorio, Kuopion kampus

**Jorma Jokiniemi, FT, professori** (pitkä kokemus hiukkasten ja kaasujen mittaamisesta, palamisesta, ja mallinnuksesta)

Olli Sippula, FT, erikoistutkija (hiukkaspäästömittausten suunnittelu)

Jarkko Tissari, FT, erikoistutkija (hiukkaspäästömittausten suunnittelu ja skenaariot)

Kari Kuuspallo, FM, tutkija (dieselajoneuvomittaukset)

Kati Nuutinen, FM, tutkija (PAH-yhdisteiden päästöjen mittausta)

Heikki Lamberg, FM, tutkija (päästömittaukset)

**2) Itä-Suomen yliopisto (UEF):** ympäristötieteen laitos, Inhalaatiotoksikologian laboratorio, Kuopion kampus

**Maija-Riitta Hirvonen, FT, professori** (pitkä kokemus toksikologisista solu- ja eläinkokeilla)

Pasi Jalava, FT, erikoistutkija (Uuden solualtistusmenetelmän käyttöönotto ja kokeiden suunnittelu)

Maija Tapanainen, FM, tutkija (toksikologiset kokeet, tulehdus, solutoksisuus- ja happiradikaalitutkimus)

Oskari Uski, FM tutkija (toksikologiset kokeet, hapettavan stressin ja solukuoleman tutkimus)

Jorma Mäki-Paakkanen, FT, erikoistutkija (genotoksikologian asiantuntija)

**3) Ilmatieteen laitos (IL):** Kuopion yksikkö

**Kari Lehtinen, TkT, professori** (pitkä kokemus aerosolimallintamisesta)

Jim Smith, PhD, professori (ilmakemiallinen asiantuntemus kammiomittauksista)

Ari Leskinen, FT, erikoistutkija (aerosolihiukkasten muutuntakokeet, aerosolimittaukset)

Mika Komppula, FT, ryhmäpäällikkö (aerosolimittaukset)

Harri Kokkola, FT, dosentti (ilmakehäprosessien mallintaminen)

Emmi Laukkanen, DI, tutkija (kammiokokeiden mallintaminen)

### 5.2 Kansainvälinen yhteistyö ja kotimaiset verkostot

Ryhmillä on laajat, oman alan kansalliset ja kansainväliset yhteistyöverkostot. Projekti toteutetaan yhteistyössä Hannoverin Fraunhofer Instituutin (Saksa), Karlsruhen teknillisen Instituutin (KIT, Saksa) ja Paul Scherrer Instituutin (Sveitsi) kanssa. Lisäksi yhteistyötä menetelmänkehityksessä tehdään Lundin ja Uumajan yliopistojen (Ruotsi) kanssa ja päästöjen muutuntaan liittyen National Center for Atmospheric Research (USA) kanssa. KIT (tri. Hans-Rudolf Paur) valmistelee parhaillaan ehdotusta "Helmholzin virtuaaliseksi instituutiksi" aiheesta "biomassan ja jätteenpolton aerosolien muodostuminen, muutunta ilmakehässä ja biologiset vaikutukset" ja Itä-Suomen yliopistosta Hirvosen, Jokiniemen ja Lehtisen konsortiota (Kuopio Center for Aerosol Research KCAR) on pyydetty tähän kansainväliseksi partneriksi.

*Päästöjen toksikologia (Prof. Maija-Riitta Hirvonen):*

Hankkeessa rakennetaan ja validoidaan uusi Hannoverin Fraunhofer Instituutissa Saksassa kehitetty solualtistustilalaitteisto osaksi Itä-Suomen yliopiston polttotutkimuslaboratoriossa sijaitsevaa ilmapäästöjen haitallisuuden tutkimuslaitteistoa. Kyseinen suora solujen ja keuhkokudosten

altistusmenetelmä on kehitetty täydentämään nykyisen kaupallisen Vitrocell-laitteiston ominaisuuksia ja sitä ei ole kaupallisesti saatavana. Tämä uusi teknologia mahdollistaa usean soluviljelmän samanaikaisen altistamisen ja solujen tarkkailun altistuksen aikana sekä altistuksen aiheuttamien vasteiden tarkan ajallisen määrittämisen. Lisäksi sen avulla voidaan analysoida sydän – ja keuhdosairauksiin liittyvien hapettavan stressin välittäjäaineita aikasarjana suoraan altistuslevyltä epifluoresenssimikroskopian avulla.

Tämä sovittu yhteistyöprojekti Hannoverin Fraunhofer instituutin (tri. Jan Knebel) kanssa toteutetaan kahdessa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa FT Pasi Jalava tekee n. 6 kk:n tutkijavaihtovierailun Hannoveriin, jona aikana hän perehtyy ja opettelee laitteiston käytön ja siellä olevat sovellukset (nanohiukkaset). Toisessa vaiheessa ko. saksalaisesta laboratorion tutkija tulee vierailulle Kuopioon ja samanlainen laitteisto rakennetaan ja räätälöidään osaksi täällä olevaa päästöjen tutkimuslaboratoriota. Laitteisto sovelletaan mm. poltto- ja liikenneperäisille päästöille sekä nanohiukkasille. Yhteistyön tuloksena Suomeen tuodaan uutta kansainvälisesti ainutlaatuista terveystutkimuksen teknologiaa ja uusia polton päästöjen tutkimussovelluksia. Hankkeen yhteistyösopimuksen valmistelu on käynnissä, ja sopimus on tarkoitus allekirjoittaa vuoden 2010 loppuun mennessä.

*Agglomeraattihiukkasten ominaisuudet (Prof. Jorma Jokiniemi):*

Pien- ja nanohiukkaset muodostavat tyypillisesti agglomeraatteja, jotka koostuvat niistä pienemmistä primaaripalloista (mm. noki ja nanomateriaalit). Agglomeraatit voivat hajota ilmapirtauksissa ja tällä on suuri merkitys tutkittaessa solujen toksikologisia vasteita hiukkasaltistuksessa. Yhteistyössä Paul Scherrer (Sveitsi) instituutin kanssa on rakennettu laitteisto, jolla voidaan tutkia agglomeraattien hajoamista erilaisissa virtausolosuhteissa. Tutkija Mika Ihalainen toimii vierailevana tutkijana Paul Scherrer instituutissa (tri. Salih Gyntau) kolmen vuoden ajan tutkien agglomeraattien hajoamista. Tuloksia hyödynnetään tässä projektissa solualtistuksen yhteydessä. Lisäksi agglomeraattien muodostumista tutkitaan Hannoverin Fraunhofer instituutin (tri. Wolfgang Koch) kanssa.

*Päästöjen muutunta (Prof. Kari Lehtinen):*

Yhteistyötä tehdään prof. Jim Smithin tutkimusryhmän kanssa, National Center for Atmospheric Research, Boulder, USA. Prof. Smith on Itä-Suomen yliopistossa kesään 2011 saakka vierailevana professorina, jonka jälkeen hän palaa USA:aan. Hänellä on pitkä kokemus kokeellisesta päästöjen muutuntatutkimuksesta. Prof. Smith on mukana muutuntakammion pystytys- ja testausvaiheessa sekä myöhemmin osallistuu hankkeessa tehtäviin kammiotutkimuksiin kiinteässä yhteistyössä.

Hanke kohdistuu Pohjois-Savon Energia- ja ympäristöteknologian-teemaohjelman *Energiateknologian ja Biopolttoaineiden tuotanto, käyttö ja jalostus* painopistealoille. Hanke kuuluu myös Itä-Suomen yliopiston koordinoimaan KANTIVA *Bioenergian tuotannon ja käytön vaikutukset* -tutkimuskeskukseen ja kohdistuu sen keskeisiin strategisiin tavoitteisiin. Tutkimusryhmät kuuluvat Ilmasto, ilmanlaatu ja terveys (IIT) –teknologiaverkostoon, joka on valtakunnallisen osaamiskeskusohjelman (OSKE) ympäristöteknologiaklusterin yksi kärkihanke.

## 6 Hankkeen kustannusarvio ja rahoitussuunnitelma

Hankkeen kokonaiskustannukset ovat **840 000 €**. Alla on yksityiskohtainen erittely hankkeeseen osallistuvien organisaatioiden kustannuksista ja rahoitussuunnitelmista.

## Kustannusarvio

### Koko hankkeen kustannusarvio (€)

| Kustannuslaji           | 2011           | 2012           | 2013           | Yhteensä       |
|-------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Palkat                  | 78 000         | 79 500         | 71 100         | 228 600        |
| Henkilösivukustannukset | 39 155         | 39 924         | 35 941         | 115 020        |
| Yleiskustannukset       | 114 372        | 116 539        | 103 762        | 334 672        |
| Matkat                  | 9 000          | 11 500         | 10 322         | 30 822         |
| Aineet ja tarvikkeet    | 51 000         | 32 000         | 27 276         | 110 276        |
| Ostettavat palvelut     | 4 000          | 4 000          | 4 000          | 12 000         |
| Laitteistot             | 6150           | 1 230          | 1 230          | 8 610          |
| <b>YHTEENSÄ</b>         | <b>301 677</b> | <b>284 693</b> | <b>253 631</b> | <b>840 000</b> |

**Itä-Suomen yliopiston Pienhiukkas- ja aerosolitekniiikan laboratorio** työosuuden kustannusarvio (€). Projektissa työskentelevät tutkijatohtori ja projektitutkija. Yksilöidyt kulut ovat seuraavat:

Matkat: näytteenkeräysmatkat; kv. konferenssit

Aineet ja tarvikkeet: Polttoaineet, kemikaalit ja reagenssit, kalibrointikaasut, analysaattorien kuluvat osat, Ostettavat palvelut: Kemiaalliset analyysit toteutetaan pääosin ostettavina palveluina Labtiumista

| Kustannuslaji                               | 2011         | 2012         | 2013         | Yhteensä      |
|---------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| Palkat                                      | 25500        | 25500        | 23000        | 74000         |
| Henkilösivukustannukset (48 %)              | 12240        | 12240        | 11040        | 35520         |
| Yleiskustannukset (102 %)                   | 38495        | 38495        | 34721        | 111710        |
| Matkat                                      | 5000         | 5000         | 4000         | 14000         |
| Aineet ja tarvikkeet                        | 13000        | 11000        | 8770         | 32770         |
| Ostettavat palvelut (kemialliset analyysit) | 4000         | 4000         | 4000         | 12000         |
| <b>YHTEENSÄ</b>                             | <b>98235</b> | <b>96235</b> | <b>85531</b> | <b>280000</b> |

**Itä-Suomen yliopiston Inhalaatiotoksikologian laboratorion** työosuuden kustannusarvio (€).

Projektissa työskentelee erikoistutkija. Yksilöidyt kulut ovat seuraavat:

Matkat:

- Matkakuluja erikoistutkija Pasi Jalavan tutkijaliikkuvuudesta Hannoveriin (Saksa); lennot, kohtuulliset majoitus- ja muut kulut
- Alan kansainväliset konferenssimatkat.

Aineet ja tarvikkeet:

- Altistus: solualtistuslaitteiston kuluvat osat, solulinjat, soluviljelyreagenssit, kaasut
- Toksikologiset analyysit : analyysikitit tulehduksen-, oksidatiivisen stressin ja solukuoleman markkereille, reagenssit genotoksikologisiin analyysihin, kaasut sekä tarvittavat muut reagenssit ja laboratorion kulutustarvikkeet.

Matkat

| Kustannuslaji                  | 2011          | 2012           | 2013          | Yhteensä      |
|--------------------------------|---------------|----------------|---------------|---------------|
| Palkat                         | 28 000        | 28 800         | 22 200        | 79 000        |
| Henkilösivukustannukset (48 %) | 13 440        | 13 824         | 10 656        | 37 920        |
| Yleiskustannukset (102 %)      | 42 269        | 43 476         | 33 513        | 119 258       |
| Matkat                         | 4 000         | 4 000          | 3 822         | 11 822        |
| Aineet ja tarvikkeet           | 12 000        | 10 000         | 10 000        | 32 000        |
| <b>YHTEENSÄ</b>                | <b>99 709</b> | <b>100 100</b> | <b>80 191</b> | <b>280000</b> |

**Ilmatieteen laitoksen** työosuuden kustannusarvio (€). Projektissa työskentelee erikoistutkija.

Yksilöidyt kulut ovat seuraavat:

Matkat: Matkakulut yhteistyöorganisaatioon sekä alan keskeiseen kansainvälisiin kongresseihin

Aineet ja tarvikkeet: muutuntakammiosta lähtevät ja tulevat linjastot ja linjastoon kuuluvat liittimet ja

venttiilit; vuosittain uusittava Tefloninen muutuntakammio; muutuntakammiohuoneen alumiinipinnoite; langaton tiedonkeruujärjestelmä ja tietokoneita muutuntakammion prosessin seurantalaitteille  
Laiteostot: kalibraattori pienille virtauksille; yleismittarit (lämpötila-, kosteus ja paineanturit)

| Kustannuslaji                  | 2011          | 2012         | 2013         | Yhteensä      |
|--------------------------------|---------------|--------------|--------------|---------------|
| Palkat                         | 24500         | 25200        | 25900        | 75600         |
| Henkilösivukustannukset (55 %) | 13475         | 13860        | 14245        | 41580         |
| Yleiskustannukset ( 88,5 %)    | 33608         | 34568        | 35528        | 103704        |
| Matkat                         | 0             | 2500         | 2500         | 5000          |
| Aineet ja tarvikkeet           | 26000         | 11000        | 8506         | 45506         |
| Laiteostot                     | 6150          | 1230         | 1230         | 8610          |
| <b>YHTEENSÄ</b>                | <b>103733</b> | <b>88358</b> | <b>87909</b> | <b>280000</b> |

### Rahoitussuunnitelma

Koko hankkeen rahoitussuunnitelman osuudet eri rahoittajien kesken vuosille 2011-2013 ovat:  
 Tekes 70 %, yritykset 5 %, organisaatioiden oma rahoitus 25 %.

### Koko hankkeen rahoitussuunnitelma (€)

| Rahoittaja                     | €             |
|--------------------------------|---------------|
| Tekes (70 %)                   | 588000        |
| Yritykset (5 %)                | 42000         |
| Itä-Suomen yliopisto (16,67 %) | 140000        |
| Ilmatieteen laitos (8,33%)     | 70000         |
| <b>Yhteensä</b>                | <b>840000</b> |

### Yritysrahoituksen muodostuminen:

| Yritys               | €            |
|----------------------|--------------|
| Energiateollisuus ry | 15000        |
| Soodakattilayhdistys | 15000        |
| Tulikivi Oyj         | 9000         |
| Symo Oy              | 3000         |
| <b>Yhteensä</b>      | <b>42000</b> |

### Muu yritystuki

- Ecocat Oy, jälkikäsittelylaitteet ja -järjestelmät (ml. suunnittelu, raaka-aineet ja valmistus) sekä työpanos, arvo 10000 €
- Savon Voima Oyj, työpanos (noin 3 henkilötyöpäivää näytteenottoon valittujen tuotantolaitosten tuhkapäästöistä), arvo 1000 €
- Symo Oy, työpanos, arvo 3000 €
- Tulikivi Oyj, *tulisijan toimitus tutkimuksiin (neuvottelut käynnissä)*

Itä-Suomen yliopiston Pienhiukkas- ja aerosolitekniiikan laboratorion työosuuden rahoitussuunnitelma (€)

| Rahoittaja                  | €             |
|-----------------------------|---------------|
| Tekes (70%)                 | 196000        |
| Yritykset (5%)              | 14000         |
| Itä-Suomen yliopisto (25 %) | 70000         |
| <b>Yhteensä</b>             | <b>280000</b> |

Itä-Suomen yliopiston Inhalaatiotoksikologian laboratorion työosuuden rahoitussuunnitelma (€)

| <b>Rahoittaja</b>           | <b>€</b>      |
|-----------------------------|---------------|
| Tekes (70%)                 | <b>196000</b> |
| Yritykset (5%)              | <b>14000</b>  |
| Itä-Suomen yliopisto (25 %) | <b>70000</b>  |
| <b>Yhteensä</b>             | <b>280000</b> |

Ilmatieteen laitoksen työosuuden rahoitussuunnitelma (€)

| <b>Rahoittaja</b>         | <b>€</b>      |
|---------------------------|---------------|
| Tekes (70%)               | <b>196000</b> |
| Yritykset (5%)            | <b>14000</b>  |
| Ilmatieteen laitos (25 %) | <b>70000</b>  |
| <b>Yhteensä</b>           | <b>280000</b> |

## 7 Projektin riippuvuudet

Haettava projekti liittyy olennaisesti v. 2010-2011 käynnissä olevaan EAKR infrastruktuurin vahvistamishankkeeseen 'Ilmansaasteiden haitallisuuden tutkimus- ja testauslaitteisto'. Hankkeessa rakennetaan 25 m<sup>3</sup> muutuntakammio ja linjat päästölähteen laimennuslinjastosta muutuntakammioon ja sieltä edelleen solujen altistuskammioon. Hankkeessa ostetaan kaupallinen solujen altistuslaitteisto, jota tullaan jatkokehittämään kansainvälisten yhteistyökumppanien kanssa sekä useita muita mittalaitteita mm. kaasujen ja hiukkasten mittauksia varten. Lisäksi hankkeessa tehdään mittavia tilojen muutostöitä: mm. muutuntakammioille on rakennettu tutkimushalliin toinen kerros ja solujen altistamista ja analyysijä varten on rakennettu korkeat laatukriteerit täyttävä puhdas tila. Hankkeen rahoitus kattaa vain investointi- ja rakentamiskuluja.

Lisäksi hanke liittyy mm. alla listattuihin käynnissä oleviin kansainvälisiin ja kotimaisella rahoituksella oleviin hankkeisiin. Nämä hankkeet tukevat tämän hakemuksen hanketta, mutta ovat siitä selkeästi erillisiä. Niissä tehtävät toksikologiset analyysit on tehty solualtistuksista, joissa solut on altistettu suodattimelta uutetuille hiukkasnäytteille.

- ERA-NET Biohealth: Tutkitaan biomassan polton päästöjen fysikaalis-kemiallisia ja toksikologisia ominaisuuksia.
- Heatox: Grazin yliopiston kanssa yhteistyössä selvitetään eri polttolaitteiden päästöjen fysikaalis-kemiallisia ja toksikologisia ominaisuuksia solu- ja eläinkokeilla.
- Nanopoltto: Selvitetään nanokokoisten lisäaineiden hyödyntämismahdollisuuksia polttoaineiden tuhka-aineista aiheutuvien ongelmien vähentämisessä.
- Bioher (Suomen Akatemia): Tutkitaan mm. suurten aluelaitosten ja raskaanpolttoöljyn päästöjen toksikologisia haittoja.
- Starship (Suomen Akatemia): Tutkitaan eri energiatuotantovaihtoehtojen hyvyttä huomioiden kasvihuonekaasupäästöjen lisäksi myös terveysvaikutukset.

## 8 Riskien tunnistaminen ja niihin varautuminen

- Muutuntakammion kontaminaatio-ongelmat. Kammion kontaminaatioastetta seurataan käyttäen tunnettua reaktiota. Kun mitattu vaste kammiossa muuttuu selvästi ja kontaminaatiotaso todetaan häiritseväksi, Teflon-kammio vaihdetaan uuteen vastaavaan.
- Solualtistusvaiheeseen liittyvä kontaminaatoriski. Laboratorio on ylipaineinen ja se täyttää steriilin työskentelyn vaatimukset. Lisäksi kontaminaatiota seurataan jatkuvin tausta-analyysin.
- Projektin toteuttaminen vaatii kolmen ryhmän välistä saumatonta yhteistyötä. Yhteistyötä edistetään pitämällä projektipalavereja sekä säännöllisen aikataulun mukaan että tämän lisäksi

aina tarpeen vaatiessa. Lisäksi yhteishenkeä vahvistetaan vapaamuotoisin lounain ja illallisin.

## 9 Projektin tulosten hyödyntäminen

Projektista saatavien tulosten avulla voidaan arvioida eri lähteistä peräisin olevien päästöjen haitallisuutta sekä saada tietoa siitä, mitkä tekijät vaikuttavat haitallisten komponenttien esiintymiseen päästöissä ja miten haitallisten komponenttien määrään voidaan vaikuttaa. Näin projektissa mukana olevat yritykset voivat ennakoida lähitulevaisuudessa tiukentuvia päästömääräyksiä omassa tuotekehitystoiminnassaan, mikä parantaa paitsi mukana olevien yritysten, niin jatkossa myös muiden yritysten kilpailukykyä kansainvälisillä markkinoilla. Markkinointihyötyä saavutetaan jo projektin aikana ja se on maksimaalinen välittömästi projektin päättyttyä.

## 10 Viitteet

- Jalava PI, Salonen RO, Hytönen K, Pennanen AS, Happonen MS, Markkanen P, Tissari J, Frey A, Hillamo R, Jokiniemi J, Hirvonen M-R. (2010). Effect of combustion condition on cytotoxicity and inflammatory responses induced by residential wood combustion particles, *Atmospheric Environment* 44, 1691-1698.
- Kokkola H., H. Korhonen, K. E. J. Lehtinen, R. Makkonen, A. Asmi, S. Järvenoja, T. Anttila, A.-I. Partanen, M. Kulmala, H. Järvinen, A. Laaksonen, and V.-M. Kerminen (2008) SALSA – a Sectional Aerosol module for Large Scale Applications. *Atmospheric Chemistry and Physics* 8, 2469-2483.
- Korhonen, H., Lehtinen, K. E. J. and Kulmala, M. (2004) Multicomponent aerosol dynamics model UHMA: model development and validation. *Atmos. Chem. Phys.*, 4, 757-771, 2004
- Ohlström, O.M., Lehtinen, K.E.J., Moisio, M., Jokiniemi, J.K. (2000) Fine-particle emissions of energy production in Finland. *Atmos. Environ.* Vol 34, pp. 3701-3711.
- Sippula O., K. Hytönen, J. Tissari, T. Raunemaa, J. Jokiniemi (2007) Effect of Wood Fuel on the Emissions from a Top-Feed Pellet Stove, *Energy Fuels*, 21 (2), 1151 -1160.

## **LIITE 7**

### **Muiden työryhmien kuulumiset sekä SKYREC**

## OTR kuulumiset

---

### Tapahtumat

---

#### Vuosikokous 13.4-14.4.2011 VTT Expert Services Oy

- Tiistai 13.4.2011
  - Show & Dinner, Grand Casino, Mikonkatu 19, 00100 Helsinki
- Keskiviikko 14.4.2011
  - Vuosikokous
  - Esitys: Soodakattilan vikaantumiset ja niiden kustannusvaikutukset, Tatu Pekkarinen, YIT Teollisuus Oy
  - VTT:n Metsäteollisuustutkimus, Klaus Niemelä, VTT / VTT Expert Services Oy

#### Soodakattilapäivä 19.10.2011 ja SKYREC-seminaari 20.10.2011

- Sokos hotel Presidentti

## ATR kuulumiset

---

### ATR projektit

---

#### Määräaikaistestausprojektin jatko, Pöyry/BMS

- Parhaat käytännöt/menetelmät testausvälin pidentämiseksi
- Seisokin aikaisen testauskuorman vähentäminen
- Raportti kommentoitavana tehtailla

#### Turva-automaatiosuosituksen päivitys

- Käännös saatu FMGlobalilta
- Kommentoitavana työryhmällä

#### Kattilarakennuksen sähkötekniset turvajärjestelmät, Pelastusopisto

- Valmis ja julkaistu yhdistyksen sivuilla

#### Selvitys: UPS-kytkennät tehtailla

- Gruvön tehtaalla Ruotsissa sattunut UPS-vika, 30 min blackout
- Selvitetään onko mahdollista tapahtua Suomessa
- Pöyry tehnyt ohjeen ja ehdotuksen toteutuksesta -> ajatus perustaa työryhmä tekemään vika-analyysi Pöyryn toteutuksesta

## LTR / SKYREC kuulumiset

---

### LTR/SKYREC projektit

---

#### Co-firing of black liquor and biomass-combustion tests, part 2

- kuinka suuri määrä puuta voidaan sekoittaa mustalipeään jotta palaminen soodakattilassa vielä onnistuu.
- Hyväksytty johtoryhmässä ja julkaistu yhdistyksen sivuilla

#### Pulp mill optimal steam pressure levels, LUT

- Selvitetään mahdollisuudet ja keinot soodakattiloiden rakennusasteen nostamiseen sellutehtaan modernisoinnin yhteydessä
- Loppuraportti kommentoitavana

#### Dew point measurements, ÅA

- Selvittää matalin taloudellinen savukaasu loppulämpötila
- Mittaukset Heinolassa ja tehtaalla joka voi muuttaa SO<sub>2</sub>-tasoa

#### Mustalipeän viskositeetti, VTT

- 90-luvulla tehty laaja selvitys mustalipeistä (LIEKKI 2-ohjelmassa) ja nyt tehdään viskositeettikäyrät ja selvittää, onko tilanne jotenkin muuttunut 15 vuodessa.

#### Alumiini kemikaalikierrossa (ehdotus)

- Muutamilla Suomen tehtailla ollut ongelmia haihduttamon likaantumisen kanssa - > syyksi paljastunut alumiinin ja pii
- Kirjallisuustyö: mitä tiedetään

## KTR / SKYREC kuulumiset

---

### Utilization of Pyrolysis Gases from the Recovery Boiler, ÅA

- Mass balance and energy balance calculations of pyrolysis gas extraction.
- Analysis of the gas composition above the bed in two recovery boilers using existing CFD results.
- Dust content in the pyrolysis gas
- Projektin hyväksytty ja julkaistu kotisivuilla

### Tulistinputkimateriaalien korroosiotutkimus soodakattilalla, VTT

- Mittausjakso (1000h) alkoi 16.9.2010 ja päättyi noin viikkoa ennen tavoiteaikaa viikolla 42
- Loppuraportti kommentoitavana johtoryhmässä

### Field tests of furnace materials, Boildec Oy

- Kolme onnistunutta koetta tehty, tulokset
- Neljäs koe menossa, yksi materiaaleista hiiliteräs
- Materiaalit viidenteen kokeeseen valinnassa

### Analysis of the furnace test materials, VTT

- Testikappaleiden paksuudet mitattiin kokeita ennen ja jälkeen. 304L ja Super625 ohentuivat selvästi eniten (25 – 50 µm/1000 h)
- Tähänastisten tulosten perusteella lupaavimmilta materiaaleilta vaikuttavat 4C54 (3XRE28), San28 ja San38

### Corrosion tests in reducing conditions, PART II

- Tests with BL-chars
- Earlier tests were done in a gas containing CO and N<sub>2</sub> and additionally active carbon were placed on the synthetic salts.
- BL-chars contain chlorine and since one of the tested salts (Salt 5) does not contain any chlorine

### Keraamiset ja metalliset rakennemateriaalit uusissa soodakattiloissa, OY

- Työssä tutkitaan tulenkestäviä materiaaleja altistamalla koekappaleet soodakattilan sulalle (lipeäruiskaukossa) SE Oulun tehtaalla
- Nopea koe (2 vko) tehtiin 16.2–2.3.2010, omatekoiset materiaalit (Zro2 ja Spinelli) lohkesivat, kun sondi otettiin pois kattilasta
- Uusintakoe huhtikuussa



### Materiaalisuositus

- Vuoden 1997 suojaussuosituksen päivitys

### Aktiivihiihisiuodatuksen ja UV-käsittelyn soveltaminen suolanpoistolaitokseen lisäveden TOC-tason alentamisessa, JP- analysis/Cewic

- Projektin tavoitteena on varmentaa ja optimoida aktiivihiihisiuodattimen toimivuutta TOC:n poistossa tehdasympäristössä
- Selvitetään ja kokeillaan UV-valon käyttöä osana suolanpoistolaitosta

### Vesisuositus, Teollisuuden Vesi Oy

- vedelle ja höyrylle laatutaso, johon tulisi päästä
- mitä teet kun tietty arvo ylittyy
- kuinka usein ja mitä pitää analysoida
- oma työryhmä