



SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS
FINNISH RECOVERY BOILER COMMITTEE

Suomen Soodakattilayhdistys ry

NO_x-päästöt soodakattilasta

**Puu-127.4050 Ympäristötekniikan
erikoistyö**

**Andreas Lindberg, Teknillinen Kor-
keakoulu, Puunjalostustekniikan osasto**

Raportti 8/2010

(16A0913-E0116)



Rapporti 8/2010

Teknillinen Korkeakoulu
Puunjalostustekniikan osasto

Puu-127.4050 Ympäristötekniikan erikoistyö
Andreas Lindberg

NO_x-päästöt soodakattilasta

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO	3
2	SOODAKATTILAN ILMAPÄÄSTÖT.....	4
3	NOX PÄÄSTÖJEN KARAKTERISOINTI.....	6
3.1	Terminen NO _x	6
3.2	Polttoaineesta peräisin oleva NO _x	6
3.3	Nopea (prompt) NO _x	6
4	SOODAKATTILAN NO_x PÄÄSTÖT.....	7
4.1	Polttoaineen typpipitoisuuden vaikutus NO _x päästöihin	7
4.2	NO _x päästöjen muodostuminen soodakattilassa	7
5	NO_x PÄÄSTÖJEN VÄHENTÄMINEN	8
5.1	Selective catalytic conversion (SCR).....	8
5.2	Selective noncatalytic reduction (SNCR)	8
6	SOODAKATTILOIDEN PÄÄSTÖTIEDOT	10
6.1	Tehtaiden antamat tiedot soodakattiloista	10
6.1.1	Kattilan ikä sekä tehtaan vuosittainen tuotanto.....	10
6.1.2	Soodakattilan kapasiteetti, keskimääräinen ajokuorma ja pohjakuorma	11
6.1.3	Mustalipeän kuiva-aine, typpipitoisuus sekä ilmajärjestelmän tasot	11
6.2	Soodakattiloiden ilmapäästöt	12
6.2.1	NO _x , SO _x , TRS ja Hiukkaset.....	12
6.2.2	CO ₂	13
6.3	Soodakattiloiden NO _x - päästöt	14
6.3.1	NO _x -kuvaajat	14
7	YHTEENVETO.....	17

1

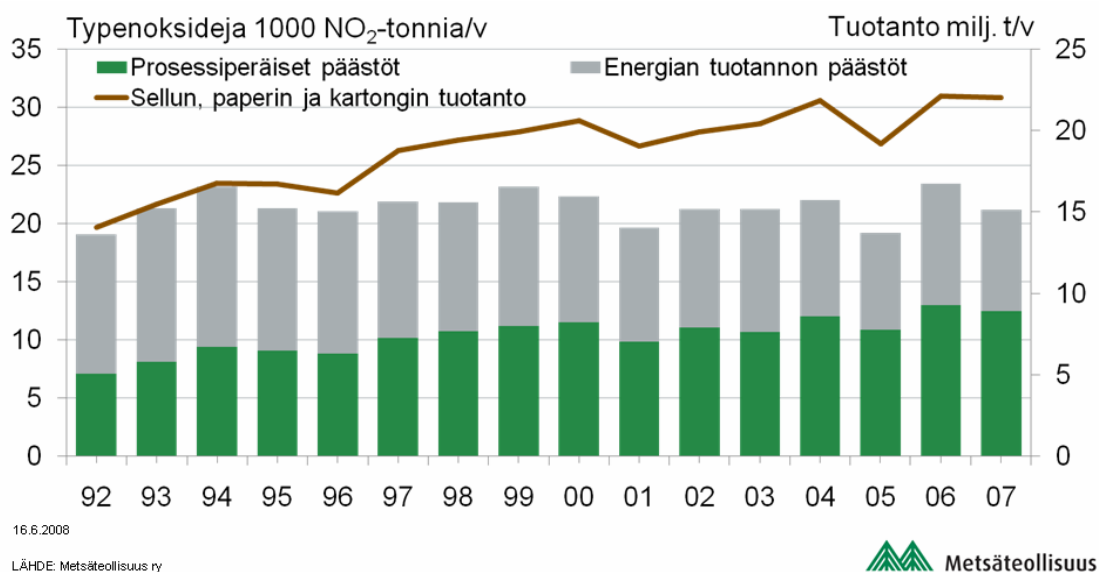
JOHDANTO

Sellu- ja paperiteollisuudelle ympäristöasiat tulevat vuosi vuodelta yhä tärkeämmiksi. Sellu- ja paperiteollisuuden päästöt ovat vähentyneet huomattavasti vuosien saatossa. Pääasiallisena syynä kehitykseen on ollut uusien tekniikoiden käyttöönotto ja prosessien parempi hallinta. Sellutehtaan kannalta suurin ilmanpäästöjen lähde on soodakattila, jossa sellunkeitossa syntynyt mustalipeän orgaaninen aines poltetaan ja epäorgaaninen aines johdetaan sulana keittokemikaalien valmistukseen. Ilmanpäästöjen täydellinen hallinta soodakattilan toiminnan yhteydessä on mahdotonta, mutta huolellisella prosessisuunnittelulla sekä laitteistoinvestoinneilla ilmanpäästöjä voidaan vähentää huomattavasti.

Tässä raportissa selvitetään NO_x-päästöjen syntymistä soodakattilassa sekä raportoidaan Suomen sellutehtaiden soodakattiloiden ilmanpäästöistä vuonna 2007.

NO_x-päästöjen vähentäminen on hyvin tärkeä asia, koska typpipitoiset ilmanpäästöt ovat osasy syy happosateisiin sekä laskeutuessaan maan pinnalle mm. vesistöjen rehevöitymiseen.

Kuvassa 1 on esitetty Suomen sellu- ja paperiteollisuuden typenoksidipäästöjen määrän kehittyminen vuodesta 1992 vuoteen 2007 asti. Kuvasta nähdään, että typenoksidien määrä on pysynyt lähes samana, vaikka tuotanto on kasvanut. Prosessiperäisten typenoksidien suhteellinen osuus kokonaispäästöistä on kuitenkin lähes kaksinkertaistunut viimeisten 15 vuoden aikana.



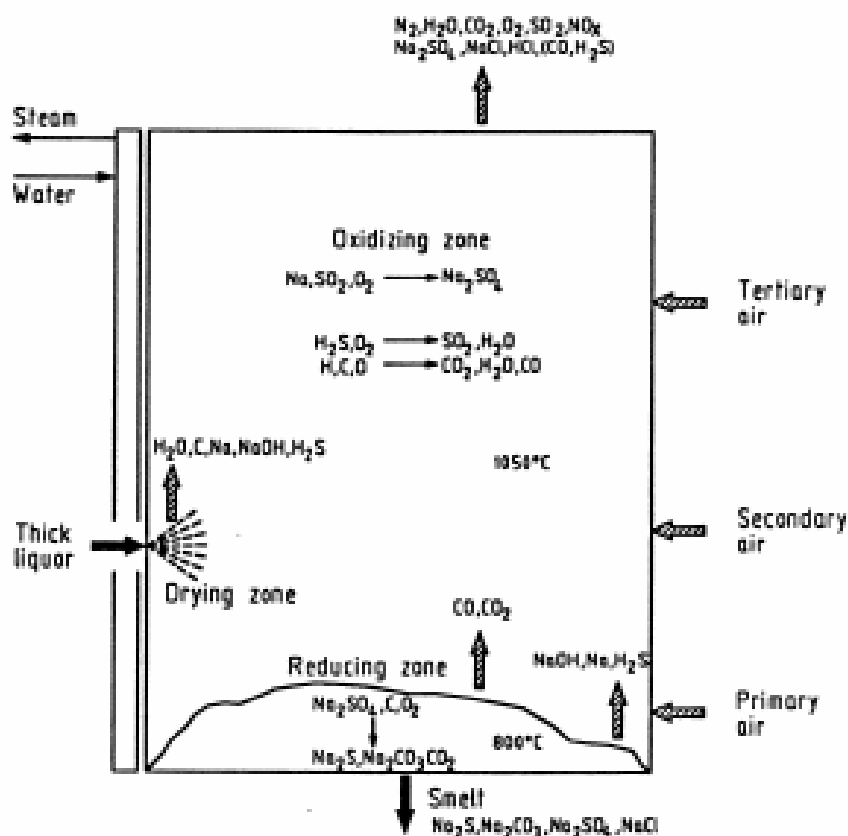
Kuva 1. Suomen massa- ja paperiteollisuuden typenoksidipäästöt ilmaan /1./

2

SOODAKATTILAN ILMAPÄÄSTÖT

Soodakattilan ilmanpäästöihin vaikuttavat kolme päätekijää: kattilan ikä, mustalipeän kuiva-ainepitoisuus sekä soodakattilan polttama kuorma. NO_x -päästöjen kannalta tärkein prosessisuure on mustalipeän kuiva-aineen sisältämän typen määrä.

Soodakattilan toimintaperiaate, erilaiset kemialliset reaktiot sekä ilman- ja lipeänsyöttökanavat ovat esitetty kuvassa 2.



Kuva 2. Soodakattilan toimintaperiaate [2, s. 75]

Soodakattilassa poltetaan mustalipeää, jonka kuiva-aine pitoisuus nykyään on yleensä noin 68–80 %. Nykyaikaisissa laitoksissa voidaan mustalipeän kuiva-aine nostaa ennen polttamista yli 80 %:n erillisten väkevöittimien avulla. Mustalipeän kuiva-aineesta noin 1/3 koostuu erilaisista epäorgaanisista kemikaaleista ja loput 2/3 koostuvat erilaisista liuenneista orgaanisista aineista, pääasiassa ligniinistä.

Mustalipeän kuiva-aineella on olennainen vaikutus syntyviin soodakattilan ilmanpäästöihin, sillä mitä korkeampi mustalipeän kuiva-ainepitoisuus on, sitä korkeampaa palamislämpötilaa voidaan käyttää, ja sitä vähäisempää on esim. rikkidioksidin vapautuminen ilmakehään.

Soodakattilan palamislämpötilan optimoiminen on hyvin tärkeää, sillä korkeissa lämpötiloissa, joissa SO_x -päästöt ovat vähäisempiä, tyypipitoiset NO_x -päästöt taas kasvavat. Tästä syystä on tärkeää löytää optimaaliset prosessiolosuhteet, jotta kokonaisilmanpäästöt saataisiin mahdollisimman alhaisiksi.

Tässä raportissa keskitytään soodakattiloissa tapahtuviin NO_x-päästöihin sekä niiden kontrolloimiseen. Soodakattilassa syntyneet NO_x-päästöt ovat huomattavasti pienemmät kuin esim. energian tuotannossa. Soodakattilan ohella meesauuni, jossa meesa (CaCO₃) poltetaan kalkiksi (CaO), tuottaa yleisesti ottaen noin 20–35 % sellutehtaan NO_x-päästöistä. /3./

Soodakattiloiden tyypillisimmät ilmapäästötasot ovat esitetty Taulukossa 1.

Taulukko 1. Soodakattiloiden tyypilliset ilmanpäästötasot /2, s. 74/

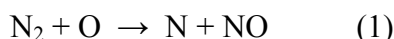
Sulphur dioxide - without scrubber and 63-65 % DS of black liquor	100-800	mg/m ³ n
	60-250	mg/MJ
	1-4	kg/ADt
- with scrubber and 63-65% DS of black liquor	20-80	mg/m ³ n
	10-25	mg/MJ
	0.1-0.4	kg/ADt
- without scrubber and 72-80 % DS of black liquor	10-100	mg/m ³ n
	12-30	mg/MJ
	0.2-0.5	kg/ADt
Hydrogen sulphide ¹⁾ - over 90% of the time (90 percentile)	< 10	mg/m ³ n
	< 0.05	kg/ADt
	higher	
Nitrogen oxides (as NO ₂)	100-260	mg/m ³ n
	50-80	mg/MJ
	0.6-1.8	kg/ADt
Particulates - after electrostatic precipitator	10-200	mg/m ³ n
	0.1-1.8	kg/ADt
Notes:		
1) Level corresponding to Swedish emission limitation		

3 NOX-PÄÄSTÖJEN KARAKTERISOINTI

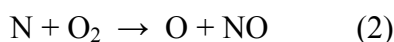
NO_x-päästöjen syntyminen voidaan yleisesti karakterisoida tapahtuvan kolmella eri mekanismilla:

3.1 Terminen NO_x

Terminen NO_x syntyy erittäin korkeissa lämpötiloissa >1600 °C, kun palamisilman tyyppi N₂ sekä happi O₂ molekyylit hajoavat pitkän viipymisajan avulla kaavojen 1 ja 2 mukaisesti.



sekä



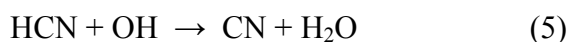
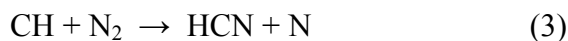
Termisen NO_x:n muodostuminen palamisilmasta soodakattilassa ei ole merkittävää tulipesän verrattain matalan palamislämpötilan johdosta. /4./

3.2 Polttoaineesta peräisin oleva NO_x

Typeä sisältävillä orgaanisilla polttoaineilla, kuten soodakattiloiden tapauksessa mustalipeän typpipitoisuudella, on erittäin suuri merkitys soodakattilassa syntyvään NO_x-kuormitukseen. Soodakattiloissa käytännöllisesti ottaen kaikki NO_x-päästöt ovat peräisin puuraaka-aineen sisältämästä tuestä. Soodakattilan NO_x-päästöt ovat myös riippuvaisia sellun tekoon käytetystä puulajista. Yleensä lehtipuulla on huomattavasti korkeampi typpipitoisuus, kuin havupuulla./4./

3.3 Nopea (prompt) NO_x

Nopea tai prompt NO_x muodostuu hyvin korkeissa lämpötiloissa > 1500 °C hiilivetyradikaalien mahdollistaessa reaktion. Hiilivetyradikaalien muodostumisen loppuessa nopean NO_x:n muodostuminen keskeytyy. Nopean NO_x:n muodostumisen oletetaan tapahtuvan seuraavien reaktioiden 3, 4, 5 sekä 6 kautta. /4./



4 SOODAKATTILAN NO_x PÄÄSTÖT

Soodakattilan NO_x-päästöt ovat pääosin peräisin mustalipeään orgaanisesti sitoutuneesta tyyppistä. Määrästä lähes kaikki on puusta peräisin. Sellunkeiton aikana tyypillisesti yli 95 % puun sisältämästä tyyppistä jää keittoneesteeseen. Keiton jälkeen mustalipeää haihdutetaan, jossa mustalipeästä vapautuu 10-15 % alkuperäisestä puuraaka-aineen tyyppistä. Loput tyyppistä menee mustalipeän mukana soodakattilaan.

Soodakattilan NO_x-päästöt ovat yleisimmin NO muodossa. Ilmakehässä NO muuttuu kemiallisten reaktioiden seurauksena typpidioksidiksi (NO₂). NO on väritön sekä hajuton kaasu, kun taas NO₂ on punertavan ruskea pahanhajuinen kaasu. NO vaikuttaa pääosin happosateiden syntyyn, kun taas NO₂ vaikuttaa eliöiden hengityselimistöihin aiheuttaen mm. astmaa sekä muita hengityselinten sairauksia. Tyypillisimmät NO_x-päästötasot moderneissa soodakattiloissa ovat 60-80 mg/MJ, joka on huomattavasti vähemmän kuin muissa hiili sekä öljy lämmitteisissä kattiloissa./3./

4.1 Polttoaineen tyypipitoisuuden vaikutus NO_x päästöihin

Tärkein tekijä soodakattilassa syntyviin NO_x-päästöihin on mustalipeän tyypipitoisuus. Mustalipeän kuiva-aineen tyypipitoisuus on yleensä 0,05-0,2 p-% tyyppiä.

Sellutehtailla, joiden sellun pääraaka-aine on havupuu, soodakattilassa syntyvät NO_x-päästöt ovat pienempiä, kuin tehtailla, jossa sellun pääraaka-aine on lehtipuu. Yleisesti voidaan todeta, että koivulipeä aiheuttaa noin 20-50 % korkeammat NO_x-päästöt kuin havulipeä. /4,5/

4.2 NO_x päästöjen muodostuminen soodakattilassa

Pyrolyysivaiheessa 60-70 % mustalipeän kuiva-aineen tyypipitoisuudesta vapautuu savukaasuihin N₂:na sekä ammoniakkinä (NH₃). Loppuosa tästä tyyppistä jää soodasulaan ja reagoi hiilen palaessa osittain syanaatiksi (OCN-). Tämä osa tyyppistä, joka ei vapaudu savukaasuihin tulee sulan mukana syanaattina liuotussäiliöön ja reagoi veden kanssa jälleen ammoniakiksi (NH₃). Noin puolet pyrolyysivaiheessa vapautuneesta tyyppistä muodostaa ammoniakkia. Tulipesän hapettavan vyöhykkeen lämpötilalla on suuri vaikutus ammoniakin käyttäytymiseen. Korkeassa lämpötilassa ammoniakki muodostaa NO:ta, joka myöhemmin hapettuu NO₂:ksi. Matalamassa lämpötilassa ammoniakki reagoi jo muodostuneen NO:n kanssa pelkistäen sen N₂:ksi ja vesihöyryksi.

Alhaiset NO_x-päästöt siis edellyttävät sopivaa lämpötilaa kattilan loppuunpalamisvyöhykkeessä ja siellä alhaista happitasoa. Polttoteknisesti tähän pyritään ilmansyötön vaiheistuksella, jolloin sekundääri- ja/tai tertiääri-ilman syöttö on jaettu useisiin eri tasoihin. Moderneissa kattiloissa, joissa kuiva-ainepitoisuus on korkea, kuormitus normaali ja ilmansyöttöjärjestelmä perinteinen kolmitasoinen, noin 30 % mustalipeän tyyppistä muuttuu NO_x-päästöiksi. /3./

5 NO_x-PÄÄSTÖJEN VÄHENTÄMINEN

Seuraavia keinoja on käytetty teollisessa mittakaavassa soodakattiloissa NO_x päästöjen vähentämisessä:

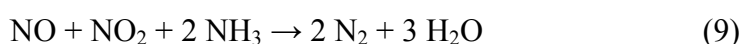
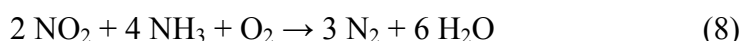
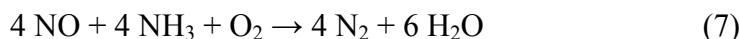
- syöttöilman sekä syötettävän polttoaineen optimointi
- ilmatasojen lisääminen
- ammoniakkin syöttö tulipesän yläpuolelle (SCR / SNCR)
- hapetus/pelkistys prosessit /5./

Jotta NO_x päästöissä voitaisiin saavuttaa suurempi väheneminen, vaaditaan usein ns. sekundäärisiä menetelmiä, joissa muodostuneita typen oksideja redusoidaan eli pelkistetään molekyylariseksi typeksi N₂. Redusointi voi tapahtua ei-katalyyttisesti (SNCR) tai katalyyttisesti (SCR). Mm. Japanissa SNCR teknologiaa on käytetty joissain soodakattiloissa NO_x päästöjen vähentämiseksi./3,5/

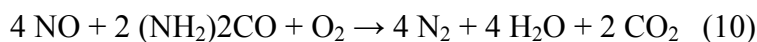
5.1 Selective catalytic reduction (SCR)

SCR (typen oksidien katalyyttinen redusointi eli pelkistäminen) tekniikassa eli katalyyttisessä reduktiossa käytetään reduktio aineena vedetöntä tai vedellistä ammoniakkia sekä ureaa. Operointilämpötila on n.350–450°C. Reaktion johdosta typenoksidit NO sekä NO₂ muuttuvat osittain alkuainetypeksi, vedeksi, sekä ureaa käytettäessä hiilidioksidiksi CO₂.

Reaktioyhtälö ammoniakille on seuraavanlainen /6/:



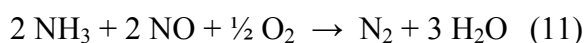
Ureaa käytettäessä reaktioyhtälö on seuraavanlainen /6/:



5.2 Selective noncatalytic reduction (SNCR)

Ei-katalyyttinen redusointi tai pelkistyminen soodakattiloissa on vaikeaa, koska se vaatii toimiakseen tehokkaasti melko kapean sekä katalyyttistä pelkistymistä huomattavasti korkeamman operointi lämpötilan noin 950°C lähistöllä. NO_x määrää vähennetään lisäämällä savukaasuun redusoivaa ainetta. Tyypillisimmät reduktioon käytettävät aineet ovat ammoniakki, urea sekä niiden johdannaiset aineet.

Pääreaktioyhtälö on seuraavanlainen:



Ahlstrom Machinery sekä Gotaverken ovat yrittäneet ammoniakin lisäästä tulipesän päälle. Kokeissa kaasun lämpötila oli 1000°C. Tällä tekniikalla saavutettiin 15-35 % reduktio NO_x-päästöissä. Ainoa ongelma ammoniakin käyttämiselle savukaasujen reduktiossa on reagoimattoman ammoniakin syövyttävä vaikutus prosessilaitteistolle, josta saattaa aiheutua lisäkustannuksia laitteistohuoltojen yhteydessä./5/

Typenoksidien muodostumista voidaan siis vähentää seuraavasti:

- alentamalla palamisen lämpötilaa vähentämällä happimäärää
- järjestämällä hyvä sekoittuminen jolloin lämpötila tasoittuu palotilan eri osissa
- lyhentämällä viipymäaika palotilassa
- käyttämällä öljyä polttoaineena meesauunissa maakaasun sijaan, jolloin saavutetaan alhaisemmalla palamislämpötilalla pienemmät termisen NO_x: n päästöt /7, s.11/
- optimoimalla hajukaasujen polttoa soodakattilassa; hajukaasusyötön ajoituksen optimointi sekä poltto oikeassa osassa kattilaa /7, s.11/

NO_x päästöjen vähentämismenetelmiä käytettäessä on hyvin tärkeää huomata, ettei samalla aiheuteta epätäydellistä palamista, joka aiheutuu mm.

- alhaisesta happipitoisuudesta tulipesässä
- alhaisesta tulipesän lämpötilasta
- liian lyhyestä viipymäajasta palotilassa

6 SOODAKATTILOIDEN PÄÄSTÖTIEDOT

Tätä tutkimusta varten kerättiin tietoa Suomen sellutehtailta, joissa eriteltiin mm. tehtaiden vuosittaista tuotantoa, soodakattiloiden ikää, pohjakuormaa sekä vuosittaista NO_x-päästöjen määrää.

6.1 Tehtaiden antamat tiedot soodakattiloista

Seuraavassa on esitetty lyhyesti taulukkomuodossa tutkimukseen osallistuneiden tehtaiden antamat tiedot soodakattiloistaan Soodakattilayhdistykselle. Taulukoissa on esitetty mm. soodakattiloiden iät, kyseisen tehtaan tuotanto, soodakattilan kapasiteetti, keskimääräinen ajokuorma vuonna 2007 sekä tarkempaa tietoa soodakattiloiden ilmapäästöistä.

6.1.1 Kattilan ikä sekä tehtaan vuosittainen tuotanto

Taulukko 2. Soodakattilan ikä (2008) ja tehtaan tuotanto 2007

Tehdas	Kattilan ikä 2008 (v)	Mänty / Koivu tuotanto 2007 (Adt/a)
Enocell	15	Mänty 266 kt / Koivu 204 kt
Imatra SK5	22	Havu 382 kt (Kuusen n. 10%) Koivu 585 kt
Imatra SK6	16	
Joutseno	10	Havu 583 kt
Kaukas	17	Havu 430 kt / Koivu 290 kt
Kemi	18	Mänty 390 kt / Koivu 160 kt
Kemijärvi	43	Havu 194 kt
Kymi SK1	44	Mänty 54 kt / Koivu 114 kt
Kymi SK2	32	Mänty 107 kt / Koivu 228 kt
Oulu	20	Mänty 343 kt
Rauma	12	Mänty-Kuusi 519 kt
Sunila SK10	43	Havu 370 kt
Sunila SK11	20	
Tervasaari	43	Mänty 208 kt
Varkaus	28	Havu 30 % / Koivu 70 % yhteensä 192 kt
Pietarsaari	4	Mänty 414 kt / Koivu 348 kt
Äänekoski	23	Havu 217 kt / Koivu 245 kt
KESKIARVO	23,5	

6.1.2 Soodakattilan kapasiteetti, keskimääräinen ajokuorma ja pohjakuorma

Taulukko 3. Kapasiteetti, keskimääräinen ajokuorma sekä pohjakuorma vuonna 2007

Tehdas	Kapasiteetti (tka/d)	Keskimääräinen ajokuorma 2007 (tka/d)	Keskimääräinen pohjakuorma 2007 (tka/d/m ²)
Enocell	3 000	2 575	17,4
Imatra SK5	1 700	1 545	15
Imatra SK6	3 300	2 848	16
Joutseno	4 000	3 400	20
Kaukas	3 780	3 500	22
Kemi	3 400	3 300	18,9
Kemijärvi	1 300	1 140	15
Kymi SK1	800	800	16
Kymi SK2	1 800	2 000	18
Oulu	2 000	2 027	19,8
Rauma	3 500	2 916	18,4
Sunila SK10	950	814	13,7
Sunila SK11	1 300	1 064	15,5
Tervasaari	1 150	1 050	16,4
Varkaus	1 150	998	20,8
Pietarsaari	4 450	3 800	17,1
Äänekoski	2 700	2 156	18,7
KESKIARVO	2359	2111	17,8

6.1.3 Mustalipeän kuiva-aine, typpipitoisuus sekä ilmajärjestelmän tasot

Taulukko 4. Mustalipeän kuiva-aine, typpipitoisuus sekä ilmajärjestelmän tasot

Tehdas	Polttolipeän kuiva-aine (%)	Mustalipeän typpipitoisuus kuiva- aineessa (%)	Ilmajärjestelmä taso lkm
Enocell	72	0,07	5, joista 2 porrastettu
Imatra SK5	72-74	0,089	3
Imatra SK6	72-74	0,089	4
Joutseno	80	0,07	5
Kaukas	76	-	6
Kemi	82	-	4
Kemijärvi	78	< 0,1	3
Kymi SK1	77	-	3
Kymi SK2	77	-	3
Oulu	70	< 0,1	4
Rauma	78	0,05	4
Sunila SK10	80	0,06	4
Sunila SK11	80	0,06	3
Tervasaari	68	< 0,1	3
Varkaus	75	0,1	3
Pietarsaari	82	0,07	7
Äänekoski	75	0,1	4
KESKIARVO	76	0,08	4

6.2 Soodakattiloiden ilmapäästöt

Alla ovat tiedot tehtaiden ympäristöhallinnon VAHTI-tietojärjestelmään raportoiduista soodakattiloiden ilmapäästöistä vuodelta 2007 sekä onko tehtaalla käytössä jatkuvatoiminen mittaus. Pietarsaaren ilmapäästöt sekä laskuissa käytetty tuotanto ovat vuodelta 2008. Oulun NO_x (t/a) sisältää koko sellutehtaan päästöt vuodelta 2007.

6.2.1 NO_x, SO_x, TRS ja Hiukkaset

Taulukko 5. Typen oksidit, rikin oksidit, TRS ja hiukkaset

Tehdas	Jatkuvatoiminen mittaus ¹	NO _x (t/a)	SO _x (t/a)	TRS (t/a)	Hiukkaset (t/a)
Enocell	SO ₂	545,0	21,0	3,0	166
Imatra SK5	SO ₂ , TRS	416,0	10,1	2,8	46
Imatra SK6	SO ₂ , TRS	749,0	10,2	5,8	82
Joutseno	SO ₂ , TRS, NO _x , Hiukkaset	884,2	-	-	-
Kaukas	SO ₂ , TRS, NO _x , Hiukkaset	936,0	12,0	23,0	271
Kemi	SO ₂ , TRS, NO _x	965,1	33,2	21,9	35
Kemijärvi		352,6	14,2	0,8	6
Kymi SK1	TRS, NO _x , SO ₂	198,4	37,2	4,7	37
Kymi SK2	TRS, NO _x , SO ₂	526,3	16,4	11,0	63
Oulu	SO ₂ , TRS, Hiukkaset	462,0 ²	17,1	5,1	53
Rauma	SO ₂ , TRS, NO _x (Hiukkaset)	677,0	150	0,3	155
Sunila SK10	SO ₂ , TRS Hiukkaset	228,6	12,9	1,6	223
Sunila SK11	SO ₂ , TRS Hiukkaset	364,0	1,9	0,8	202
Tervasaari		165,0	11,7	55,7	226
Varkaus	SO ₂ , TRS, Hiukkaset	300,0	25,6	4,3	96
Pietarsaari ¹	SO ₂ , TRS, NO _x , Hiukkaset	747 ³	23 ³	0,5 ³	98 ³
Äänekoski	SO ₂ , TRS, NO _x , Hiukkaset	641,1	88,1	6,5	326

¹ Tiedot raportista: [Suomen Soodakattilayhdistys ry, Soodakattilan päästömittausten menetelmät](#) Pekka Jussila, Pöyry Forest Industry Oy ja Soodakattilayhdistyksen Automaatiotyöryhmä (16A0913-E0086) 14.6.2007.

² Metsäteollisuus ry:n vuositilasto, koko sellutehdas

³ tiedot vuodelta 2008

6.2.2

CO₂

Taulukko 6. Hiilidioksidi

Tehdas	CO₂ (foss) (t/a)	CO₂ (bio) (t/a)
Enocell	36 095	1 080 982
Imatra SK5	5 275	699 028
Imatra SK6	2 168	1 462 826
Kaukas	9 200	1 457 700
Kemi	9 575	1 279 815
Kemijärvi	9 756	452 631
Kymi SK1	6 014	284 399
Kymi SK2	7 866	690 938
Oulu	6 604	985 568
Rauma	13 822	1271607
Sunila SK10	2 516	326 661
Sunila SK11	3 221	408 736
Tervasaari	28 077	385120
Varkaus	2 093	369 600
Pietarsaari¹	7 877 ¹	1 554 530 ¹
Äänekoski	19 179	821 932

¹ tiedot vuodelta 2008

6.3 Soodakattiloiden NO_x-päästöt

Taulukossa 7 on esitetty kyselyyn vastanneiden tehtaiden soodakattiloiden sellutonnin kohti aiheutuvat NO_x-päästöt ilmaan vuonna 2007 sekä onko tehtaalla käytössä jatkuvatoiminen NO_x-mittaus. Oulun luvussa on mukana koko tehdas. Pietarsaaren tuotanto ja päästöt ovat vuodelta 2008.

Taulukko 7. Soodakattiloiden NO_x- päästöt (2007) ja vuosittainen tuotanto 2007

Tehdas	Tuotanto 2007	Jatkuvatoiminen mittaus ¹	NO _x (t)	NO _x (kg) / Adt
Enocell	470 000	ei ole	545	1,16
Imatra	967 000	X	1165	1,20
Joutseno	583 000	X	884	1,52
Kaukas	720 000	X	936	1,30
Kemi	550 000	X	956	1,75
Kemijärvi	194 000		353	1,82
Kymi SK1	168 000	X	199	1,18
Kymi SK2	335 000	X	526	1,57
Oulu	343 000	ei ole	462 ²	1,35 ²
Rauma	519 000	X	677	1,30
Sunila	370 000	ei ole	593	1,60
Tervasaari	208 000		165	0,79
Varkaus	192 000	ei ole	300	1,56
Pietarsaari ³	713 000 ³	X	747 ³	1,05 ³
Äänekoski	462 000	X	641	1,39
KESKIARVO	456 000			1,37

¹ Tiedot raportista: [Suomen Soodakattilayhdistys ry. Soodakattilan päästömittausten menetelmät](#) Pekka Jussila, Pöyry Forest Industry Oy ja Soodakattilayhdistyksen Automaatiotyöryhmä (16A0913-E0086) 14.6.2007.

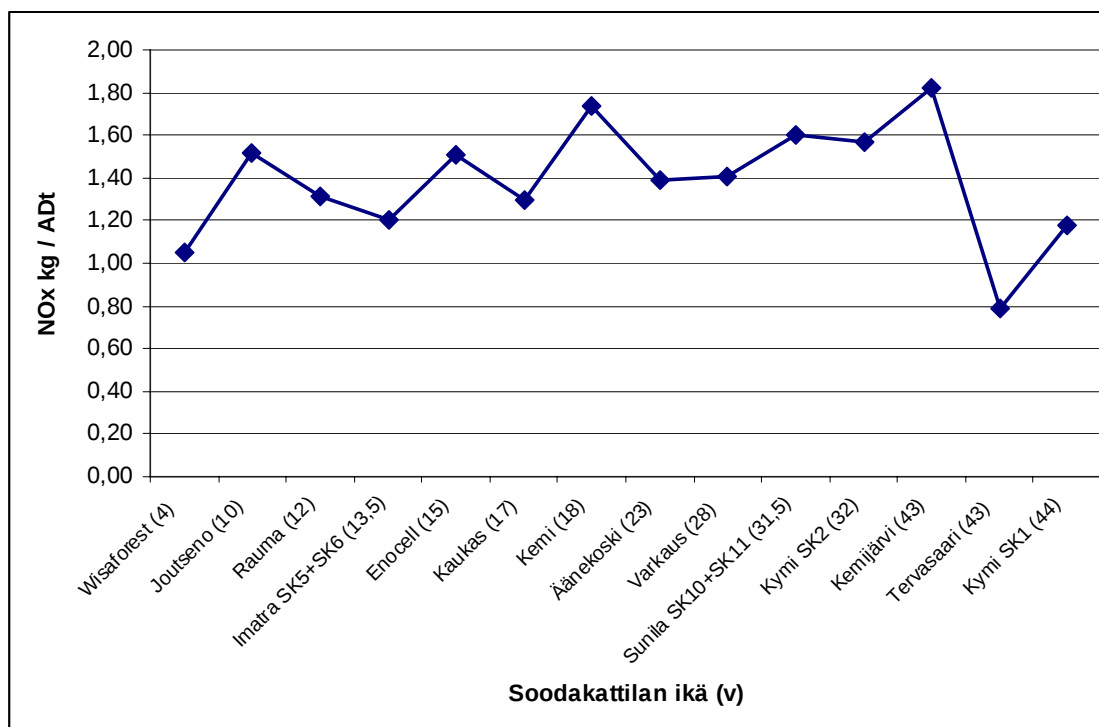
² Metsäteollisuus ry:n vuositilasto, koko sellutehdas

³ tiedot vuodelta 2008

6.3.1 NO_x-kuvaajat

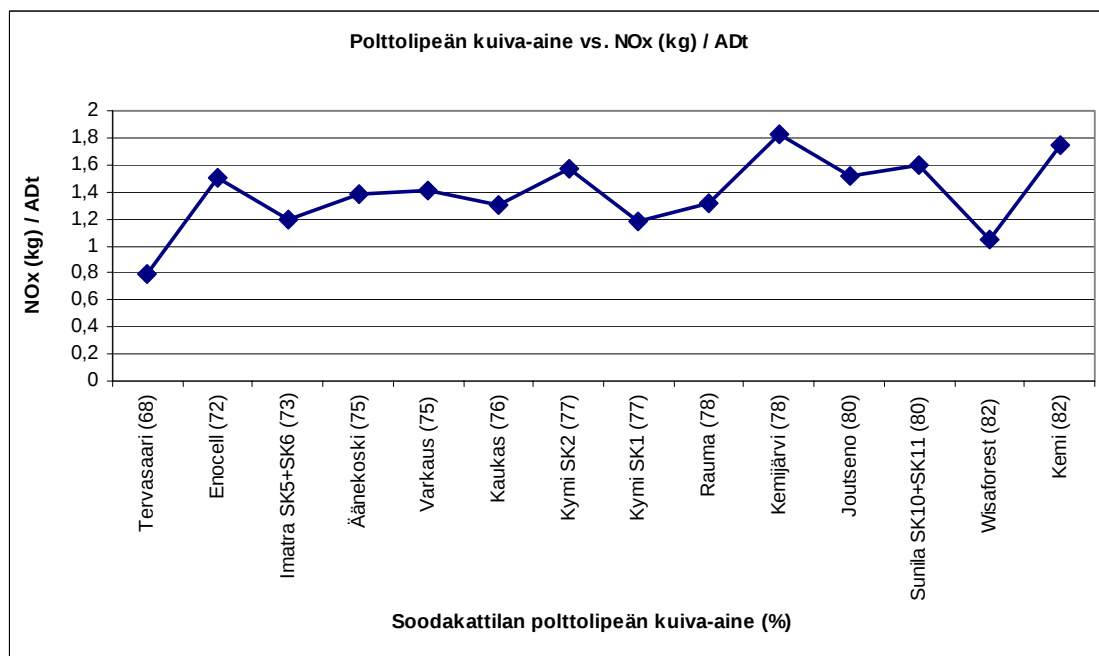
Kuvassa 3 on esitetty soodakattiloiden sellutonnin kohti tuottamat NO_x-päästöt verrattuna soodakattilan ikään alkaen uusimmasta soodakattilasta Wisaforest Pietarsaari (vuonna 2008 4 vuotta vanha).

Vertailun helpottamiseksi Imatran ja Sunilan soodakattiloiden kohdalla käytettiin kahden soodakattilan keskiarvoa, koska näiden tehtaiden kohdalla ei ollut saatavilla tietoa kummankin soodakattilan tuotannosta, vaan koko sellutehtaan tuotanto. Tämä toistuu kaikissa kuvissa 3, 4, 5, 6 ja 7.



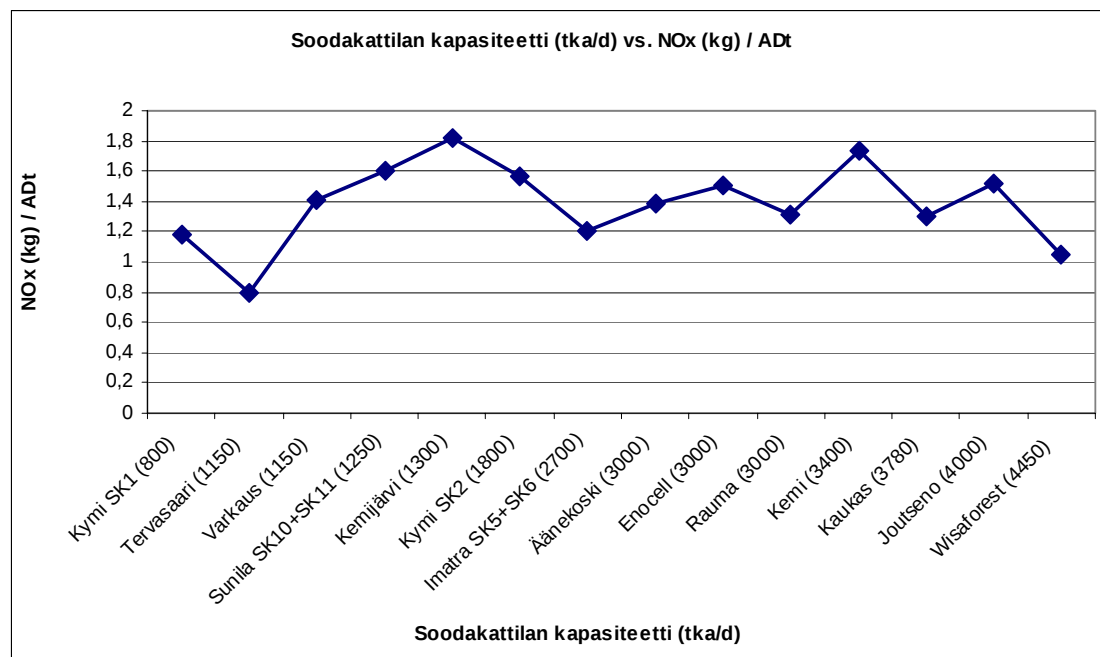
Kuva 3. Soodakattilan ikä ja NO_x-päästöt

Kuvassa 4 on esitetty soodakattiloiden sellutonnaia kohti tuottamat NO_x-päästöt verrattuna soodakattilan käyttämän polttoliipeän kuiva-aineeseen (%). Soodakattilat ovat x-akselilla polttoliipeän kuiva-aineen suhteen kasvavassa järjestyksessä.



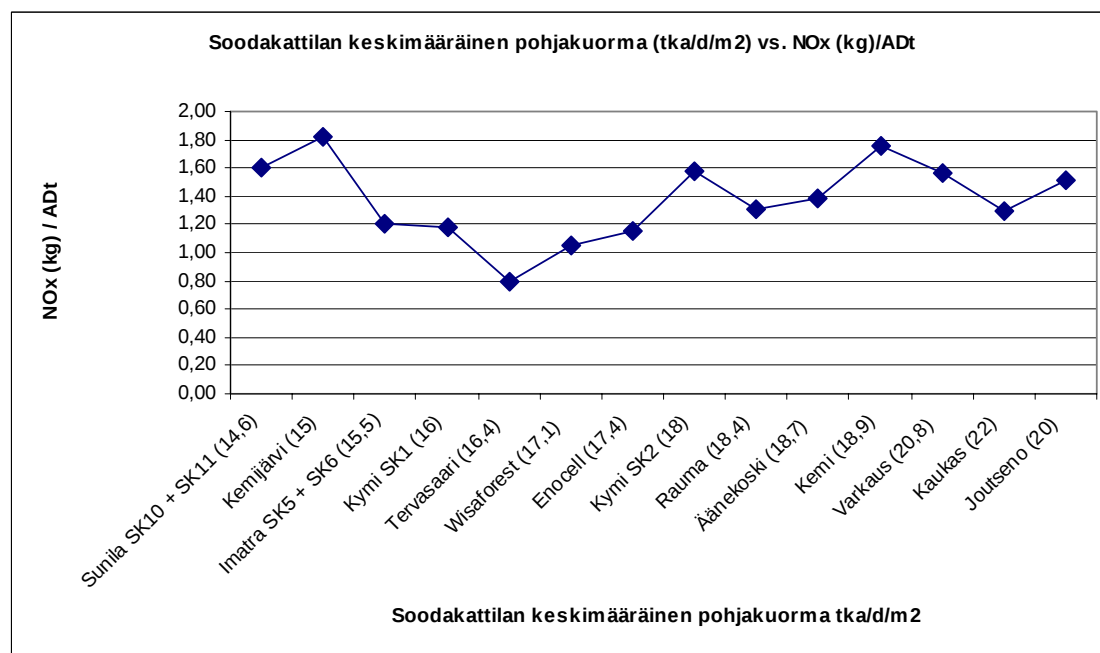
Kuva 4. Soodakattilan käyttämän polttoliipeän kuiva-aine ja NO_x-päästöt

Kuvassa 5 on esitetty soodakattiloiden sellutonnaia kohti tuottamat NO_x -päästöt verrattuna soodakattilan lipeän polttokapasiteettiin (tka/d). Soodakattilat ovat kapasiteetin suhteen kasvavassa järjestyksessä x-akselilla.



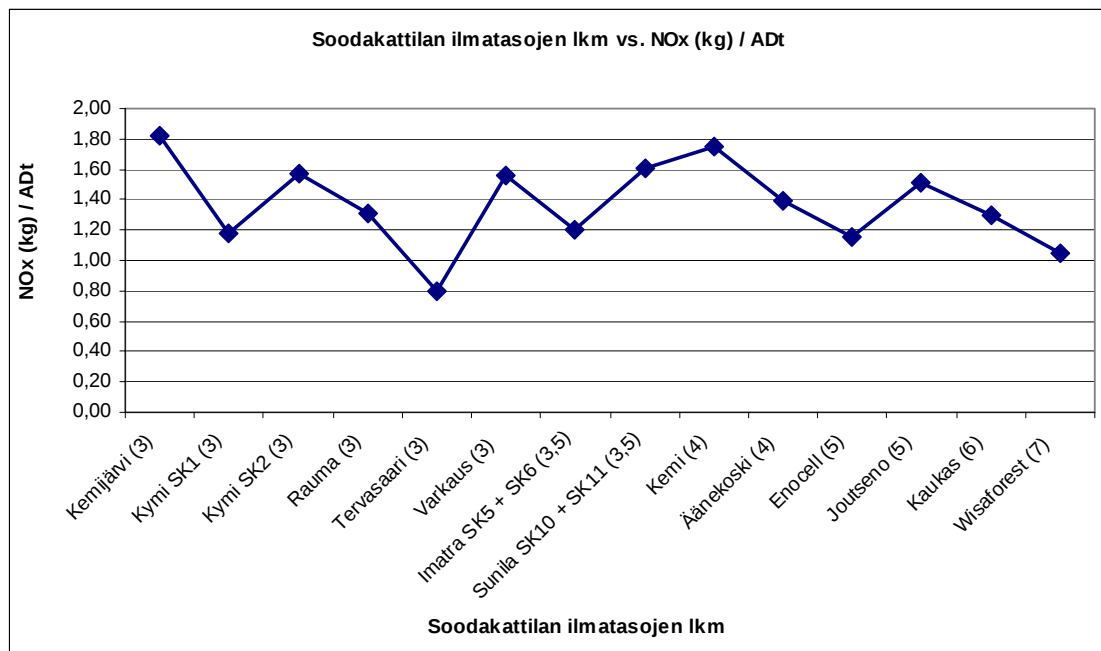
Kuva 5. Soodakattiloiden kapasiteetit ja NO_x -päästöt

Kuvassa 6 on esitetty soodakattiloiden sellutonnaia kohti tuottamat NO_x -päästöt verrattuna soodakattiloiden keskimääräiseen pohjakuormaan (tka/d/m^2). Soodakattilat ovat kuvan x-akselilla pohjakuorman suhteen kasvavassa järjestyksessä. Imatran ja Sunilan soodakattiloiden kohdalla kummallekin tehtaalle laskettiin kahden soodakattilan keskiarvo, jota verrataan kummankin soodakattilan tuottamaan NO_x -päästömäärään.



Kuva 6. Soodakattiloiden keskimääräiset pohjakuormat ja NO_x -päästöt

Kuvassa 7 on esitetty soodakattiloiden sellutonnaia kohti tuottamat NO_x -päästöt verrattuna soodakattiloissa käytettyjen ilmasojen lukumäärään. Imatran ja Sunilan soodakattiloiden kohdalla laskettiin kummallekin ilmasojen lukumäärän keskiarvo, jota verrataan kahden soodakattilan tuottamaan NO_x -päästöön. Teoriassa ilmasojen lukumäärän kohotessa NO_x -päästöjen syntymistä voidaan pienentää.



Kuva 7. Soodakattiloiden ilmasojen lukumäärät ja NO_x -päästöt

7

YHTEENVETO

Euroopan Unionin sekä EU maiden teollisuuden yhdessä muodostaman BREF-asiakirjan paperi- ja selluteollisuudelle mukaan BAT-asetus (Best Available Techniques) NO_x -päästöissä moderneille sellutehtaille on 1,0 – 1,5 NO_x (kg) / ADt./2, s.141/. Tämä luku pitää sisällään myös meesauunin sekä mahdollisesti muiden prosessiin liittyvien uunien ilmanpäästöt.

Raportissa esiintyvien soodakattiloiden ilmaan vapautuvan NO_x -määrän keskiarvo tuotettua sellutonnaia kohti on 1,37 kg NO_x / ADt. Tätä voidaan pitää melko korkeana lukema verrattuna BAT referenssi arvoon 1,0 – 1,5 kg NO_x / ADt, sillä raportissa tehtaiden NO_x -päästöarvot sisältävät pelkästään soodakattilan aiheuttamat NO_x -päästöt (lukuun ottamatta Oulun päästöarvoa, joka on koko tehtaan päästöarvo).

LÄHTEET

1. Metsäteollisuus ry. <http://www.metsateollisuus.fi/>
2. BAT Reference document BREF for the Pulp and Paper Industry. Saatavilla EIPPCB:n internet sivuilta osoitteesta: <http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm>
3. Juvonen, Tuukka. (2004) Mustalipeän polttomenetelmät Suomen soodakattiloissa, Suomen Soodakattilayhdistys r.y.
4. Yuan, Dr. Jerry J.W. (1999) Prediction of NO_x Emissions in Recovery Boilers – An Introduction to NO_x Module
5. Vakkilainen, Esa K. (2005) Kraft Recovery Boilers – Principles and Practice. Suomen Soodakattilayhdistys r.y.
6. Wikipedia. http://en.wikipedia.org/wiki/Selective_catalytic_reduction
7. Hupa, Mikko. (2005) Nitrogen oxide emissions from pulp mills and the factors affecting them – a summary of the current knowledge, Åbo Akademi University

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS RY
RAPORTTISARJA

- 1/2009 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Konemestaripäivä 22.1.2009, esitelmät
Sokos Hotel Vaakuna, Kouvola/UPM Kymmene Oyj, Kymin tehdas, Kuusankoski
(16A0913-E0099) 22.1.2009
- 2/2009 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattila-alan yhteistoiminta
Vuosikertomus 2008
(16A0913-E0100) 2.4.2009
- 3/2009 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Pöytäkirja. Vuosikokous 2.4.2009, Pöyry Industry Oy, Vantaa
(16A0913-E0101) 16.4.2009
- 4/2009 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattilan keon lämmönsiirto-ominaisuudet – Kirjallisuuskatsaus
Lappeenrannan Teknillinen Yliopisto, Professori Esa Vakkilainen
(16A0913-E0102) 30.12.2008
- 5a/2009 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Utveckling och användning av en korttidssond vid mätningar av överbäring
i sodapannor
Åbo Akademi, Niklas Vähä-Savo
(16A0913-E0103) 25.9.2009
- 5b/2009 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Minuuttisondi-projekti
Åbo Akademi, Niklas Vähä-Savo
(16A0913-E0104) 25.9.2009
- 6/2009 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Sähkösuodintuhkan puhdistus. Osa IV
Prosessin koeajo tehdaskaltaisella laitteistolla
Sirra, KCL, Kurt Sirén
(16A0913-E0105), 13.10.2009
- 7/2009 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattilapäivä 29.10.2009
Sokos Hotel Flamingo, Vantaa
(16A0913-E0106)
- 8/2009 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Muutosilmiöt soodakattilakeossa
Lappeenrannan Teknillinen Yliopisto, Tanja Pentisaari
(16A0913-E0107), 5.11.2009

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS RY
RAPORTTISARJA

- 1/2010 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Konemestaripäivä 11.2.2010, esitelmät
Scandic Oscar Varkaus/Stora Enso Oyj, Varkauden tehdas
(16A0913-E0108) 29.1.2010
- 2/2010 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Once-through and reheater recovery boiler – concept studies
Lappeenranta University of Technology
Faculty of Technology. Departement of Energy Technology
Esa Vakkilainen, Juha Kaikko, Marcelo Hamaguchi
(16A0913-E0110) 17.3.2010
- 3/2010 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Emäveden jatkokäsittely
Kurt Sirén, Sirra T:mi
(16A0913-E0111) 15.3.2010
- 4/2010 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Seisokin vaativat määräaikaistestaukset soodakattiloilla
Mauri Heikkinen, Pöyry Finland Oy
(16A0913-E0112) 15.3.2010
- 5/2010 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattila-alan yhteistoiminta
Vuosikertomus 2009
(16A0913-E0113) 14.4.2010
- 6/2010 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Pöytäkirja. Vuosikokous 14.4.2010, Scandic Jyväskylä, Jyväskylä
(16A0913-E0114) 5.5.2010
- 7/2010 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Hajukaasujen polttosuosituksen päivitykseen liittyvä selvitys
Markku Pekkanen, Raimo Nieminen, Tuomas Lehtinen; Pöyry Industry Oy
(16A0913-E0115) 3.7.2009
- 8/2010 Suomen Soodakattilayhdistys ry
NOx-päästöt soodakattilasta
Puu-127.4050 Ympäristötekniikan erikoistyö
Andreas Lindberg, Teknillinen Korkeakoulu, Puunjalostustekniikan osasto
(16A0913-E0116) 15.6.2010