



SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS
FINNISH RECOVERY BOILER COMMITTEE

Suomen Soodakattilayhdistys ry

**Soodakattiloiden päästölaskelmien
tehdaskartoitus
26.2.2001**

**Jaakko Pöyry Oy
Lehtinen Markku**

Raportti 4/2001

SOODAKATTILOIDEN PÄÄSTÖLASKELMIEN TEHDASKARTOITUS

Sisältö	1	Yleistä
	2	Soodakattilat
	3	Vertailu
	4	Yhteenveto
Liitteet	I	Yhteenveto
	II	Ohje soodakattilan päästöjen laskentaan

1 YLEISTÄ

Kartoituksessa on verrattu kolmen sellutehtaan soodakattiloiden päästölaskentamenetelmiä. Vertailtavat tehtaat ovat UPM-Kymmene Oyj Pietarsaaren tehtaat, Oy Metsä-Botnia Ab Kemin sellutehdas ja Stora Enso Fine Papers Oy, Varkauden sellutehdas. Vertailu perustuu tehtailta saatuihin aineistoon.

2 SOODAKATTILAT

Alla olevassa taulukossa on esitetty kartoituksessa mukana olevien tehtaiden soodakattiloiden perustiedot.

	Kapasiteetti tka/vrk	Kuiva-aine pitoisuus %	Käyttöön- ottovuosi	Valmistaja	Pesuri
Kemi	2700	83-86	1990	Tampella	On
Pietarsaari					
SK1	1000	75-78	1962	BW	On
SK2	2000	75-78	1977	AA	On
Varkaus	1000	73-76	1980	AA	Ei ole

3 VERTAILU

Kaikissa kolmessa tehtaassa menetelmät poikkeavat toisistaan. Liitteessä I on yhteen-veto menetelmistä.

3.1 SO₂

SO₂ päästöjä mitataan jatkuvatoimisella mittarilla Varkauden ja Pietarsaaren tehtailla. Kemin tehtaalla päästö lasketaan mitattujen pitoisuuksien ja savukaasuvirtausten kes-kiarvon mukaan. Päästökertoimet on esitetty liitteessä I.

Varkaudessa jatkuvatoiminen mittaus otettu käyttöön 1.10.1999. Mittauksen ollessa pois käytöstä lasketaan päästö kattilaan syötetyn energiamäärän ja ominaispäästöker-toimen perusteella.

Pietarsaassa otetaan soodakattiloita näytettä ½ tuntia per kattila. Savukaasuvirtaus lasketaan lipeävirtauksen perusteella.

3.2 TRS

TRS-päästö mitataan kaikilla vertailussa mukana olevilla tehtailla.

Varkaudessa jatkuvatoiminen mittaus otettu käyttöön 1.10.1999. Mittauksen ollessa pois käytöstä lasketaan päästö kattilaan syötetyn energiamäärän ja ominaispäästökertoimen perusteella.

Pietarsaassa otetaan soodakattiloita näytettä $\frac{1}{2}$ tuntia per kattila. Savukaasuvirtaus lasketaan lipeävirtauksen perusteella.

3.3 NO_x

NO_x päästö lasketaan Kemissä ja Varkaudessa.

Varkaudessa NO_x päästö lasketaan kattilaan syötetyn energiamäärän ja ominaispäästökertoimen perusteella.

MB Kemin tehtaalla lasketaan kattilaan syötetyn energiamäärän ja päästökertoimen 75 mg NO₂/MJ perusteella.

Pietarsaassa soodakattiloiden NO_x päästö lasketaan polttoainevirran ”mukaan annettulla” tai mitatun ominaispäästökertoimen avulla. Typen oksideja mitataan kerran vuodessa noin kahden viikon jakso.

3.4 Pöly

Varkaudessa pölypäästö lasketaan normaaliajotilanteen päästökertoimella kg/h kertaa käyntiaika. Häiriöajalle on oma päästökerroin.

MB Kemissä pölypäästö lasketaan mittaustulosten keskiarvosta.

Pietarsaassa pölypäästö mitataan kerran vuodessa SFS 3866 mukaan. Loppuvuosi arvioidaan tämän mittauksen perusteella.

3.5 CO₂

Varkaudessa CO₂ päästö biopolttoaineilla lasketaan kattilaan syötetyn energiamäärän ja ominaispäästökertoimen t/GJ perusteella.

MB Kemin tehtaalla lasketaan kattilaan syötetyn energiamäärän ja päästökertoimen 110 g CO₂/MJ perusteella.

4

YHTEENVETO

Kartoituksessa mukana olevilla tehtailla ei määritetä päästöjä yhtenevästi. Soodakattilayhdistys julkaisi 1997 ohjeen soodakattilan päästöjen laskentaan, jotta kaikkien Suomen soodakattiloiden päästöt laskettaisiin samalla tavalla ja näin ollen tulokset olisivat vertailukelpoisia. Ohje liitteenä II.

Kartoituksen perusteella voidaan olettaa, että Suomen sellutehtailla on vaihtelevat käytännöt soodakattiloiden päästöjen laskennassa. Soodakattilayhdistys suosittaa, että päästöjen laskennassa käytetään yhdistyksen julkaisemaa ohjetta.

LIITE I

SOODAKATTILAN PÄÄSTÖLASKENTAVERTAILU

Soodakattilan päästölaskenta vertailu

	Storaenso Varkaus	MB Kemi	UPM-Kymmene Pietarsaari
SO2	Jatkuvatoiminen mittaus alkaen 1.10.1999 Vanha laskentamalli Kattilaan syötetty energiamäärä MJ * (100-häiriöaika%) * normaalin ajotilanteen ominaispäästökerroin, 5 mg/MJ + Kattilaan syötetty energiamäärä MJ * häiriöaika% * häiriöajan ajotilanteen ominaispäästökerroin, 100 mg/MJ	SK1 130m³n/s*60*60*8314/10E9* 15 mg/m³n = 58,4 t SO2/a Ominaispäästökerroin 15 mg/m³n	Jatkuvatoiminen, näytettä 1/2 h per kattila
TRS	Jatkuvatoiminen mittaus alkaen 1.10.1999 Vanha laskentamalli Kattilaan syötetty energiamäärä MJ * (100-häiriöaika%) * normaalin ajotilanteen ominaispäästökerroin, 3 mg/MJ + Kattilaan syötetty energiamäärä MJ * häiriöaika% * häiriöajan ajotilanteen ominaispäästökerroin, 10 mg/MJ	Mittaus	Jatkuvatoiminen, näytettä 1/2 h per kattila
NOx	Kattilaan syötetty energiamäärä MJ * ominaispäästökerroin, 80 mg/MJ	Syötetyn energiamäärän perusteella SK-1 päästökerroin 75 mg NO2/MJ	Syötetyn energiamäärän perusteella lasketaan päästökertoimella.
Pöly	SK:n käyntiaika, h-(ss1, ss2, ss3 häiriöajat yht.) * norm. ajotilanteen päästökerroin 18 kg/h + (ss1, ss2, ss3 häiriöajat yht.)* häiriö- ajan päästökerroin, 50 kg/h	Mittautulosten keskiarvon perusteella	Kerran vuodessa SFS 3866 mukaan. Loppuvuosi arvioidaan sen perusteella
CO2	fossiiliset: Öljymäärä, t * tehol. lämpöarvo, GJ/t * ominaispäästökerroin, t/GJ bio: Kattilaan syötetty energiamäärä MJ * ominaispäästökerroin, t/GJ Savukaasumäärä perustuu kattila- toimittajan tekemään laskentasoitteeseen, jossa muuttujina höyryntuotto ja poltto- lipeän kuiva-aine. Laskentaa verrataan manuaalisiin pitot-putkimittauksiin vähintään kerran vuodessa.	Syötetyn energiamäärän perusteella SK-1 päästökerroin 110 g CO2/MJ	Savukaasuvirta lasketaan lipeävirran perusteella

LIITE II

OHJE SOODAKATTILAN PÄÄSTÖJEN LASKENTAAN

60V00924-002

Suomen Soodakattilayhdistys ry, Ympäristötyöryhmä

Ohje soodakattilan päästöjen laskentaan

1 YLEISTÄ

Suomen Soodakattilayhdistyksen jäsenistön piirissä on todettu tarvetta yhtenäisen päästöjen laskentaohjeen laatimiseksi. Tällä ohjeella on tarkoitus yhdenmukaistaa tehtaiden ja mittaajien laskentatavat, jotta kaikkien Suomen soodakattiloiden päästöt laskettaisiin samalla tavalla ja tulokset olisivat vertailukelpoisia.

2 LASKENTAPERUSTEET

Soodakattilan päästöjen laskennassa käytetään seuraavia perusteita:

- lämpöarvona käytetään mustalipeän ylemmää, kalorimetristä lämpöarvoa (kohta 3.1)
- yksikkönä käytetään mg/MJ
- ilmoitettaessa päästöt pitoisuuksina, suositellaan, että pitoisuudet ilmoitetaan kuivissa kaasuissa ja redusoituna 3 % (til) happipitoisuuteen kuivissa kaasuissa
- NO_x-päästöt ilmoitetaan NO₂:na
- pelkistyneet rikkiyhdisteet (TRS) suositellaan ilmoitettavan rikiksi (S) laskettuna
- rikkidioksidipäästöt ilmoitetaan SO₂:na
- ppm:llä tarkoitetaan tilavuuden miljoonasosaa

3 PÄÄSTÖJEN LASKENTA

3.1 Ominaispäästö (mg/MJ)

Ominaispäästö voidaan laskea seuraavasta kaavasta:

$$q_o = C_m * n * k * Q_s$$

jossa

- q_o = ominaispäästö mg/MJ
- C_m = mitattu pitoisuus kuivassa kaasussa mg/m³n
- n = happikorjaus
- k = polttoaineen kosteudesta aiheutuva kerroin
- Q_s = polttoaineen palamisessa syntyvä kuiva savu-
kaasumäärä polttoaineen ylem্পää lämpöarvoa kohden
m³n/MJ (mustalipeällä 0.24 m³n/MJ, perustuu
suomalaisen kattilatoimittajan laajaan tietokantaan)

$$n = \frac{20.9}{20.9 - O_{2, \text{mitt}}}$$

Happikorjaus n voidaan laskea seuraavalla kaavalla:

jossa

$O_{2, \text{mitt}}$ = mitattu happipitoisuus kuivissa savukaasuissa, til-%

$$k = \frac{HHV}{H_u - H_w}$$

Kosteudesta johtuva kerroin k lasketaan yhtälöllä

jossa

HHV = kuiva-aineen ylempi eli kalorimetrinen lämpöarvo,
MJ/kg

$$H_u = HHV - \frac{2.443 * 9 * H}{100}$$

$$H_w = \frac{H}{\text{mustalipeän kuiva-aineen vetypitoisuus, m-\%}}$$

= kosteuden haihduttamiseen kuluva lämpömäärä, MJ/kg (kuiva-aine kiloa kohti)

Seuraavasta taulukosta saadaan H_w . Taulukko on esitetty käyrämuodossa liitteessä 2.

Polttoaineen kuiva-aine %	H_w MJ/kg
95	0.129
90	0.271
85	0.431
80	0.611
75	0.814
70	1.047
65	1.315
60	1.629
55	1.999

3.2 Mittaustulosten redusointi toiseen olotilaan

Seuraavalla kaavalla voidaan muuttaa mitattu pitoisuus (ppm tai mg/m³n) haluttuun O₂- pitoisuuteen.

$$C_{red} = C_m \frac{20.9 - O_{2,red}}{20.9 - O_{2,mitt}}$$

jossa

$$\begin{aligned} C_{red} &= \text{haluttu pitoisuus} \\ C_m &= \text{mitattu pitoisuus} \end{aligned}$$

Seuraavalla kaavalla voidaan muuttaa pitoisuus (ppm tai mg/m³n) kuivista

kaasuista kosteisiin kaasuihin:

$$C_{kost} = \frac{C_{kuiva} * (100 - f)}{100}$$

jossa

$$\begin{aligned} C_{kost} &= \text{pitoisuus kosteissa savukaasuissa (mg/m}^3\text{n tai ppm)} \\ C_{kuiva} &= \text{pitoisuus kuivissa savukaasuissa (mg/m}^3\text{n tai ppm)} \\ f &= \text{savukaasun kosteus tilavuusprosentteina} \end{aligned}$$

Liitteessä 1 on esitetty esimerkkilaskuja tässä ohjeessa esitetyillä kaavoilla.

3.3 Muunnoskertoimet

Seuraavassa on esitetty sekä rikki- että typpidioksidin muunnoskertoimet (SFS 6690):

$$1 \text{ ppm SO}_2 = 2.926 \text{ mg (SO}_2\text{)/m}^3\text{n}$$

$$1 \text{ ppm NO}_2 = 2.053 \text{ mg (NO}_2\text{)/m}^3\text{n}$$

Vakuudeksi

Sauli Purho
Puheenjohtaja
Ympäristötyöryhmä Energia-Ekono Oy

Mika Salo
Suunnitteluinsinööri

Liitteet:

1. Esimerkkilaskelmat
2. Kosteuden haihduttamiseen kuluva lämpömäärä, H_w , MJ/kg (kuiva-aine kiloa kohti), käyrä

Esimerkki 1, ominaispäästön laskeminen

- mitattu pitoisuus kuivassa savukaasussa on 120 mg/m³n
- mitattu happipitoisuus kuivassa savukaasussa on 6 til-%
- kuiva-ainepitoisuus mustalipeässä on 70 %
- mustalipeän kuiva-aineen vetypitoisuus on 3.4 m-%
- mustalipeän kuiva-aineen ylempi, kalorimetrinen lämpöarvo on 12.75 MJ/kg

Happikorjaukseksi saadaan:

$$n = \frac{20.9[\%]}{20.9[\%] - 6[\%]} = 1.40$$

Polttoaineen kosteudesta johtuvaksi kertoimeksi saadaan:

$$H_u = 12.75 [MJ/kg] - \frac{2.443 * 9 * 3.4}{100} [MJ/kg] = 12.00$$

- lipeän kuiva-aine on 70 % --->H_w=1.047

Näin voidaan laskea ominaispäästö

$$q_0 = 120[mg/ m^3 n] * 1.40 * 1.164 * 0.24[m^3 n/MJ] = 47 mg/MJ$$

$$k = \frac{12.75[MJ/kg]}{12.00[MJ/kg] - 1.05[MJ/kg]} = 1.164$$

Esimerkki 2, mittaustulosten redusointi

- mitattu pitoisuus kuivassa savukaasussa on $120 \text{ mg/m}^3 \text{ n}$
- mitattu happipitoisuus kuivassa savukaasussa on 6 til-%
- halutun arvon happipitoisuus on 10 til-%
- savukaasun kosteus 10 til-%

Muutetaan pitoisuus ensin O_2 -pitoisuuden perusteella

$$C_{red} = 120[\text{mg}/\text{m}^3 \text{ n}] * \frac{20.9[\%] - 10[\%]}{20.9[\%] - 6[\%]} = 88 \text{ mg}/\text{m}^3 \text{ n}$$

Muutetaan pitoisuus kosteaan kaasuun

$$C_{kost} = \frac{88[\text{mg}/\text{m}^3 \text{ n}] * (100 - 10)[\%]}{100[\%]} = 79 \text{ mg}/\text{m}^3 \text{ n}$$

Esimerkki 3, päästölaskenta

- mitattu pitoisuus 90 ppm NO₂
- mitattu O₂-pitoisuus 5 til-%
- haluttu O₂-pitoisuus 3 til-%
- mitatut arvot ovat kuivissa kaasuissa
- lipeän kuiva-ainepitoisuus on 70 %
- lipeän kuiva-aineen vetypitoisuus on 3,4 m-%
- lipeän ylempi, kalorimetrinen lämpöarvo on 12.75 MJ/kg

Muutetaan ppm arvo mg/m³n:ksi

$$90 \text{ ppm NO}_2 = 90[\text{ppm}] * 2.053[\text{mg (NO}_2\text{) / m}^3 \text{ n, ppm}] = 185 \text{ mg (NO}_2\text{) / m}^3 \text{ n}$$

Lasketaan ominaispäästö mg/MJ

$$n = \frac{20.9[\%]}{20.9[\%] - 5[\%]} = 1.31$$

Pitoisuus halutussa 3 til-%:n O₂ -pitoisuudessa kuivassa kaasussa

$$C_{red} = 185[\text{mg (NO}_2\text{) / m}^3 \text{ n}] \frac{20.9[\%] - 3[\%]}{20.9[\%] - 5[\%]} = 208 \text{ mg (NO}_2\text{) / m}^3 \text{ n (3 til - \% O}_2\text{)}$$

$$H_u = 12.75 [\text{MJ/kg}] - \frac{2.443 * 9 * 5.4}{100} [\text{MJ/kg}] = 12.00$$

$$k = \frac{12.75[\text{MJ/kg}]}{12.00[\text{MJ/kg}] - 1.05[\text{MJ/kg}]} = 1.164$$

$$q_0 = 185[\text{mg (NO}_2\text{) / m}^3 \text{ n}] * 1.31 * 1.164 * 0.24[\text{m}^3 \text{ n/MJ}] = 68 \text{ mg/MJ}$$

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS RY
RAPORTTISARJA

- 1/2000 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Konemestarip@iv@ 2000, 26.-27.1.2000
Imatran Valtionhotelli/Joutseno Pulp, esitelm@t
16A0913-65, 00-A221-6A/E12
- 2/2000 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Jaakko Pöyry Oy, Pekkanen Markku
Soodakattilassa poltettavat ainevirrat
19.1.2000
16A0913-66, 00-A221-16A/E13
- 3/2000 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Jaakko Pöyry Oy, Jussila Pekka
Savukaasuanalysaattorikartoitus
23.3.2000
16A0913-68, 00-A221-16A/E14
- 4/2000 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattila-alan yhteistoiminta. Vuosikertomus 1999
16A0913-73, 00-A221-16A/E15
20.3.2000
- 5/2000 Suomen Soodakattilayhdistys ry
VTT Energia, Paterson McKeough
Rikkiyhdisteiden vapautuminen mustalipeän haihdutuksessa
Kokeet yhdellä mustalipeällä.
16A0913-78, 00-A221-16A/E16
23.3.2000
- 6/2000 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Lehtinen. M, BLRBAC kevätkokous; matkaraportti.
16A0913-82, 00-A221-16A/E17
25.4.2000
- 7/2000 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Vuosikokous 2000, 30.3.Oulu, Pöytäkirja
16A0913-85, 00-A221-16A/E18
- 8/2000 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattilapäivä 2000, 12.10.2000
Sokos Hotel Vantaa, esitelmät
16A0913-99, 00-A221-16A/E19

9/2000 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Merkintäsuositus turvallisuuteen liittyvissä
järjestelmissä
16A0913-103, 00-A221-16A/E20

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS RY RAPORTTISARJA

1/2001 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Konemestarip@iv@ 2001, 25.1.2001
Oy Metsä-Botnia Ab Äänekosken tehtaat/
hotelli Alexandra, Jyväskylä; esitelmät
16A0913-110, 00-A221-16A/E21

2/2001 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Kattilavuotojen valvonta ja ohjeistus
Karjunen, Timo
21.2.2001
16A0913-E0022

3/2001 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattilan uudet materiaalit –projekti
1. ja 2. väliraportti
TKK/ Saarinen Pekka, VTT/Hänninen Hannu, TKK/ Pohjanne Pekka
22.2.2001
16A0913-E0023

4/2001 Suomen Soodakattilayhdistys ry
Soodakattiloiden päästölaskelmien tehdaskartoitus
Jaakko Pöyry Oy/Lehtinen Markku
26.2.2001
16A0913-E0024