

**PIENHIUKKASET, PUHDISTUS JA
MITTAUKSET SOODAKATTILOIDEN JÄLKEEN
SKY_n YTR**

Juha Tolvanen

29/08/2007

POWER |

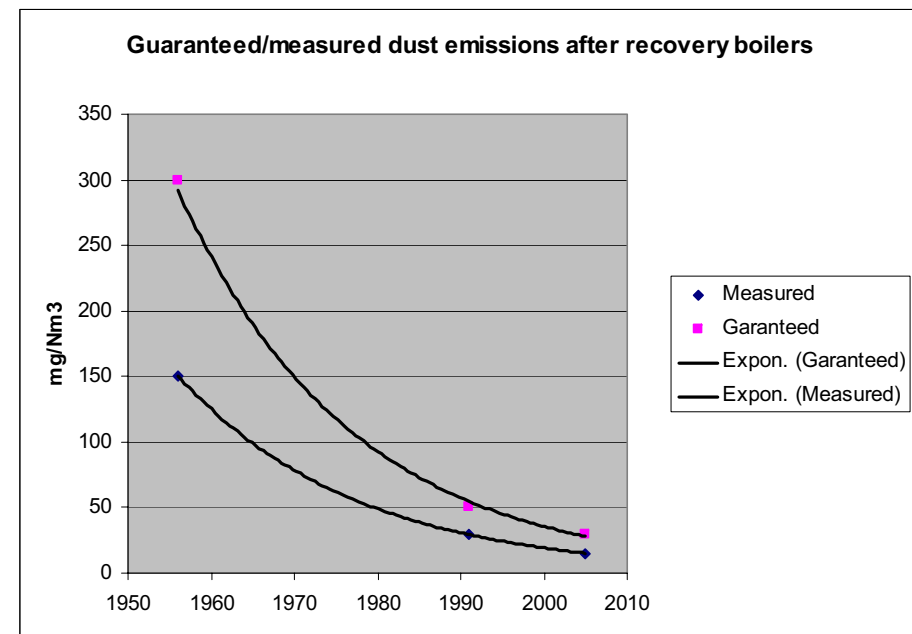
ALSTOM

PÖLYPÄÄSTÖJEN KEHITYS

KOHTI PIENEMPIÄ PÄÄSTÖJÄ

- Kehityspiirteitä:

- Pienenevät pölypäästöt kaikilla alueilla
- Kasvava kiinnostus pienhiukkasiin (PM 10).
- Ei vielä lainsäädäntöä.



2

3

4 (sähkökientien lkm)

PÄÄSTÖMITTAUKSET HIUKKASPÄÄSTÖILLE

TYYPILLISIÄ KÄYTÖSSÄ OLEVIA STD

Table 1. Determination of Particulate Matter (PM) emissions from stationary sources according to different standards (RH = relative humidity).

Standard	Year issued	Sampling Method	Filter pre-treatment temperature	Sample after-treatment temperature	Sampling temperature	Applicability Flue gas nature
SFS 3866	1990	OSS	110 °C	110 °C	120 °C – 150 °C	Dry / wet flue gas
		ISS	110 °C	110 °C	t_g	Dry flue gas
ISO 9096	1992	OSS	$110\text{ °C} + 10\text{ °C} > t_g$	110 °C	> above all dew point temperatures	Dry / wet flue gas
		ISS	$110\text{ °C} + 10\text{ °C} > t_g$	110 °C	t_g	$t_g >$ all dew point temperatures
SFS-EN 13284 ISO/EDIS 12141 ISO/EDIS 9096	2002	OSS	$180\text{ °C} + 20\text{ °C} > t_g$	160 °C	160 °C or higher	Dry / wet flue gas
		ISS	$180\text{ °C} + 20\text{ °C} > t_g$	160 °C	t_g	Dry flue gas
ISO 8178	1996	OSS	22 °C, RH 45±8 %	22 °C, RH 45±8 %	52	Dry / wet flue gas Special method
EPA Method 5	2000	OSS	20 °C or 105 °C	20 °C or 104 °C 1)	120 °C	Dry flue gas
EPA Method 5B	2000	OSS	160 °C	160 °C	160 °C	Dry / wet flue gas + particles without H ₂ SO ₄
EPA Method 17	2000	ISS	20 °C or 105 °C	20 °C or 104 °C 1)	t_g	Particular sources
EPA 201A	1992	ISS	20 °C or 105 °C	20 °C or 105 °C	t_g	PM 10
EPA Method 201	1996					Cyclone
EPA Method 202	1996	ISS	20 °C or 105 °C	20 °C or 105 °C	t_g	Condensibles (meas. at 0 °C after particle sampling)

OSS = Out-Stack Sampling

ISS = In-Stack Sampling

t_g = flue gas temperature

dry flue gas = temperature higher than flue gas temp.

Wet gas = e.g. after scrubber

1) Post treatment of rinsing at ambient temperature

ERI MITTAUSMETODIEN SOVELTUVUUS

- HUOMIOITAVAA: SÄHKÖSUODIN ON TARKOITETTU HIUKKASTEN POISTOON JA EROTUS TAPAHTUU AKTUAALIOLOSUHTEESSA
- OUT STACK SAMPLING-METODIT ANTAVAT TULOKSEN REFERENSSIOLOSUHTEESSA, ESIM EPA 5 120 c. TÄLLÖIN NÄYTEMÄÄRÄN MASSA SUURENEE JOHTUEN LAUHTUVISTA YHDISTEISTÄ.
- OSS-METODIT OVAT ONGELMALLISIA PROSESSEISSA, JOISSA LAUHTUVIA RIKKI- TAI HIILIVETY-YHDISTEITÄ. LAUHTUVIEN OSUUS VOI OLLA KYMMENIÄ PROSENTTEJA KOKONAISMASSASTA!
- OSS-METODIT OVAT HYVIÄ REFERENSSIMENETELMIÄ, MUTTA SOVELTUVAT HUONOSTI LAITETAKUUN TODENTAMISEEN (KUKA MÄÄRITTELEE OLOSUHTEEN ETUKÄTEEN?)
- .

PM 1-10

PM 10

Determination of the PM 10 Fraction Particulate Matter. Reference Method and Field Test Procedure to Demonstrate Reference of Measurement Methods. Bruessel (EN 12341).

PM 10 ja 2.5

VDI 2066, part 10

PM 1

**Ei mittausstandardia.
Mittalaitteiden valmistajia löytyy, kuten DEKATI**

PM 10 SISÄLTÄÄ

COARSE PARTICLES, 2,5 – 10 MICRONIA

FINE PARTICLES, ALLE 2.5 MICRONIA

**MOLEMMAT JAKEET MENEVÄT NENÄN
JA KURKUN LÄPI KEUHKOIHIN**

**KAIKKEIN VAARALLISIN JAE
TERVEYDELLE ON ALLE 1 MICRONIN**

Emission Standard 2000/76/EC

EU directive Emission requirements (Dry, 11 % O₂)

Component	24 h		½ h	Unit	APC product main choice
	average	average			
Particulate	10		30	mg/Nm ³	FF/ESP
HCl	10		60	mg/Nm ³	DRY/WET
SO ₂	50		200	mg/Nm ³	DRY/WET
HF	1		4	mg/Nm ³	DRY/WET
NO _x	200		400	mg/Nm ³	
SNCR/SCR					
Cd+Tl			0,05	mg/Nm ³	FF/AC
Hg			0,05	mg/Nm ³	FF/AC
Sb+As+Pb+Cr+Co+					
Cu+Mn+Ni+V			0,5	mg/Nm ³	FF/AC
PCDD/PCDF			0,1	ng/Nm ³	FF/AC

FF=Fabric Filter, ESP=Electrostatic Precipitator, DRY=Dry/Semi Absorption Method, WET=Wet Scrubber Method, SNCR= Selective Non Catalytic Reduction, SCR=Selective Catalytic Reduction, AC=Activated Carbon

ILMANSUOJELU TÄNÄÄN

SÄHKÖSUODIN

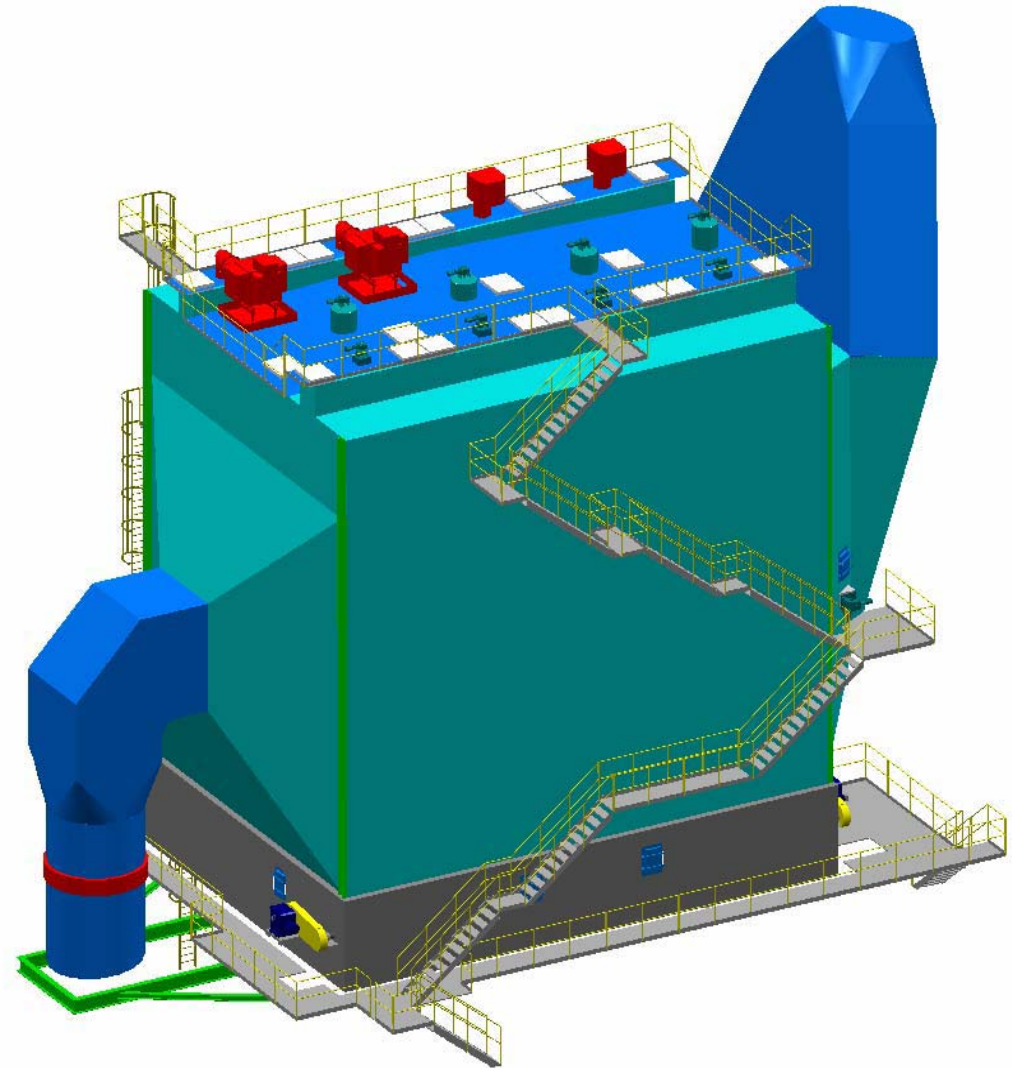
Etuja:

Laaja käyttölämpötila-alue
(400 c asti)

Varma toiminta myös tarttuvilla pölyillä

Pieni huollon tarve

Alhainen painehäviö



ILMANSUOJELU TÄNÄÄN

SOODAKATTILAPROSESSI

Prosessiarvot

lämpötila	150-220c
kosteus	20-35 %
pölymäärä nuohouksessa	15-32 g/Nm ³ (60-100)

Erityispiirteet

pieni hiukkaskoko (höyrystyneet alkalit)
matalaresistiivinen pöly
tarttuva pöly
korroosioriski (SO₂)

Kehityssuunnat

suureneva yksikkökoko
mustalipeän kuiva-aineen nousu (kasvavat
pölymäärät)
vierasaineiden nousu kierrossa (K,Cl)

SOODAKATTILAN PÖLY

KATTILASTA ULOS TULEVA PÖLY

PÖLYPITOISUUS ECON JÄLKEEN 30-60 g/Nm³

KAIKKI ESP-PÖLY ON KOOLTAAN ALLE 10 MICRONIA

KESKIKOKO 1 MICRONIA.

n. 99% PÖLYSTÄ ON VESILIUKOISTA

PÖLY PERÄISIN FUME'STA, JOKA SYNTYY MUSTALIPEÄN PALAESSA JA REAGOIDESSA PEDISSÄ

PÖLY MUODOSTUU PÄÄOSIN NARTIUMSULFFAATISTA, OSA KARBONAATTIMUODOSSA. VIERASAINEISTA YLEISEMMIN ESIINTYY CI JA KALIUMIA

PARTIKKELIKOKOJAKAUMAT

SOODAKATTILA

Partikkelikokojakauma muodoltaan unimode (käsittää yhden huipun)

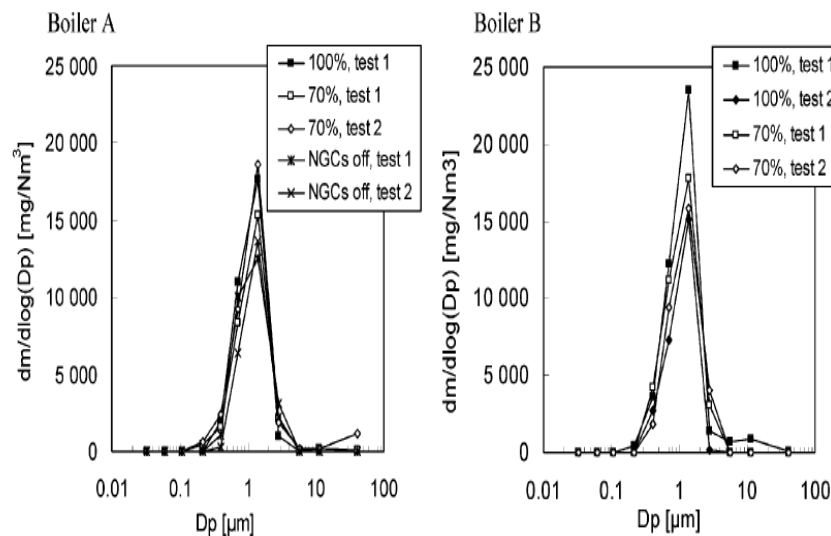


FIGURE 2. Particle mass size distributions at the ESP inlet at boilers A and B as determined with low-pressure impactors. The particles collected in the precut cyclone (larger than 4 μm) are not included in the figures.

586 ■ ENVIRONMENTAL SCIENCE & TECHNOLOGY / VOL. 40, NO. 2, 2006

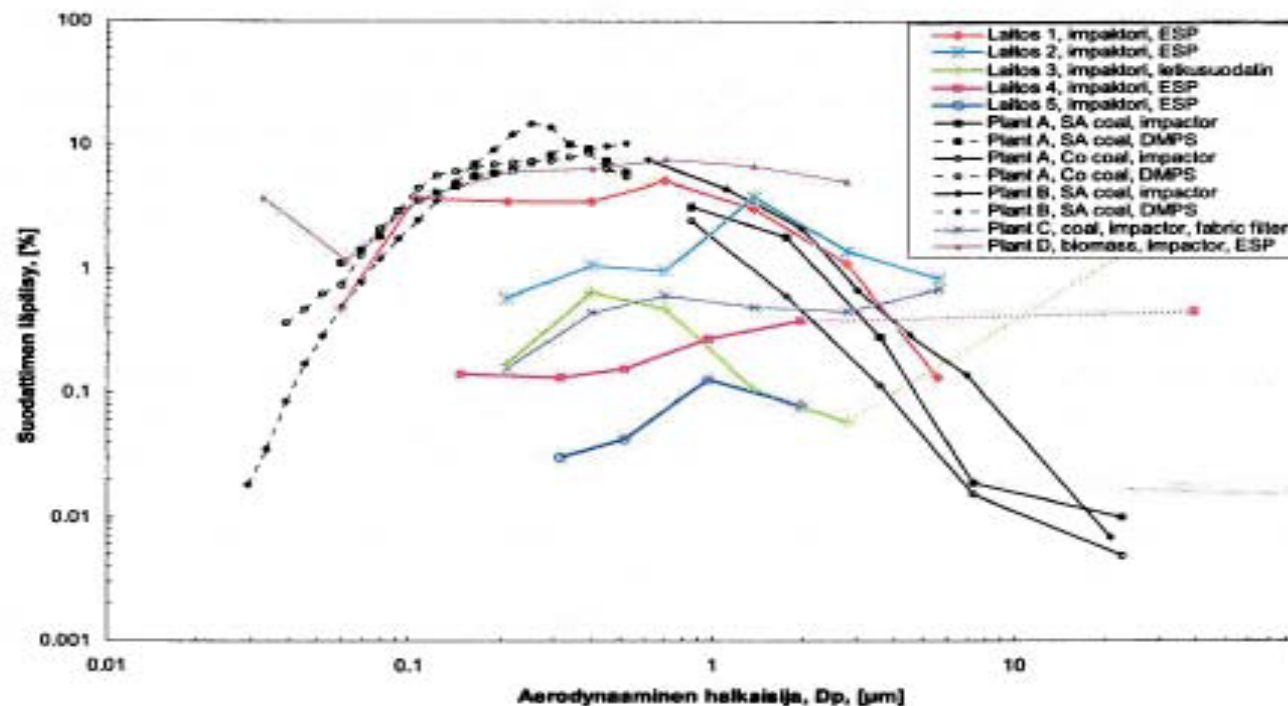
— Lähde 1.

ILMANSUOJELU TÄNÄÄN

PARTIKKELIKOKOJAKAUMAT

LÄPÄISYVYYS KOKOLUOKITTAIN

Laitos 4 ja 5 soodakattiloita



•Lähde 3.

LÄPÄISEVYYS KOKOJAKAUMITTAIN CI, K

SOODAKATTILA

Partikkelikokojakaumat erilaisia laitosten välillä (unimode vs. bimodal)

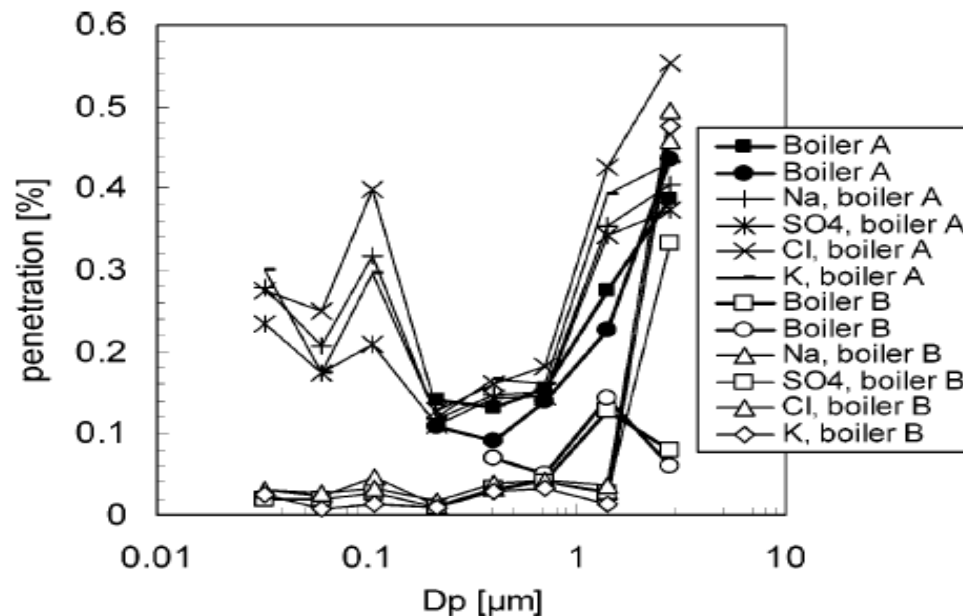


FIGURE 6. Particle penetration through the ESP at boilers A and B for total particle mass and for Na, SO₄, Cl, and K.

– Lähde 1.

RASKASMETALLIT

SOODAKATTILA

Raskasmetallit eivät ongelma

TABLE 4. Trace Element Emissions from Boilers A and B

	boiler A [$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$]	boiler B [$\mu\text{g}/\text{Nm}^3$]
Co	3.3	0.04
Cu	8.2	0.4
Mn	32	0.5
Pb	0.9	0.08
Sb	0.08	0.002
V	0.8	0.001
Co + Cu + Mn + Pb + Sb + V	45	1.0
Cd	0.26	0.03
Tl	0.07	0.02
Cd + Tl	0.33	0.05

– Lähde 1.

Pb JA Cd LÄPÄISEVYYS KOKOJAKAUMITTAIN

SOODAKATTILA

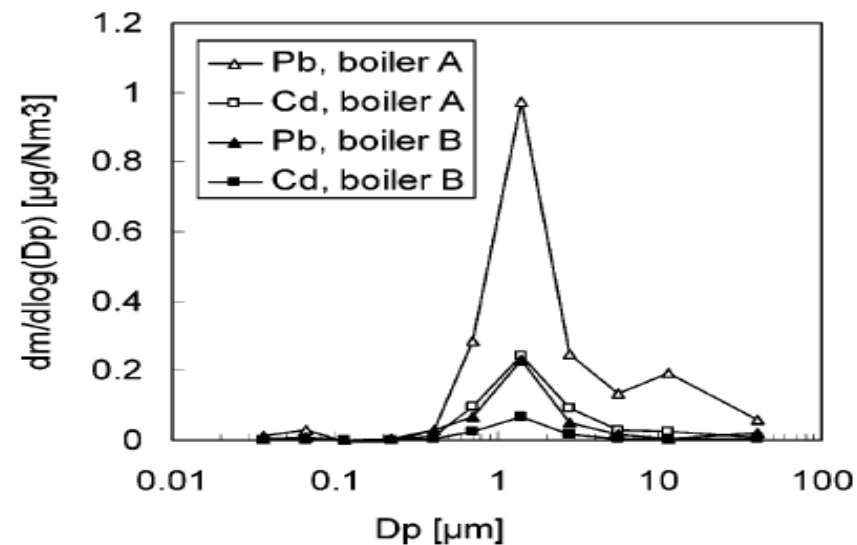


FIGURE 7. Trace element Cd and Pb size distributions at the ESP outlet at boilers A and B.

– Lähde 1.

ILMANSUOJELU TÄNÄÄN

PM 1 PIENHIUKKASMITTAUKSIA

Fuel	Boiler/ Burner	Output kW	Particle separator	Particle emissions						Flue gas characteristic		
				TSP mg/MJ	PM1 mg/MJ	Medium size (nm)	Chemical composition Main elements/compounds	Morphology spherical/agglomerate Physical size	Harmful properties particle size/toxicity	T °C	O ₂ aver. %	
Biomass/Peat						PM1-AMMD						
batch burning sauna stoves, fireplace inserts, masonry heaters, wood log boilers			–		80...230* 50...160*		org. 80-90, soot 20, inorg. 5-50	agglom., primary 50 nm	batch burning small size, PAH, some soot	350 210	9 13	
continuous burning wood chips	grate, stoker burner	< 500	–		20...80		na**		continuous burning small units	160	8	
wood pellets	pellet burner, stoker burner	< 500	–		10...60	100	org. 10-15, soot 1-5, inorg. 80-90	spherical 50 nm	small size some PAH	150 140	7 6	
wood	grate	5000	wet scrubber	50	30	200	K, SO ₄			140	6	
woodchips	grate (circulating)	10000	–	10	3	230				140	6	
wood	grate	15000	ESP	11	5	200	–					
wood, peat	Bubbling fluidised bed (BFB)	60000	ESP	2-3	1	200	SO ₄ , K, Na	spherical 100-200 nm	intermed. & large units relatively small size	140	6	
wood, sludge	Circulation fluidised bed (CFB)	150000	ESP	1-2	0.1	200	SO ₄ , K, Cl, Na	K salts		140	6	
wood, peat, sludge	BFB	90000	FF	5	0.05	500	na**			140	6	
Waste									Waste			
SRF	grate	18000	FF	0.2	< 0.03	na**	na**	inlet	inlet	140	11	
SRF	CFB	75000	FF	0.4	0.03	na**	na**	compact agglomerates	rel. small size, toxic	140	11	
mixed fuel	BFB	60000	ESP	10	3	200	K, Cl, SO ₄ , Pb, Cd...	primary 40-100 nm (K, Cl and Pb, Cd...)	outlet almost zero emission	140	6	
Oil									Oil			
light fuel oil	Oil burner (domestic)	20	–	2	2	50	mainly soot	agglom., primary 20-50 nm	small size soot	160	4	
heavy fuel oil	Oil boiler	4000-7000	–	15-40	3-9	100	H ₂ SO ₄ , V, Ni	spherical 100 nm	small size toxic	150	3	
	Diesel engine	–	–	–	–	–	–	–	number, V, Ni, SO ₄	–	–	
Coal									Coal			
	Pulverised coal combustion	320000	ESP	10	2	500	Si, S, K, Hg...					
		246000	FF	6	~0	na**	na**		Hg, As			
Black liquor	Recovery boiler	300000	ESP	5-16	3-11	1000	Na, SO ₄ , K, Cl salts	compact agglomerates 100-500 nm	Black liquor none	140	6	

* large differences between combustion devices and operating conditions (fuel quality etc.)

** below the limit of identification or not analysed

Table 7. Measured fine particle emissions (PM1) and their characteristics (incl. chemical composition, morphology, and harmful properties) for energy generation, small-scale wood combustion, and industrial processes.

– Lähde 2.

LÄPÄISYVYYS KOKOLUOKITTAIN

VOIMA JA JÄTE

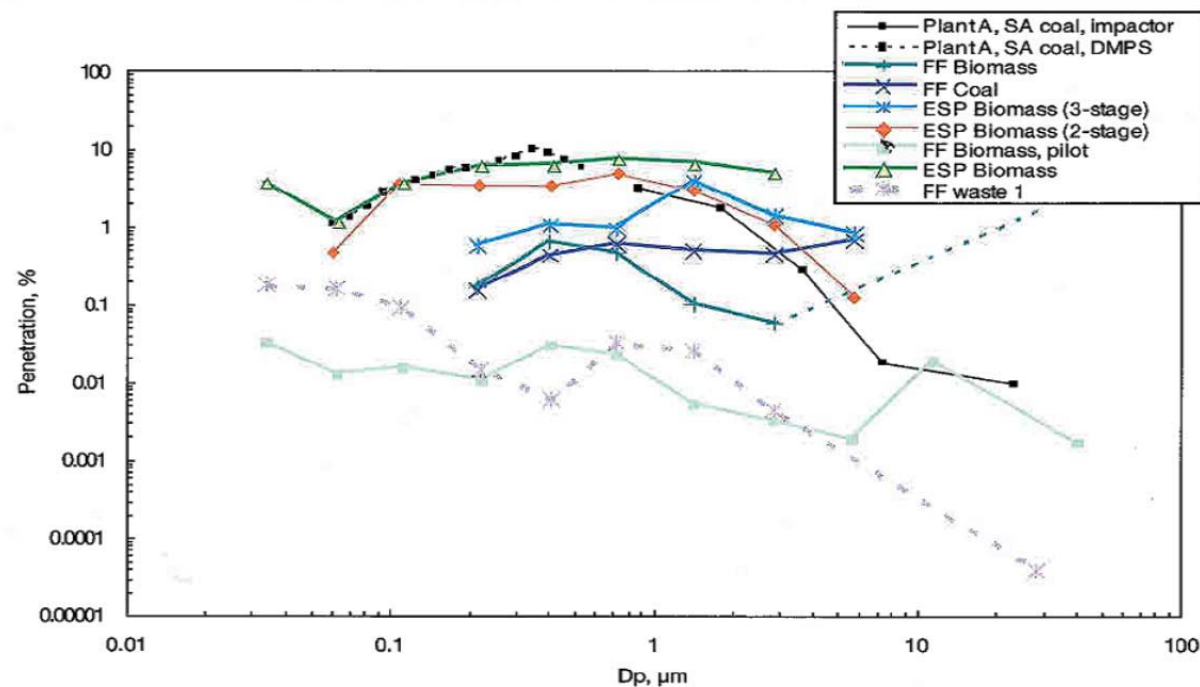


Figure 10. Measured filter efficiencies at different types of power plants.

– Lähde 2.

ILMANSUOJELU TÄNÄÄN

SÄHKÖSUODIN JA 10 mg/Nm³

Esim. jätedirektiivin pölypäästön raja on 10 mg/Nm³ (dry 11% O₂)

Soodakattiloiden jälkeen mitattu täyden kuorman ajoilla alle yllä olevan rajan alittavia tuloksia (neljä kenttää). Tyypillisesti alle 15 mg.

Paras ja todennäköisin vaihtoehto on edetä 20 mg/Nm³ kautta 10 mg'aan.

Takuu edellyttää hallittuja ja etukäteen tunnettuja olosuhteita. Vaikeudet tulevat etenkin epäpuhtailla lipeillä ja kattilan

KEINOJA PIENEMPIIN PÄÄSTÖIHIN

TASASUUNTAAJAT



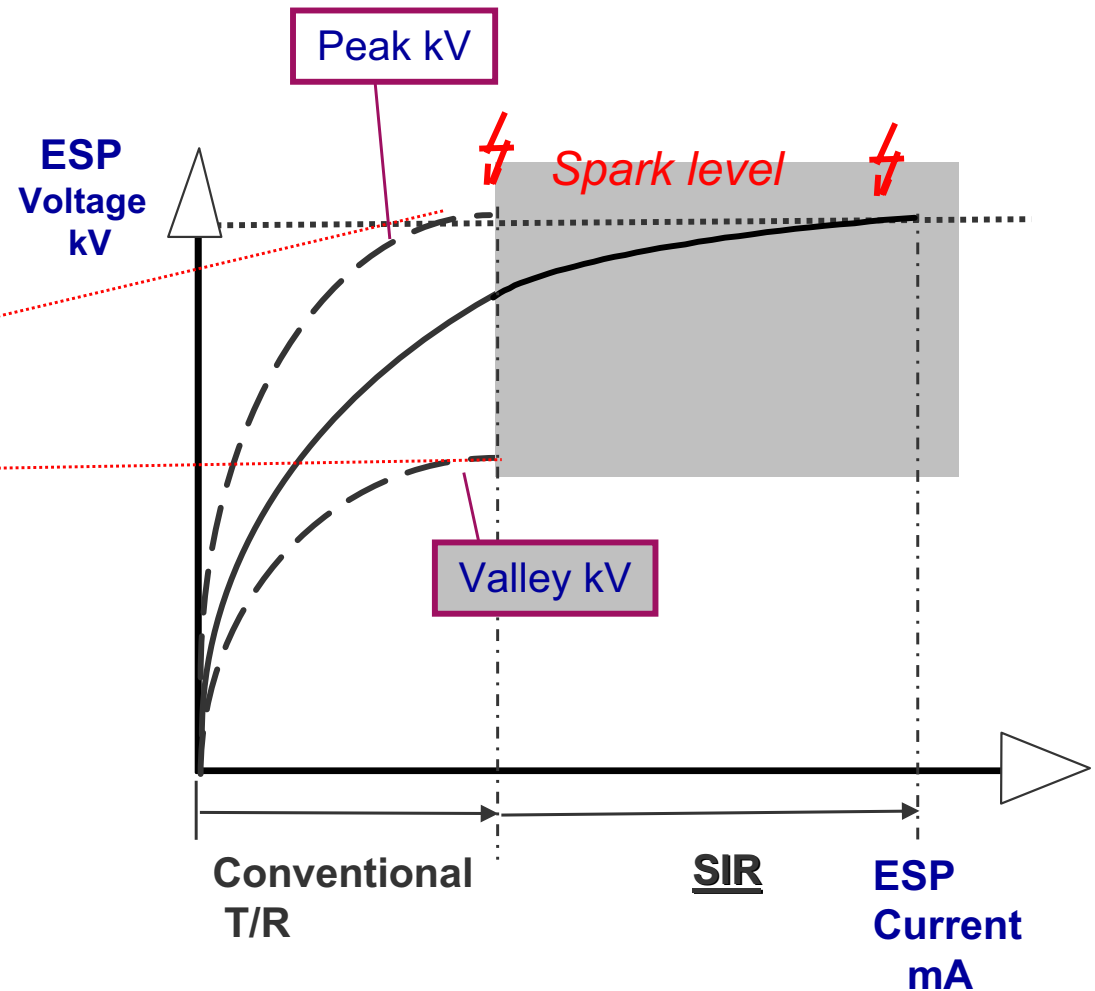
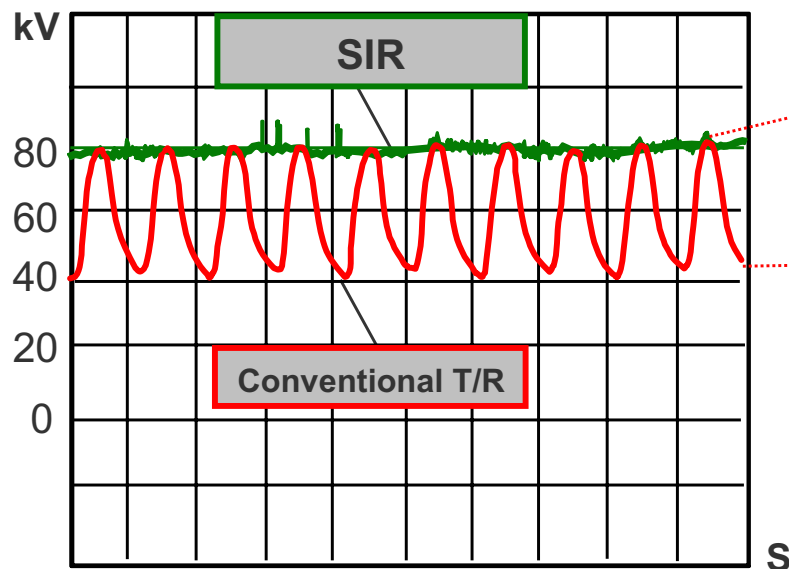
Perinteiset tasasuuntaajat 50 Hz



Suurtaajuus SIR-tasasuuntaajat 50 kHz

KEINOJA PIENEMPIIN PÄÄSTÖIHIN

SIR Suurtaajuustasasuuntaaja



ILMANSUOJELU TÄNÄÄN

LÄHTEET

1. **Electrostatic Precipitator performance and trace element emissions from two kraft recovery boilers**
Lind, Hokkinen, Jokiniemi etc. VTT
2. **TEKES, Combating Particulate Emissions**
3. **Energiantuotannon ja prosessiteollisuuden pienhiukkas- ja raskasmetallipäästöjen karakterisointi**
Hokkinen, Jokiniemi, etc.. VTT

www.alstom.fi
www.alstom.com

ALSTOM