



# Hiukkasvertailumittausten tulokset ja kertoimien soveltaminen käytännössä

Jari Waldén  
Ilmatieteen laitos  
Ilmakrhän koostumuksen tutkimus  
Ilmanlaatu  
Jari.walden@fmi.fi



ILMATIETEEN LAITOS  
METEOROLOGISKA INSTITUTET  
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

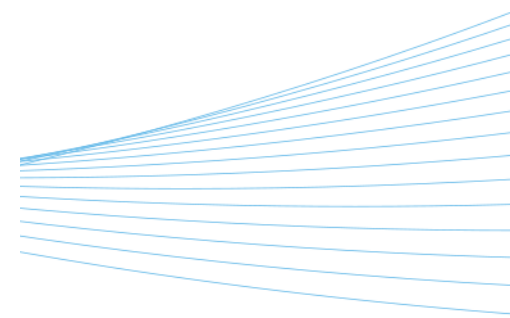
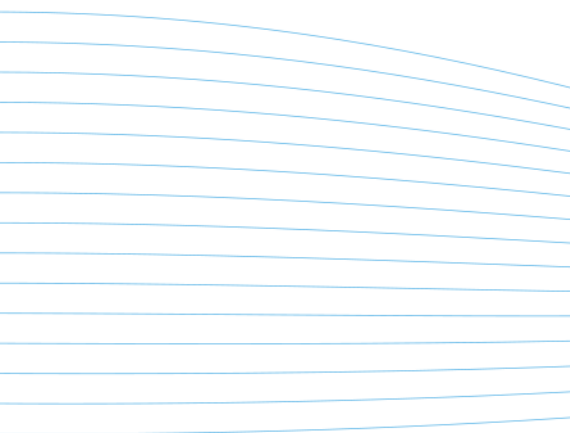


ILMATIETEEN LAITOS  
METEOROLOGISKA INSTITUTET  
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

RAPORTEJA  
RAPPORTER  
REPORTS  
2017:1

# DEMONSTRATION OF THE EQUIVA- LENCE OF PM<sub>2.5</sub> AND PM<sub>10</sub> MEASUREMENT METHODS IN KUOPIO 2014-2015

JARI WALDÉN  
TUOMAS WALDÉN  
SISKO LAURILA  
HANNELE HAKOLA





# Referenssimenetelmä ja kandidaattimenetelmät

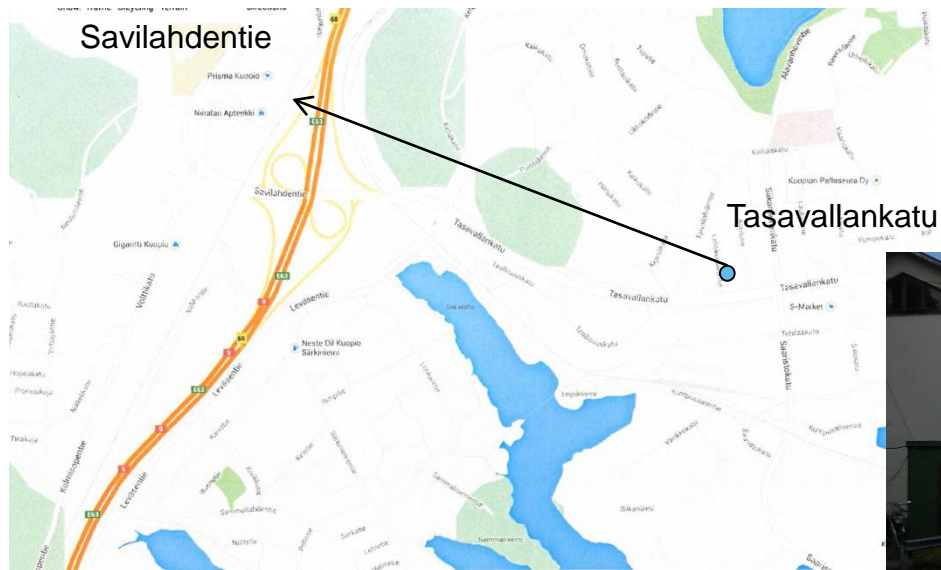
INSTRUMENTS	REPRESENTATIVE / MANUFACTURER	Method	PM10/PM2.5 inlet	Sample tube	Field campaign
REFERENCE SAMPLER	Leckel SEQ 47/50	Sequential sampler	Leckel	Ambient	T/S
Environnement MP-101+CPM	ENVIRONNEMENT SA (France)	$\beta$ -attenuation + optical	Environment EN	Shield tube, ambient temp	T/S
GRIMM-180	FMI, Estonian Environmental Research Centre (Estonia)	Optical (light scattering)	Grimm	Shield tube,	T/S
SHARP 5030	FMI / THERMO Electron Co, (USA)	Light scattering + $\beta$ -attenuation	Digitel /EN	Heated 35 °C	T/S
FH-62-IR	FMI / THERMO Electron Co, (USA)	$\beta$ -attenuation	Digitel /EN	Heated 35 °C	T/S
BAM 1020	Estonian Environmental Research Centre (Estonia)	$\beta$ -attenuation	US-EPA	Heated 40 °C	T/S
TEOM-1405	JPP-kalibrointi ky, FMI	Tapered Element Oscillating Microbalance	US-EPA	Heated 50 °C	T/S
OSIRIS	Hnu-Nordion (Finland) / Turnkey Instruments	Optical (nephelometer)	Osiris	Heated 35 °C	T/S
DUST TRAK DRX 8533	TSI Inc (USA)	Optical (light scattering)	TSI	Ambient	S

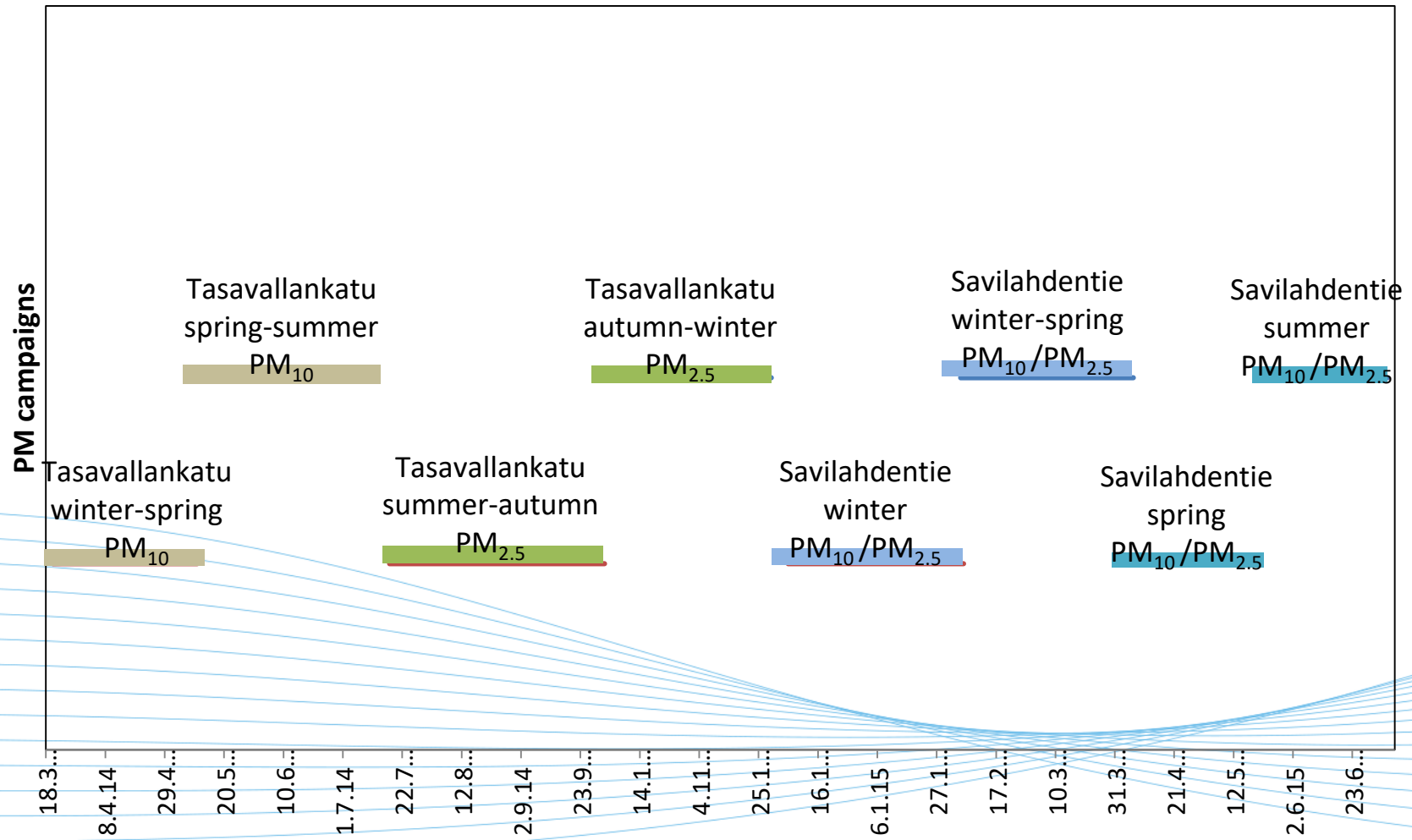
Huom:

- Dust Trak liittyi vertailuun Savilahdentiellä PM10 & PM2.5
- TEOM 1405 D:n osallistuminen peruttiin
- Dekati:n osallistuminen peruttiin



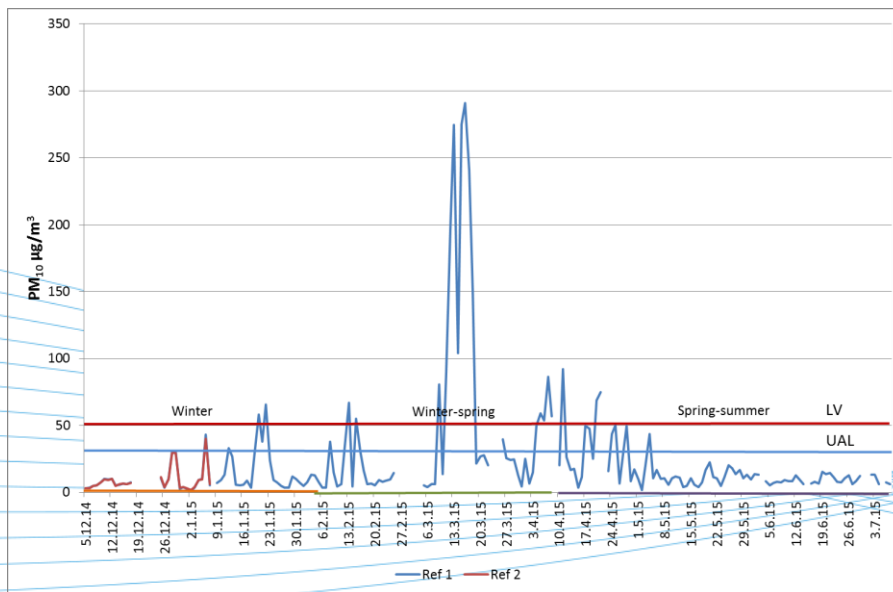
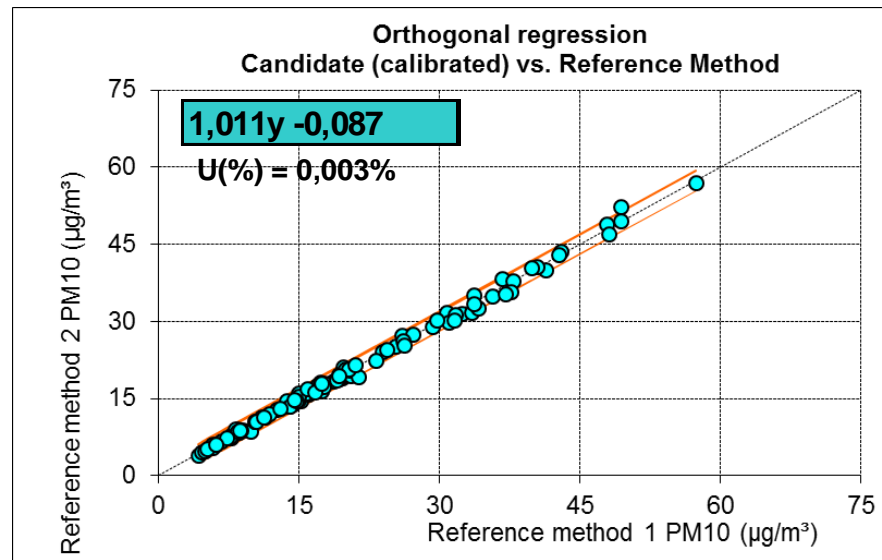
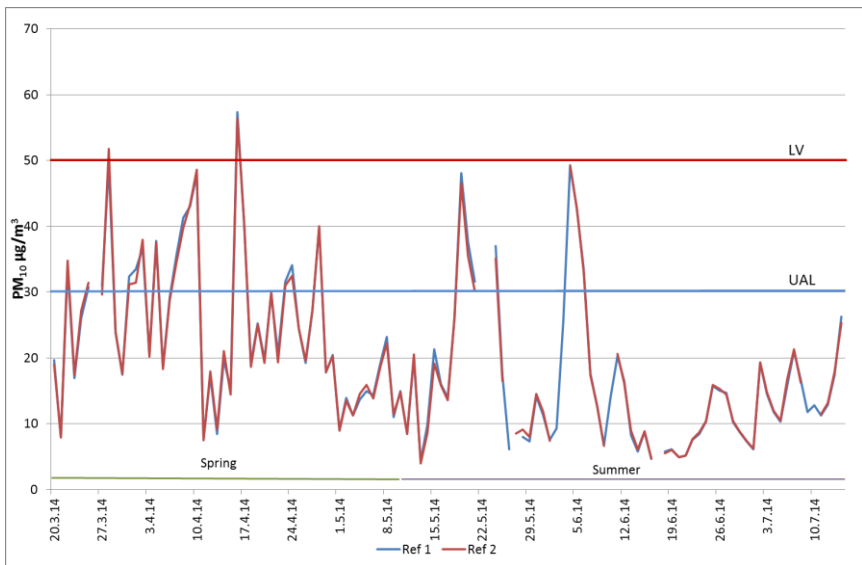
## Mittausjaksot Kuopiossa (17.3.2014 – 7.7.2015)





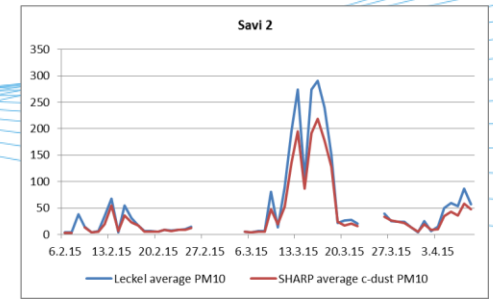
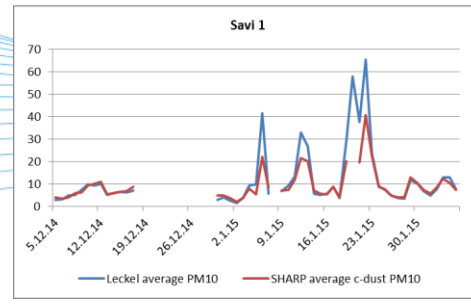
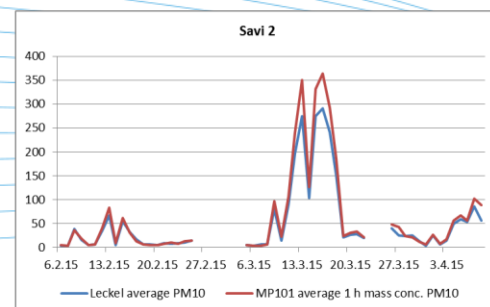
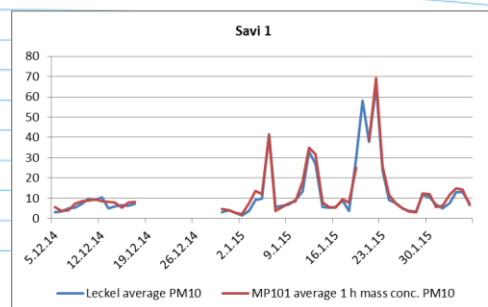
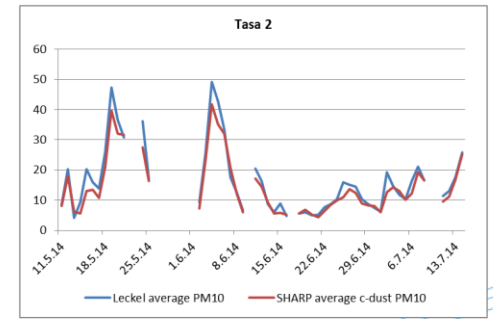
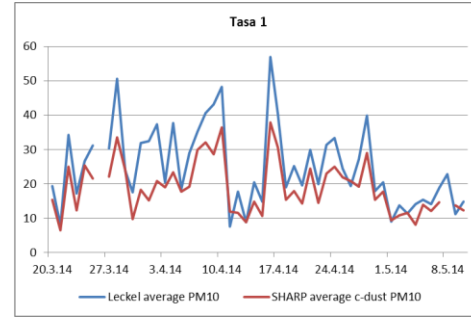
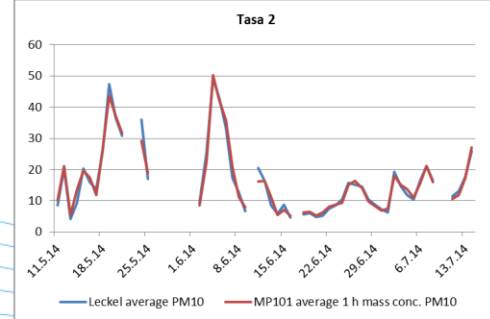
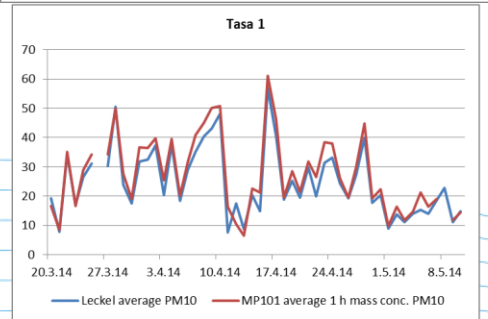
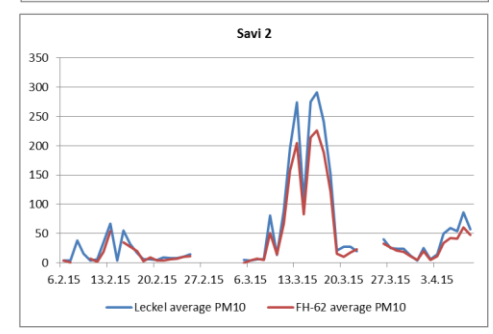
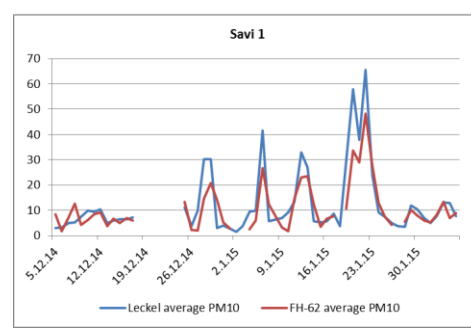
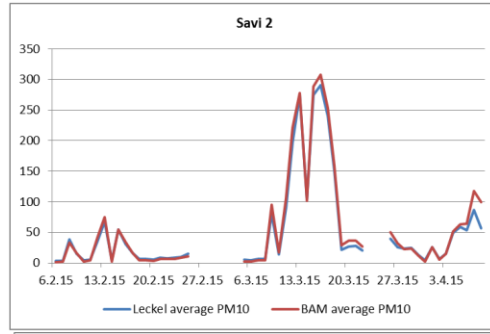
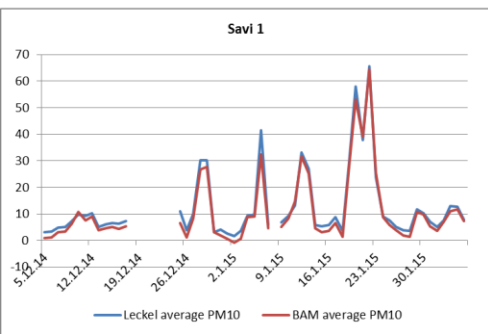
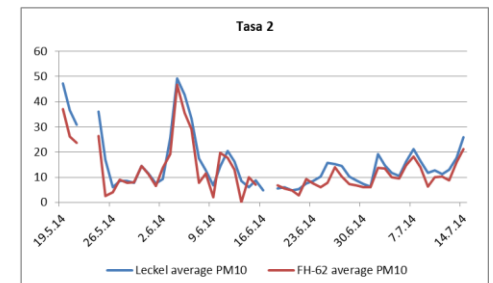
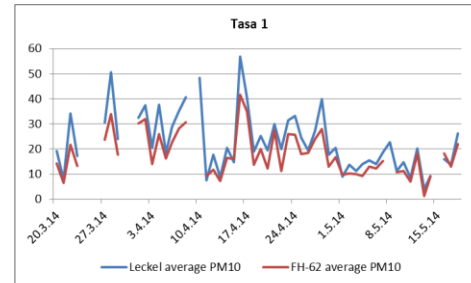
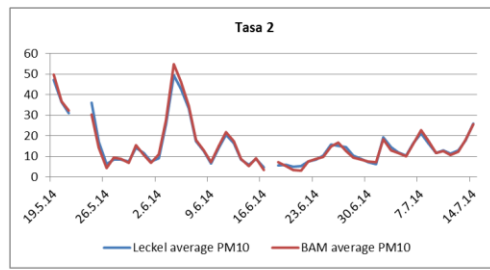
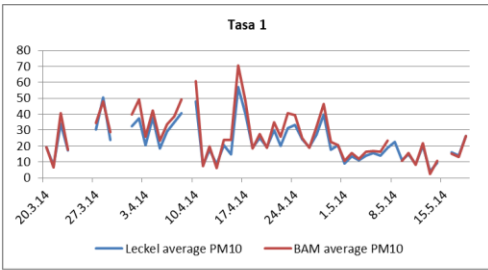


# PM10 Referenssimenetelmä



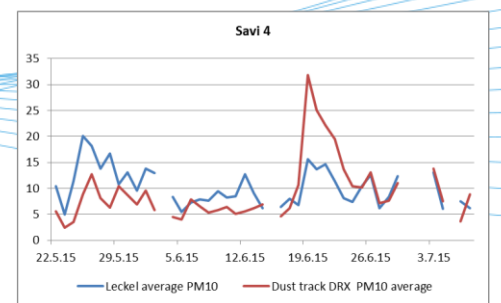
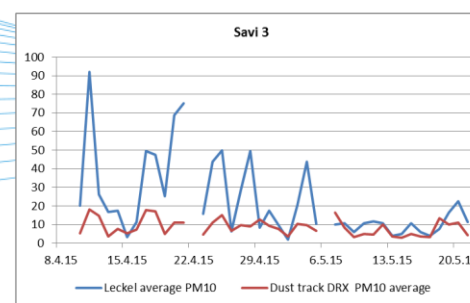
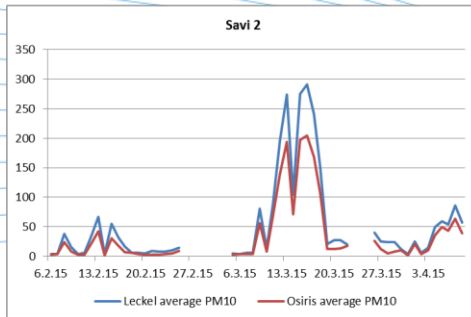
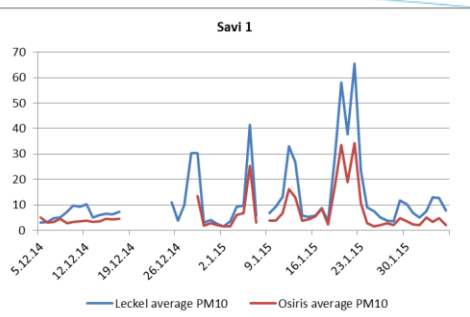
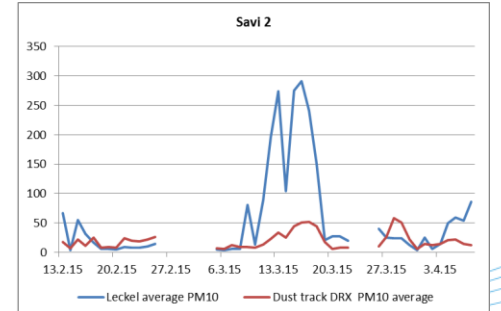
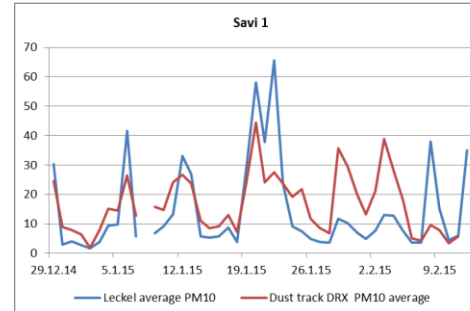
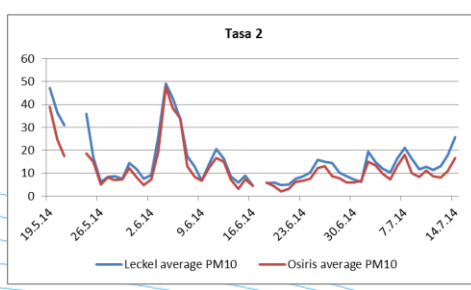
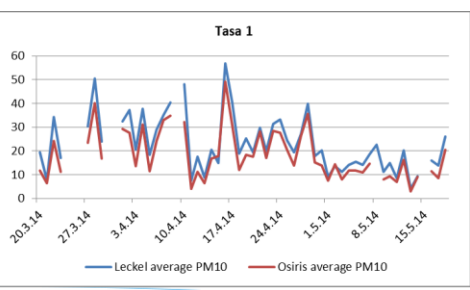
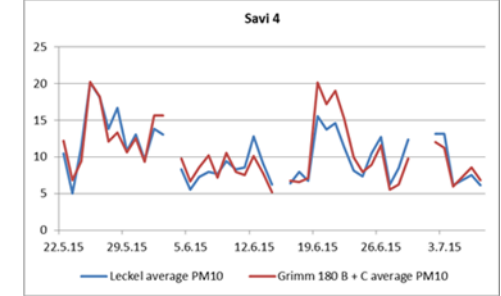
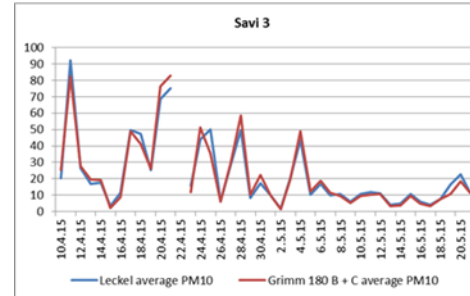
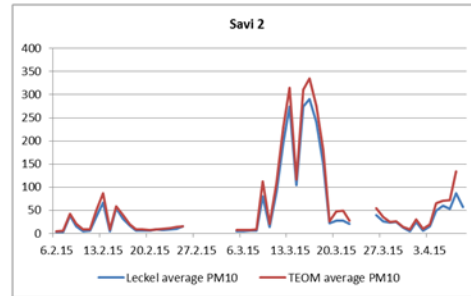
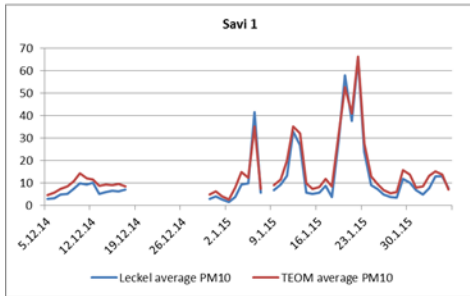
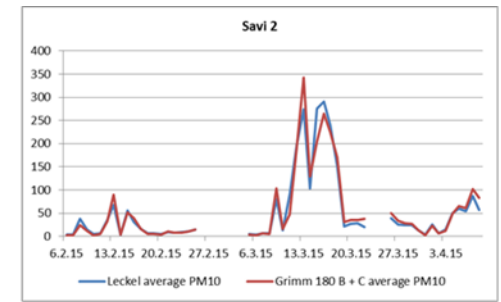
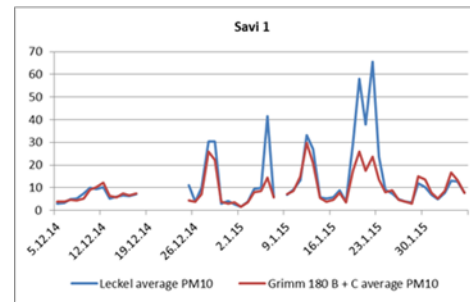
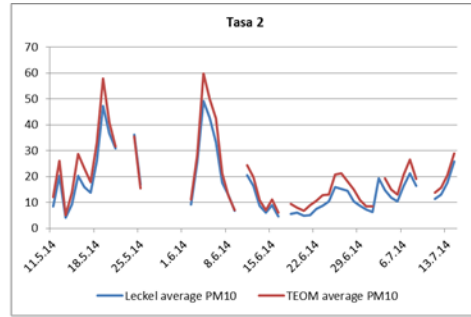
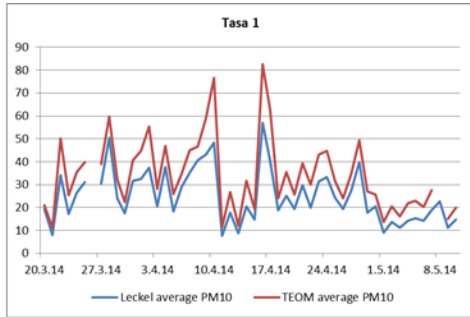


# PM10 Aikasarja CM & RM



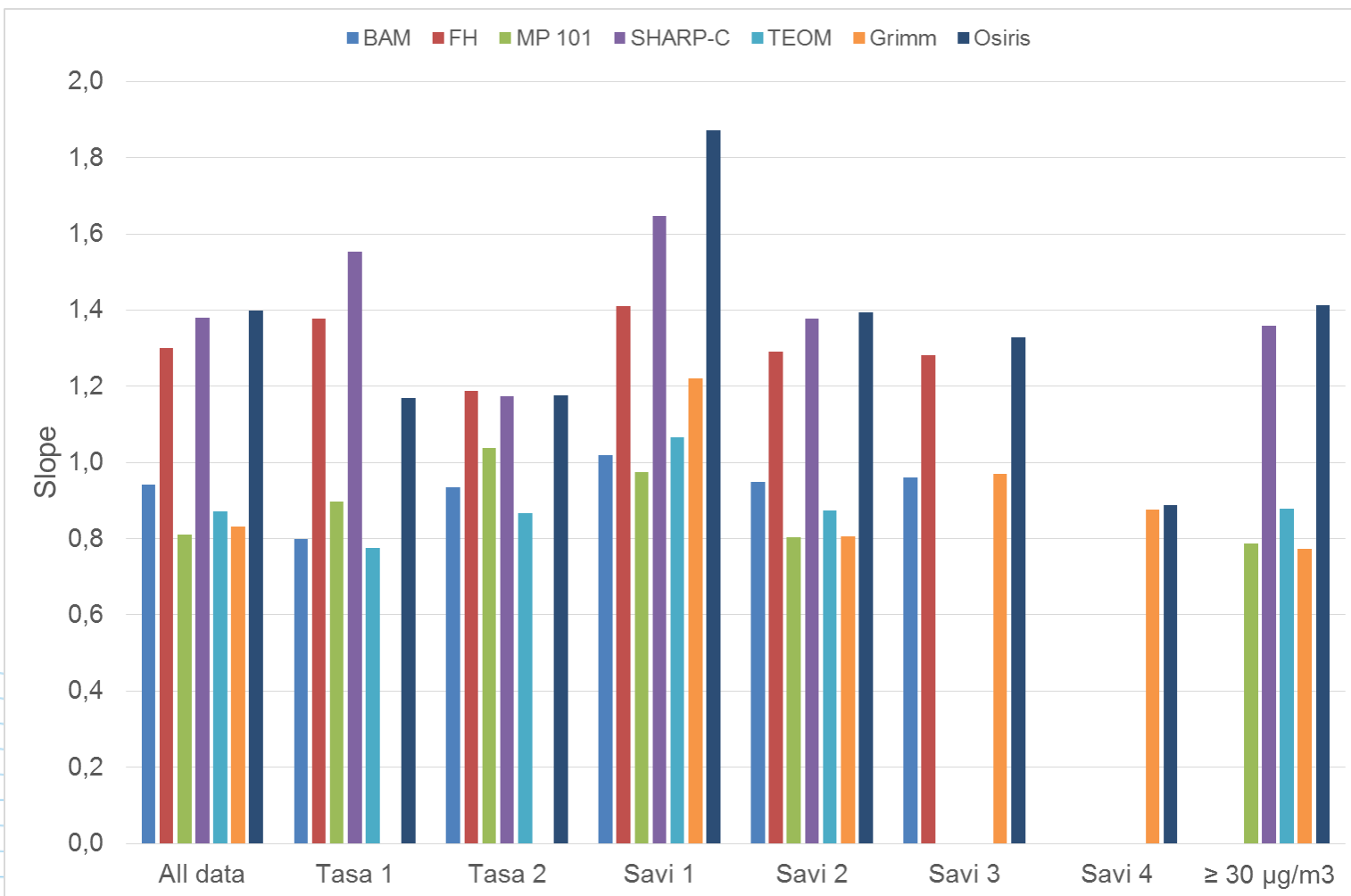


# PM10 Aikasarja CM & RM



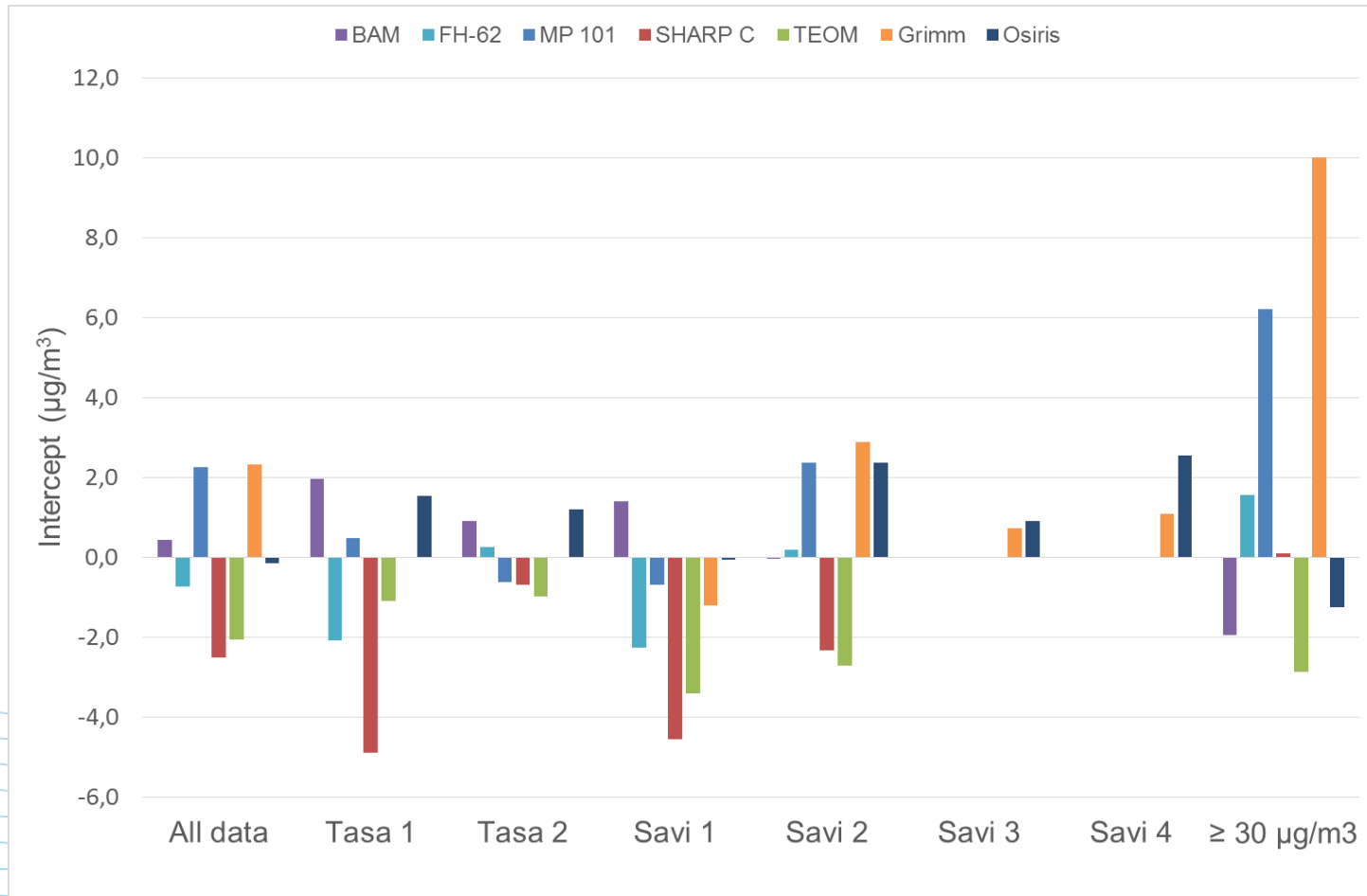


# PM10 Calibration slopes by CM





# PM10 Calibration intercepts by CM





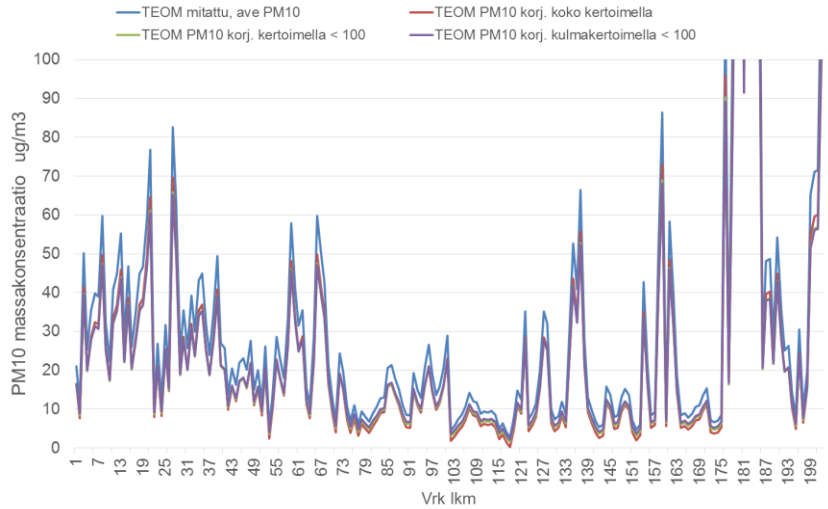
## PM10 kalibrointiyhtälöt

PM10  PM-analysaattori	< 325 µg/m3		< 100 µg/m3		< 100 µg/m3	
	Kalibrointiyhtälö PM <sub>10</sub>	Suhteellinen laajennettu mittausepävarmuus U(%)	Kalibrointiyhtälö PM10	Suhteellinen laajennettu mittausepävarmuus U(%)	Kalibrointiyhtälö pakotettu 0- mittausepävarmuus U(%) Kautta PM10	Suhteellinen laajennettu mittausepävarmuus U(%)
BAM 1020	0,942y + 0,437	12,6%	0,858y + 1,919	10,3%	0,913y	11,7%
GRIMM 180	0,855y + 2,139	17,0 %	0,871y + 1,927	17,0 %	0,922y	17,9 %
SHARP 5030 C-dust	1,404y -2,750	17,2%	1,486y -3,904	16,5%	1,319y	16,3%
SHARP 5030 (beta)	1,415y -2,233	12,8%	1,489y -3,301	12,5%	1,351y	12,5%
FH 62 IR	1,300y -0,904	16,5%	1,372y -1,850	17,1%	1,297y	12,6%
TEOM 1405	0,868y -2,068	14,4%	0,804y -0,623	13,6%	0,788y	13,0%
MP101M	0,811y + 2,311	11,0%	0,887y + 0,826	9,4%	0,910y	9,6%
OSIRIS	1,401y -0,153	15,7%	1,338y + 0,57	15,3%	1,363y	15,7%
Dusttrak	7,478y -76,819	402,3%	5,761y -55,073	1132,0%	2,07y	94,0%

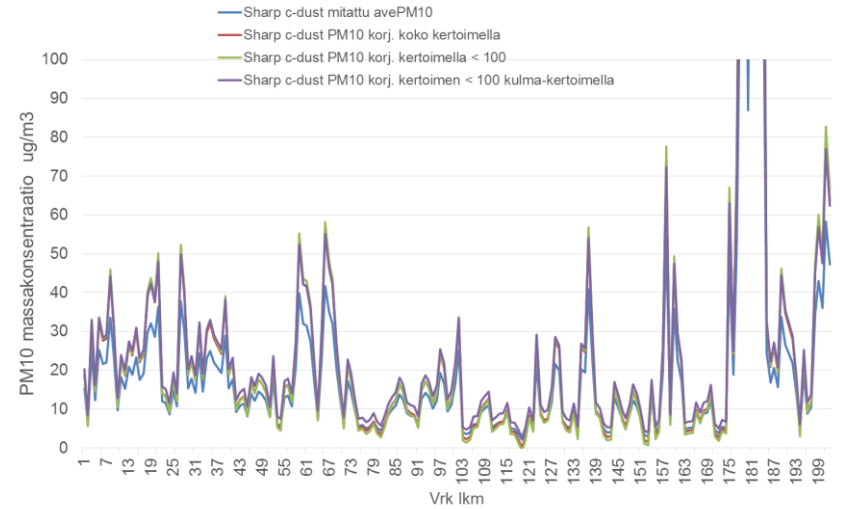


# PM10 kalibrointiyhtälöillä korjatut datat

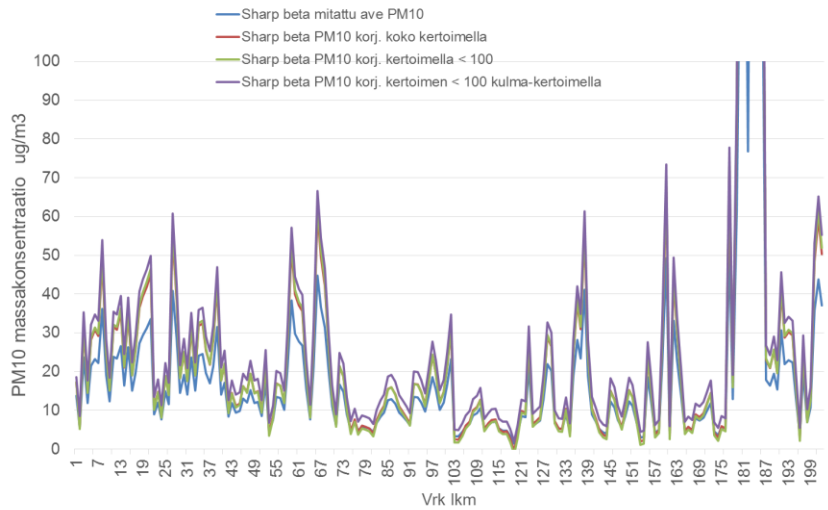
### TEOM 1405



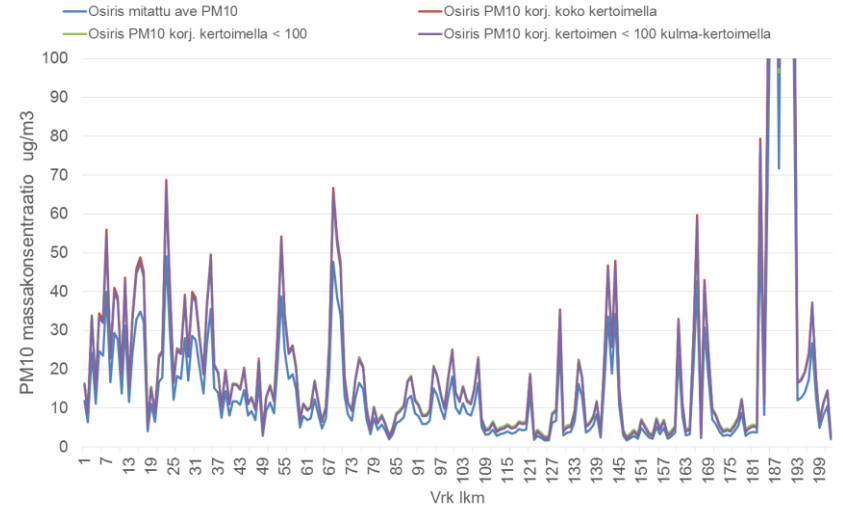
### SHARP 5030 C-dust



### SHARP 5030 beta signaali



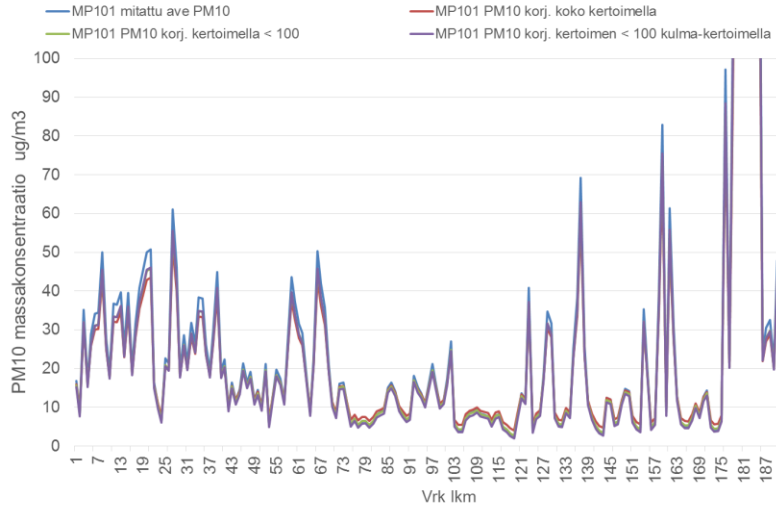
### OSIRIS



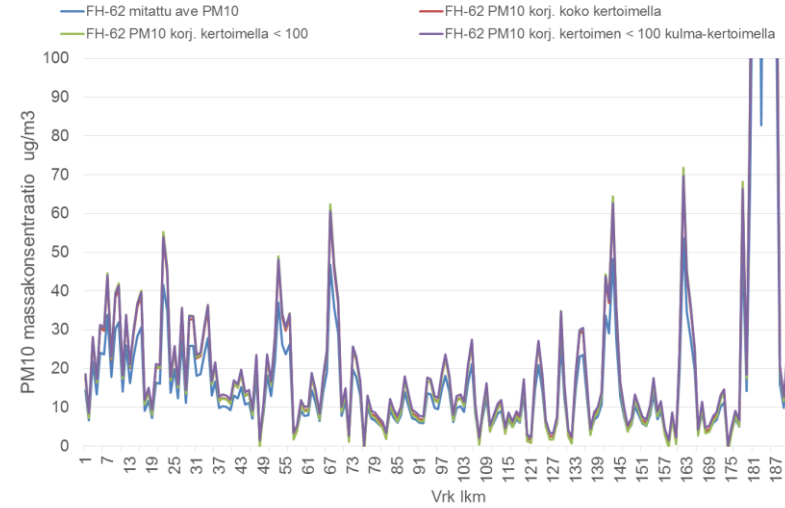


# PM10 kalibrointiyhtälöillä korjatut datat

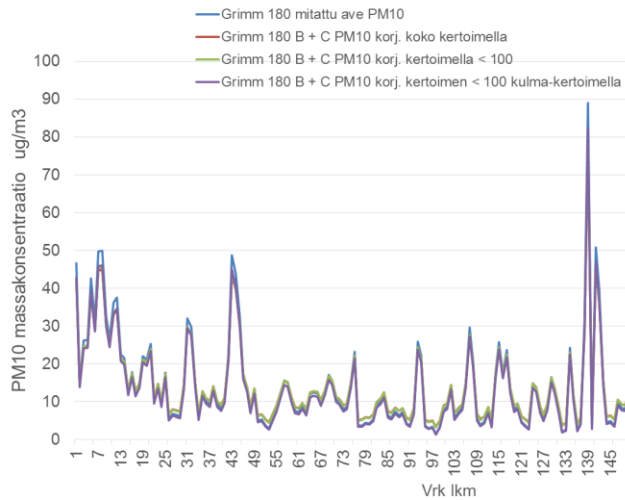
### MP-101 CPM



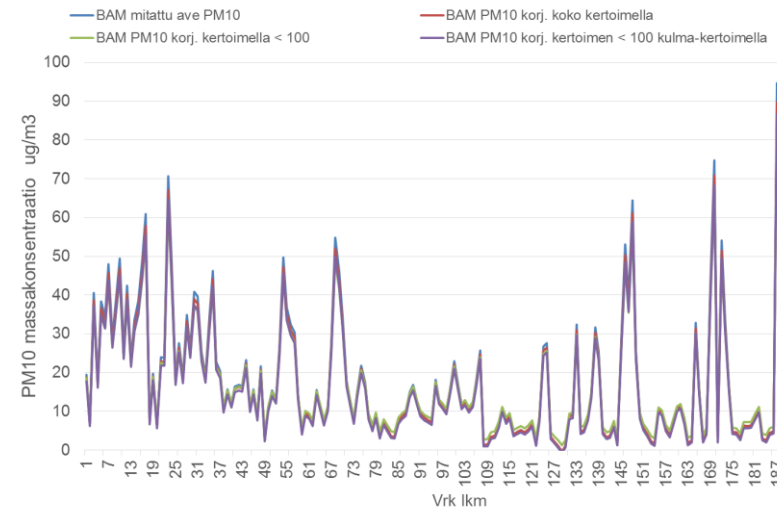
### FH-62 IR



### Grimm 180



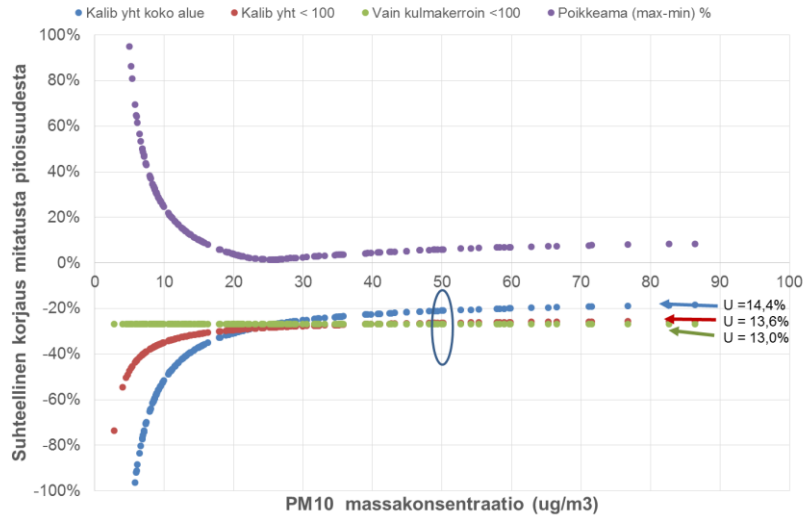
### BAM 1020



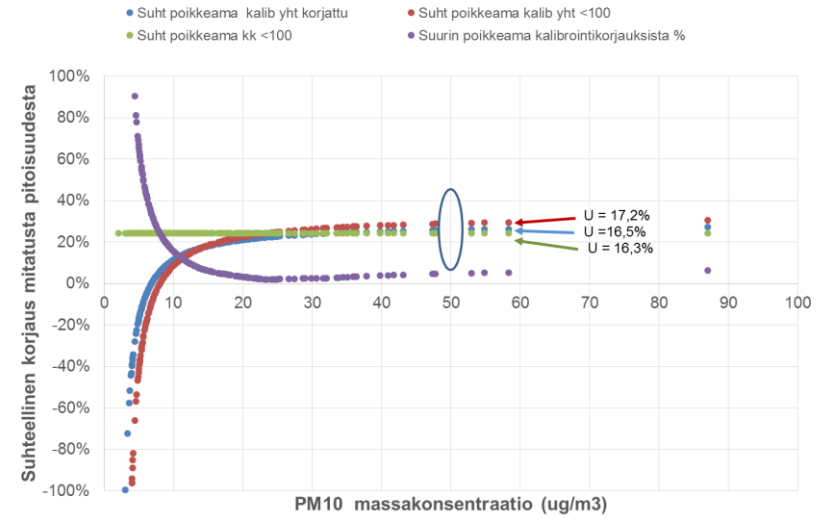


# PM10 Kalibrointikorjaukset

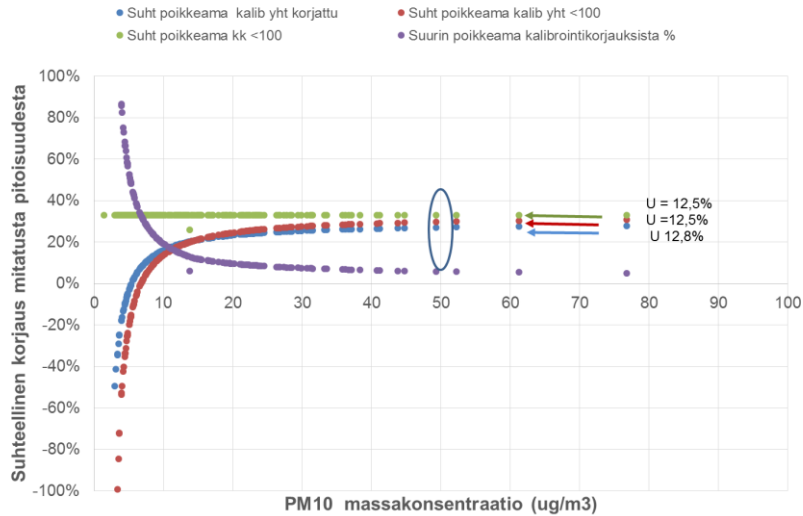
### TEOM 1405



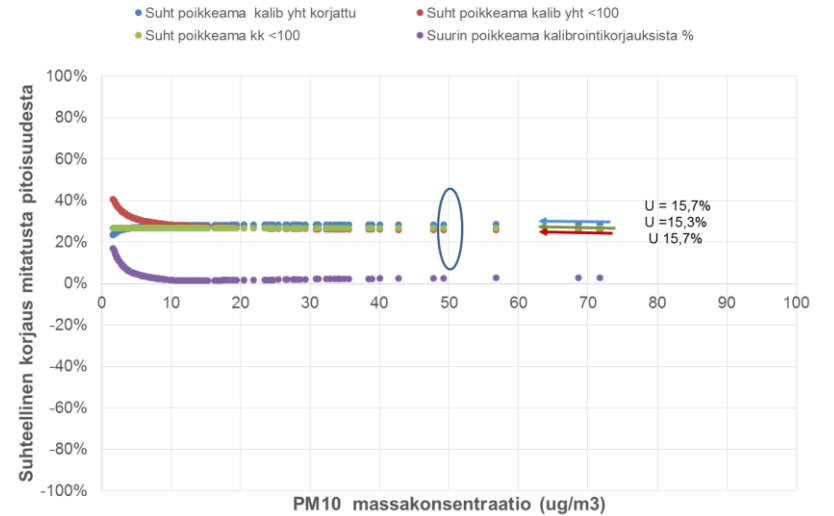
### SHARP 5030 C-dust



### SHARP 5030 β signal



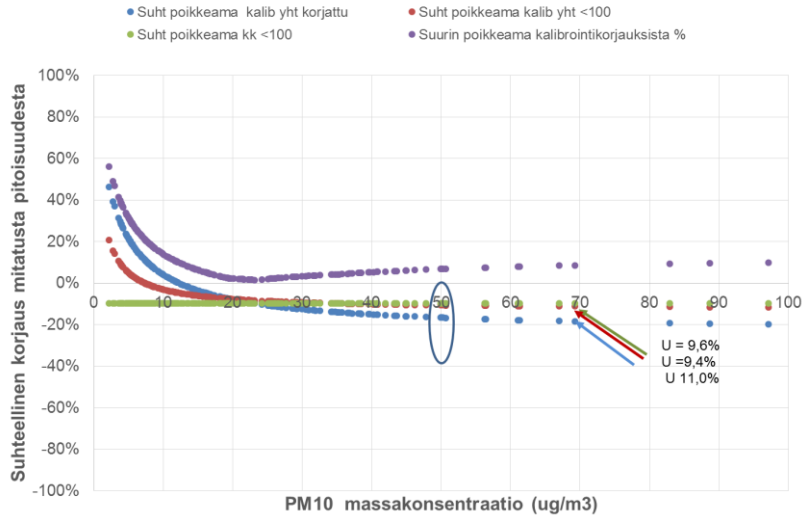
### Osiris



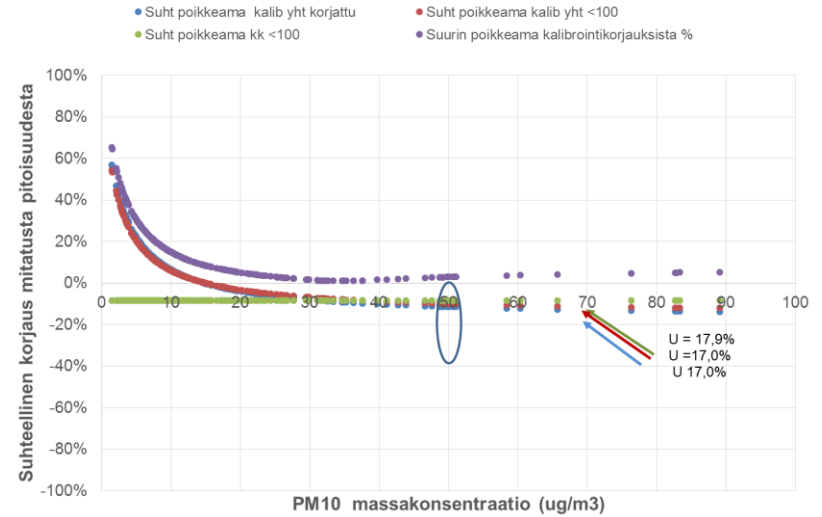


# PM10 Kalibrointikorjaukset

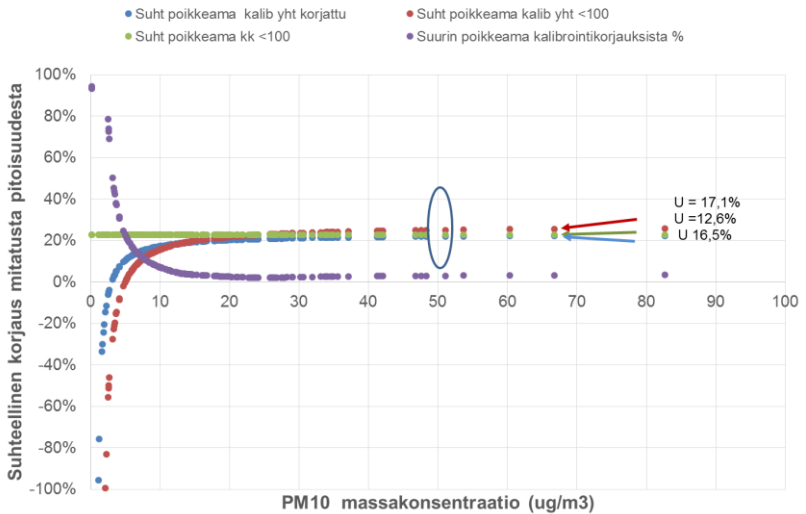
### MP-101 CPM



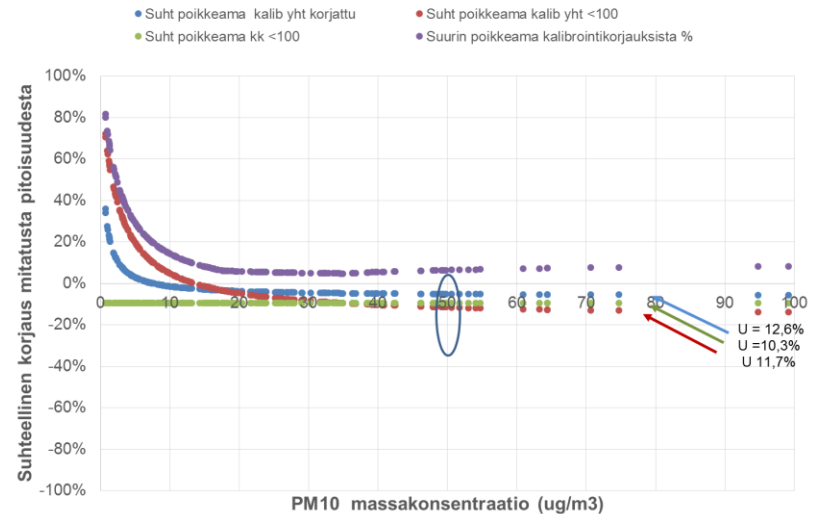
### Grimm 180



### FH-62 IR

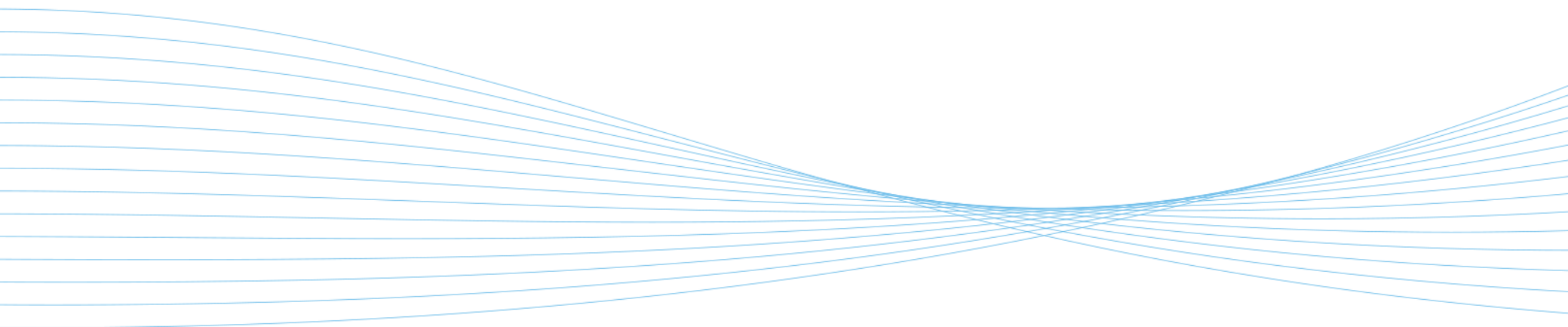


### BAM 1020



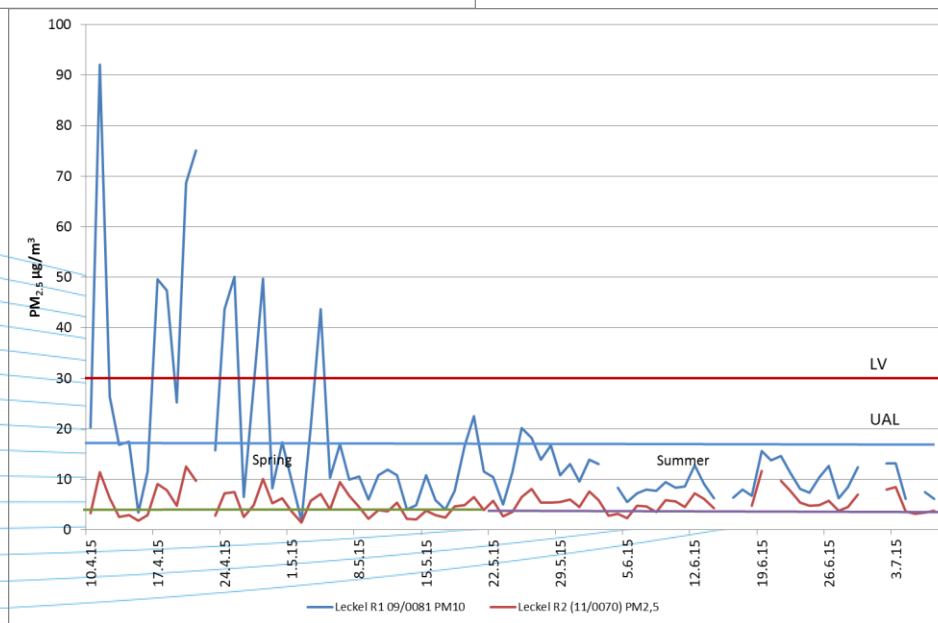
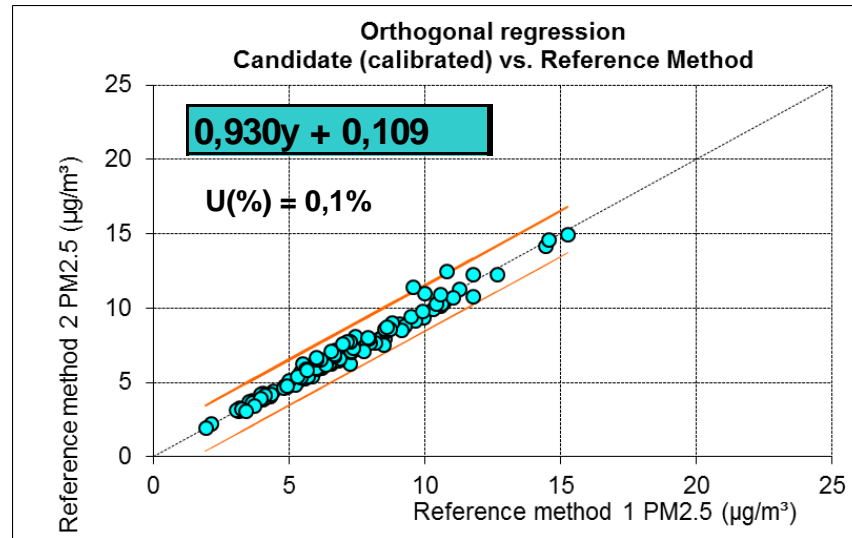
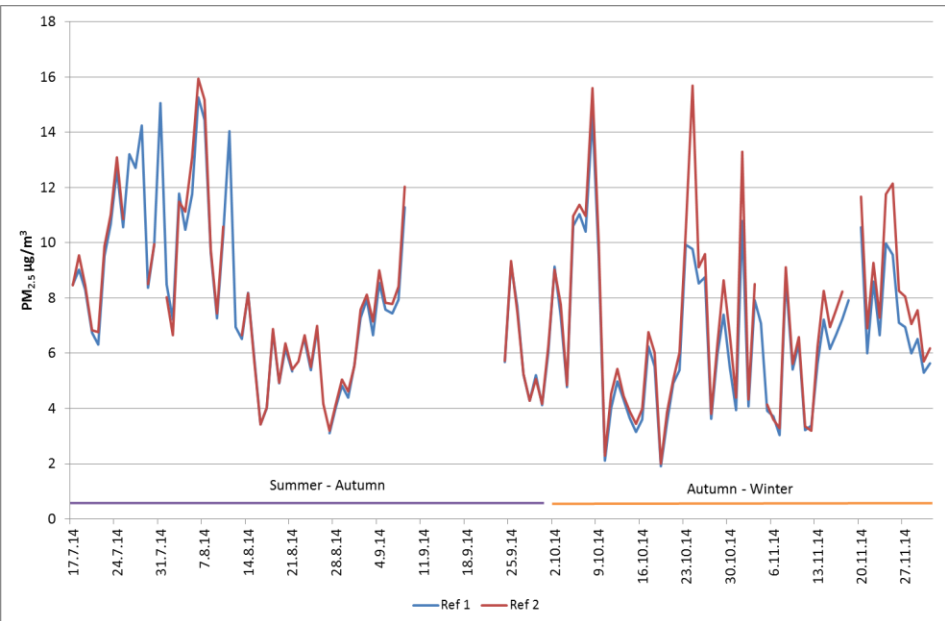


# PM2.5



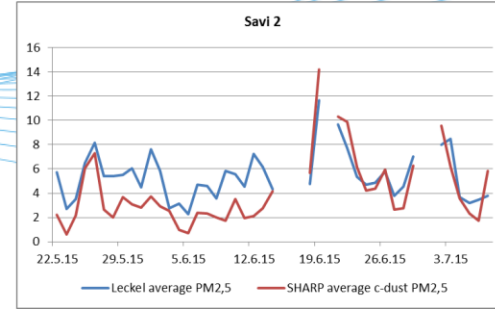
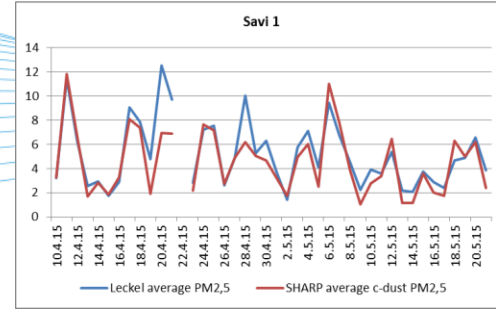
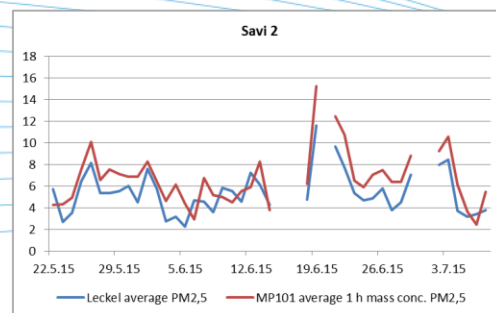
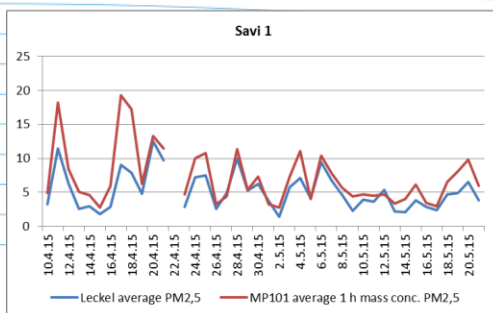
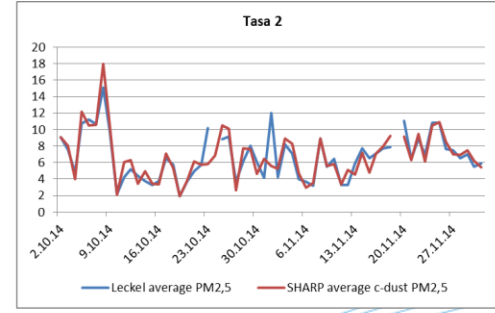
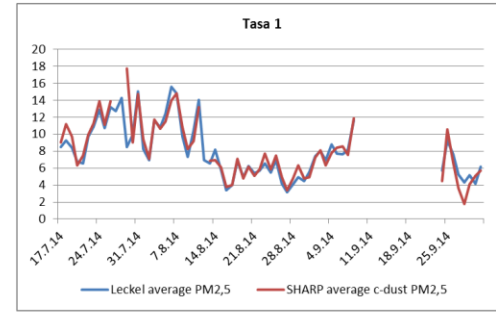
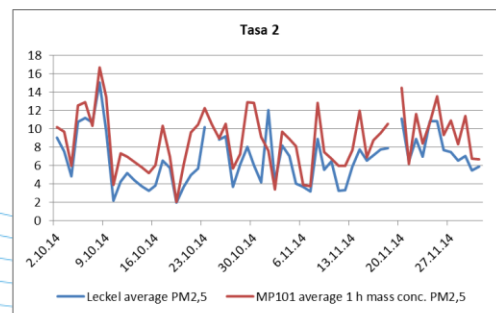
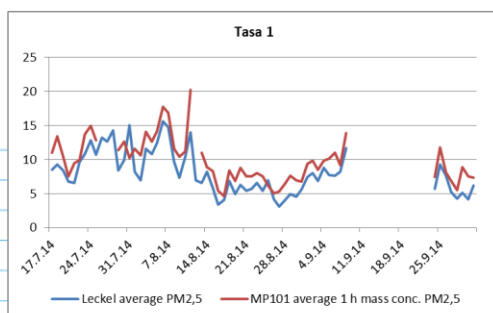
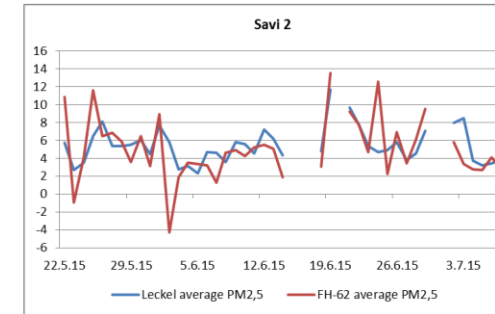
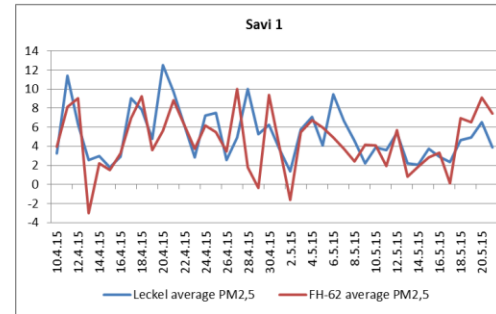
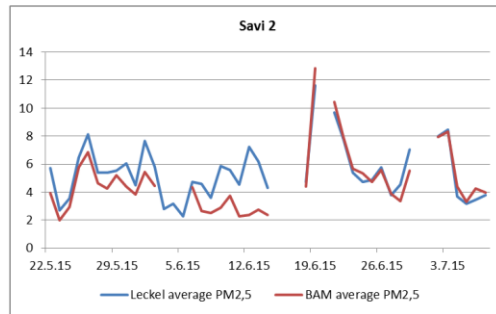
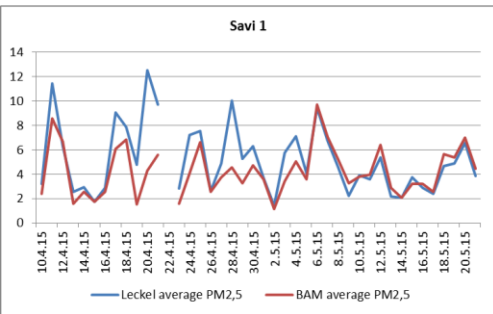
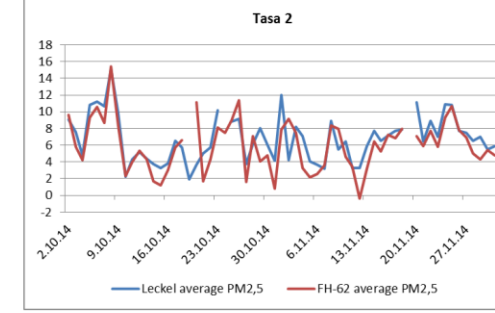
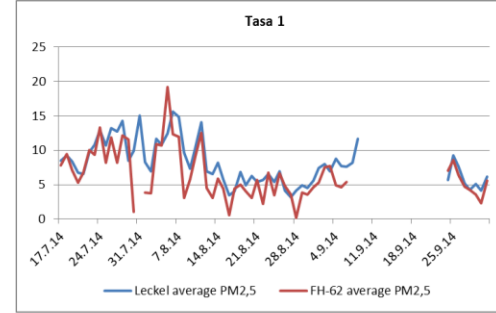
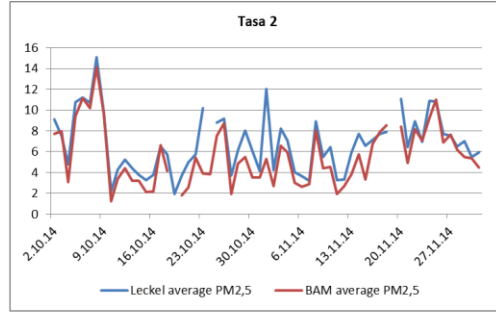
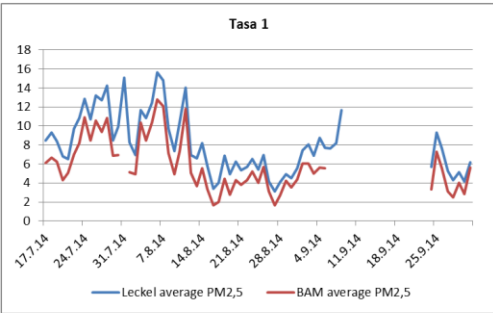


# PM2.5 Referenssimenetelmä



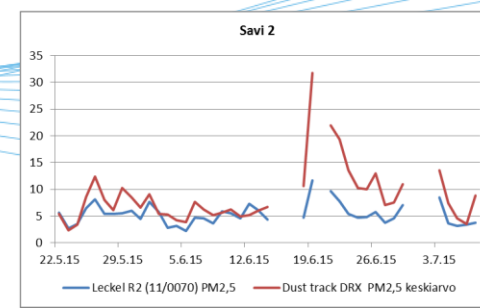
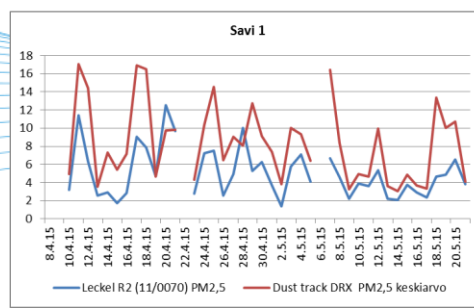
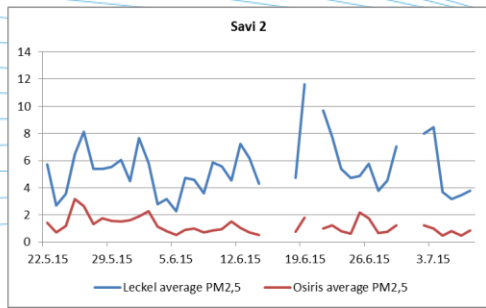
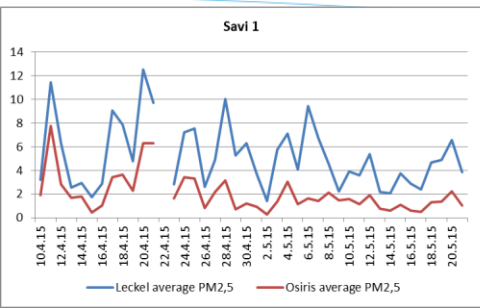
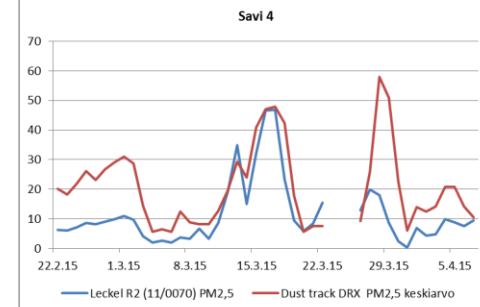
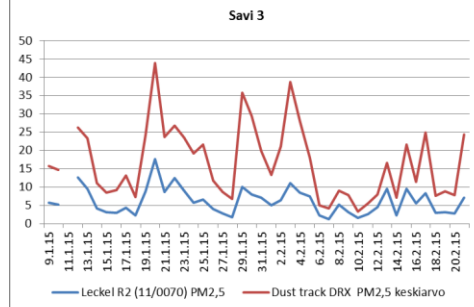
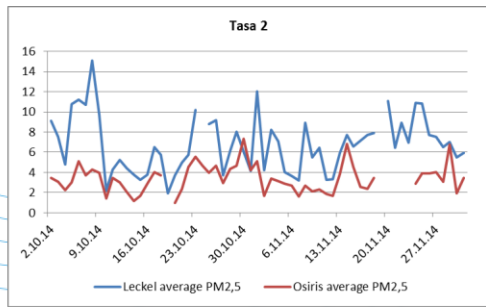
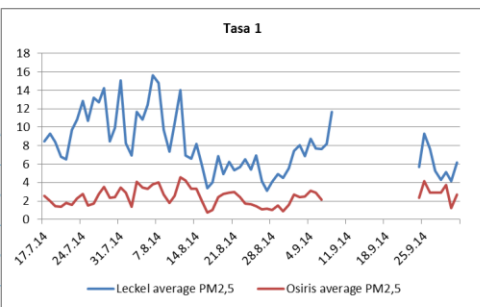
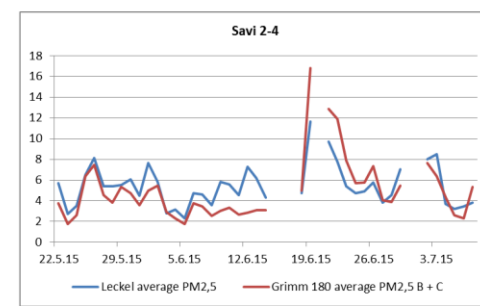
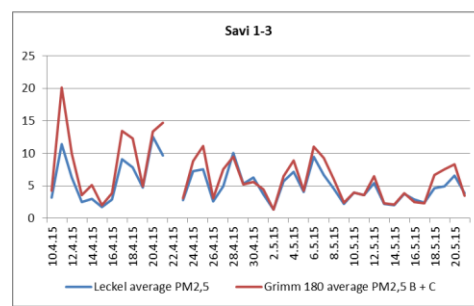
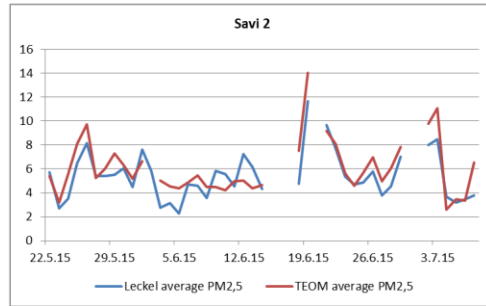
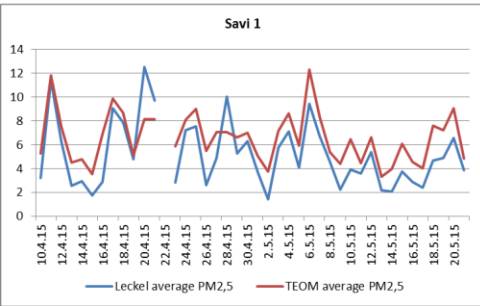
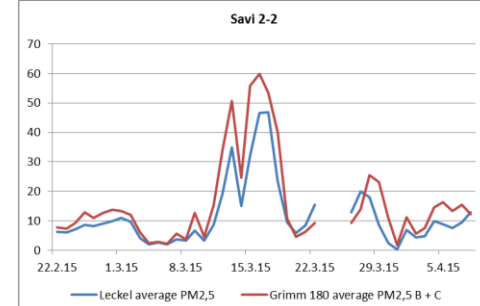
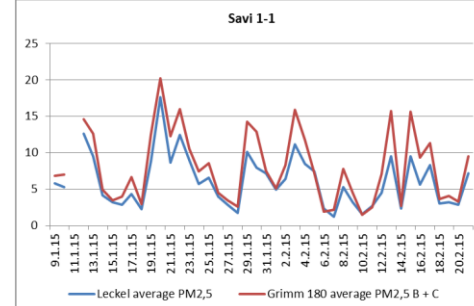
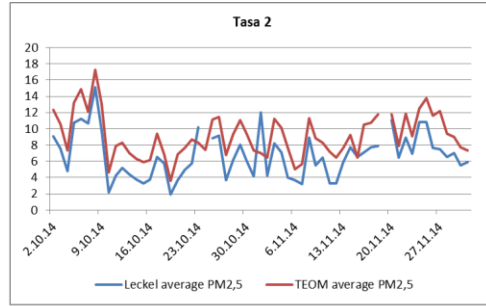
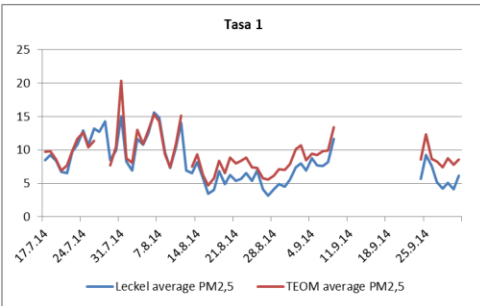


# PM2.5 Aikasarja CM & RM



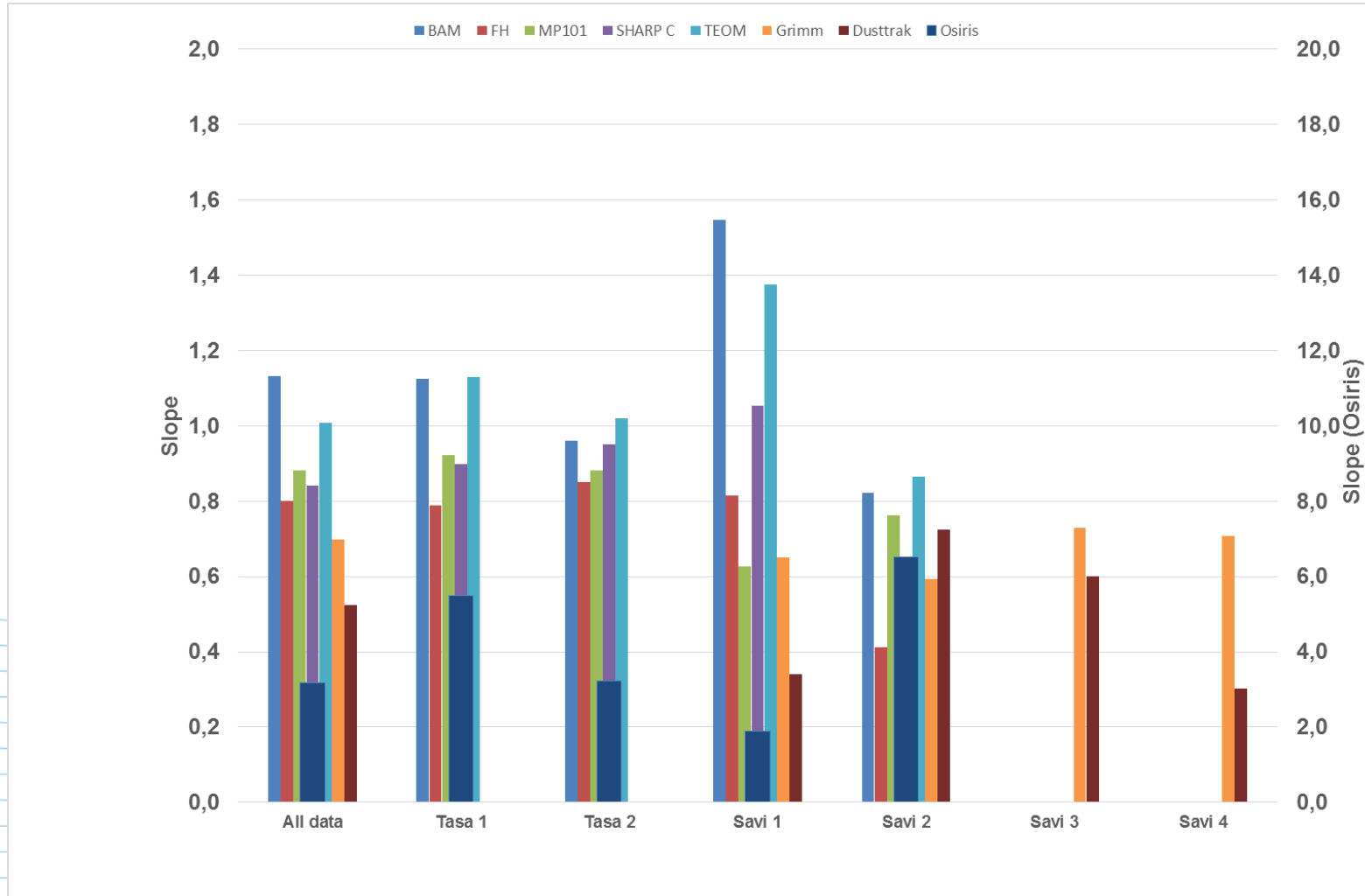


# PM2.5 Aikasarja CM & RM



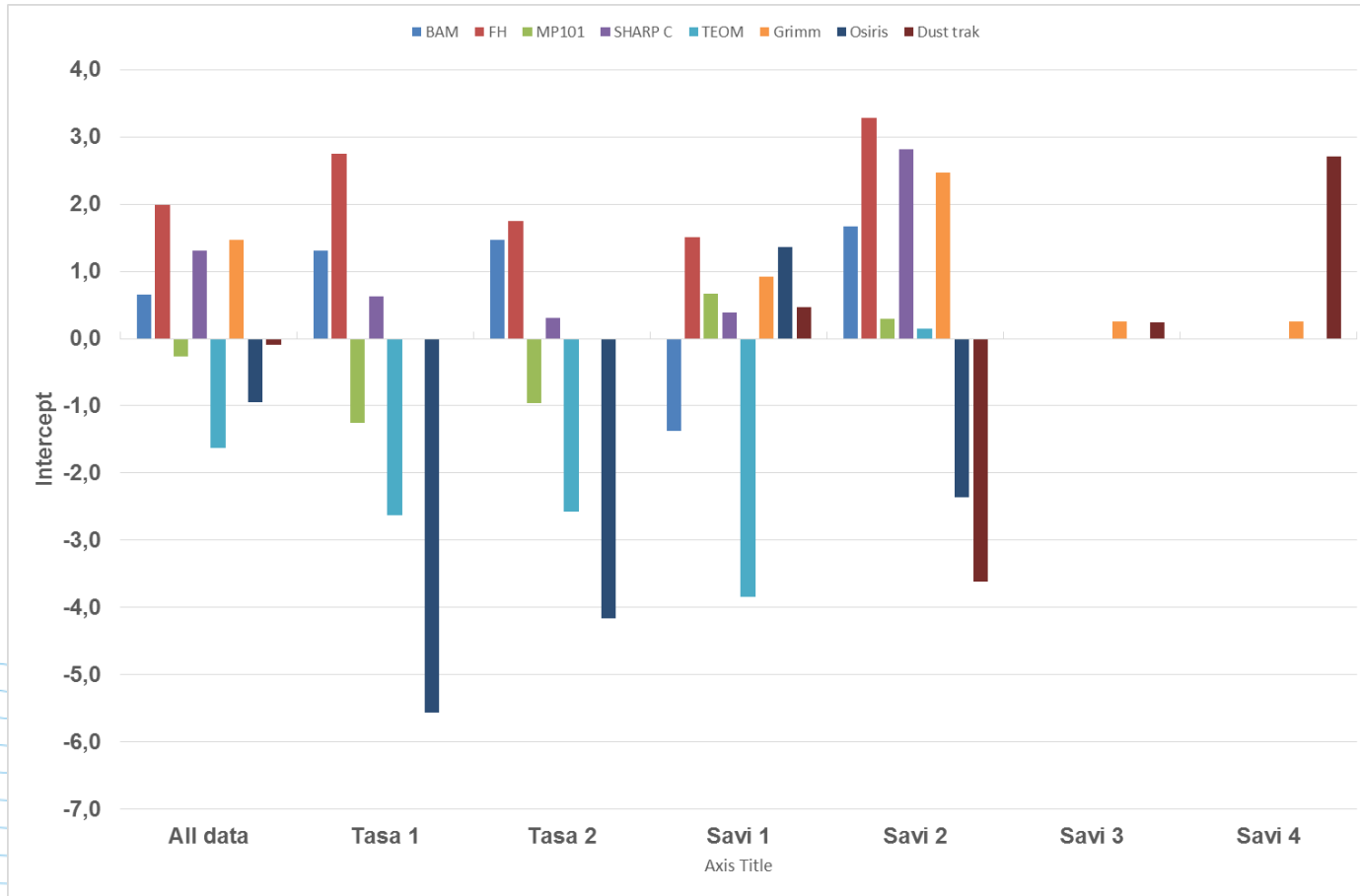


# PM2.5 Calibration slopes by CM





# PM2.5 Calibration intercepts by CM





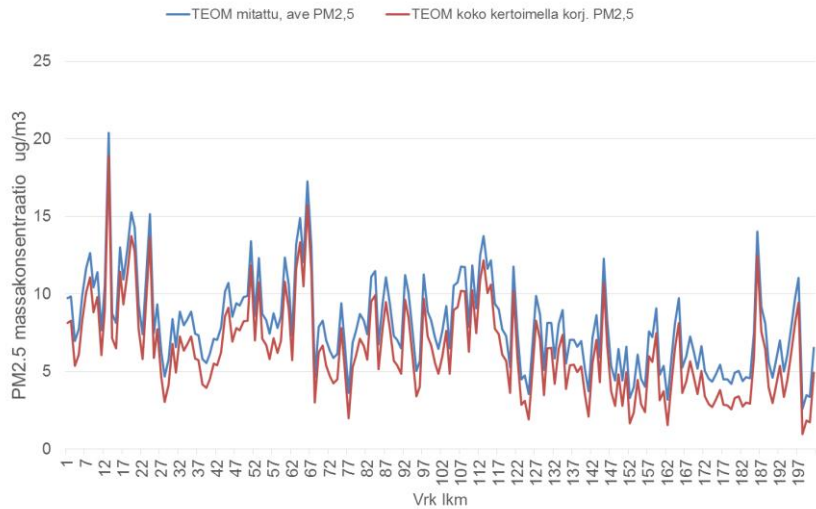
# PM2.5 Calibration intercepts by CM

PM2.5 PM-analysaattori	< 25 µg/m <sup>3</sup>		< 25 µg/m <sup>3</sup>	
	Kalibrointiyhtälö PM <sub>2.5</sub>	Suhteellinen laajennettu mittausepävarmuus U(%)	Kalibrointiyhtälö pakotettu 0-kautta PM2.5	Suhteellinen laajennettu mittausepävarmuus U(%)
BAM 1020	1,100y + 0,733	7,4%	1,215y	19,9%
GRIMM 180 (*)	0,747y + 0,532	12,6 %	0,780y	12,3 %
SHARP 5030 C-dust	0,854y + 1,187	7,3%	1,009y	27,7%
SHARP 5030 (beta)	0,971y -0,003	0,2%	0,971y	0,2%
FH 62 IR	0,850y + 1,709	17,3%	1,097y	51,8%
TEOM 1405	1,009y -1,681	8,8%	0,821y	31,4%
MP101M	0,812y -0,306	8,9%	0,780y	31,4%
OSIRIS (*)	3,324y -1,073	124,2%	2,020y	76,1%
Dusttrak (*)	0,602y -1,002	37,9%	0,550y	143,9%

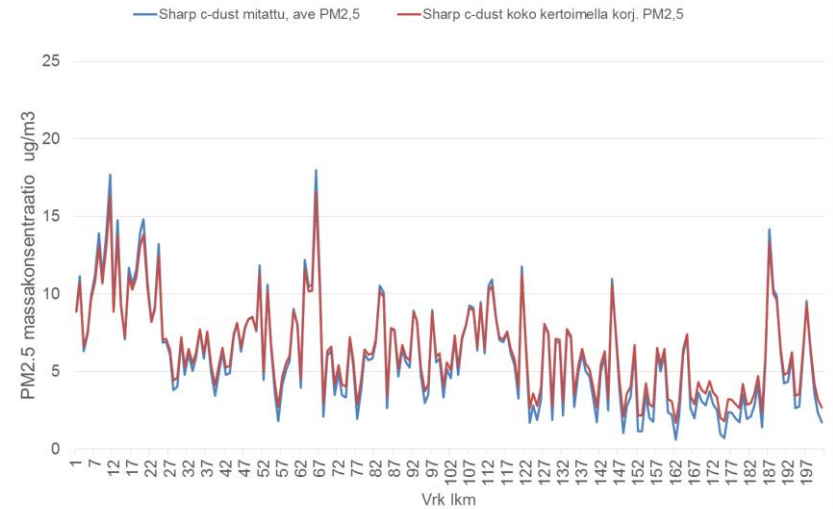


# PM2.5 Kalibrointiyhtälöillä korjatut CM:t

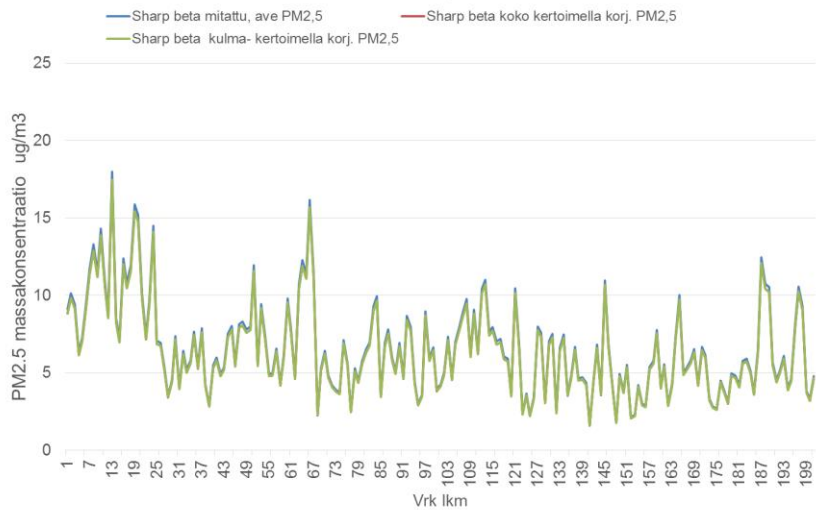
### TEOM 1405



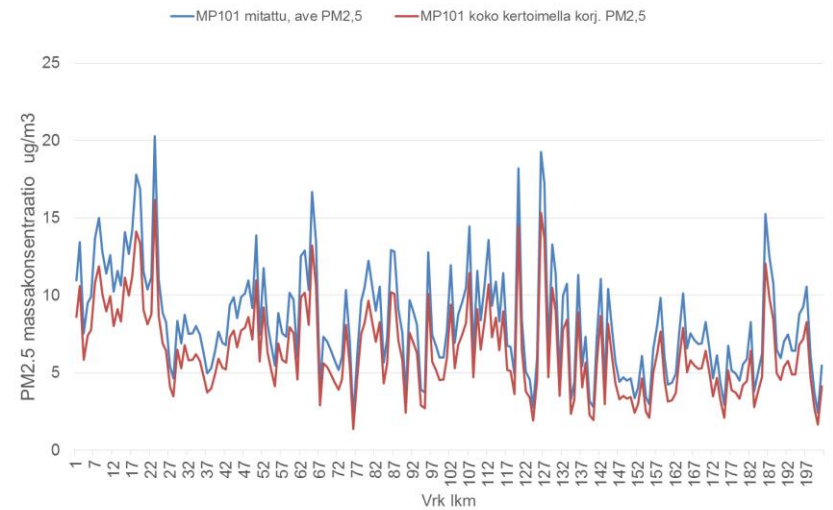
### SHARP C-dust



### SHARP beta signal



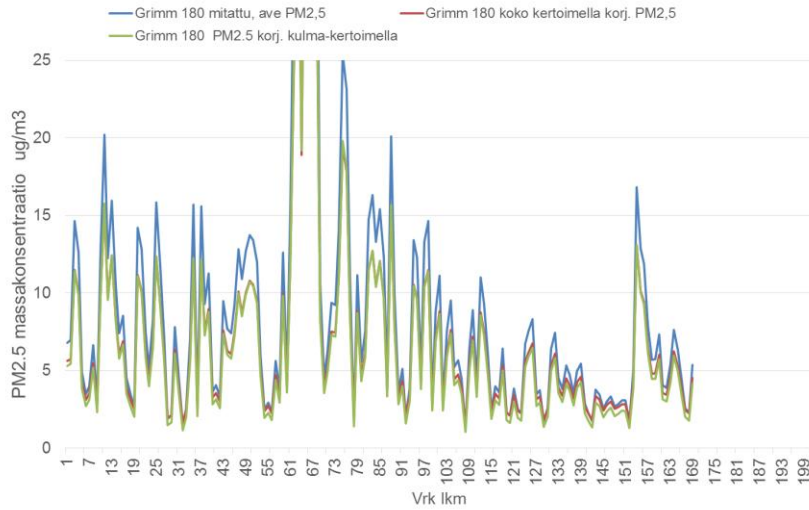
### MP-101 CPM



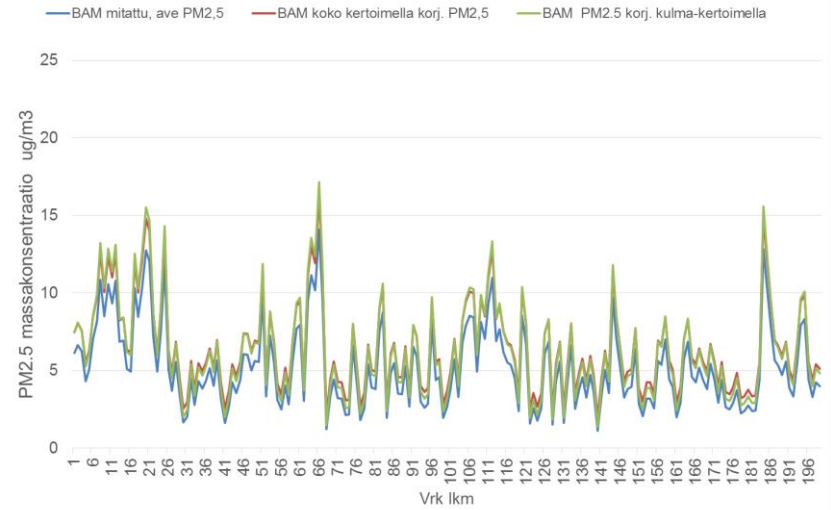


# PM2.5 Calibration intercepts by CM

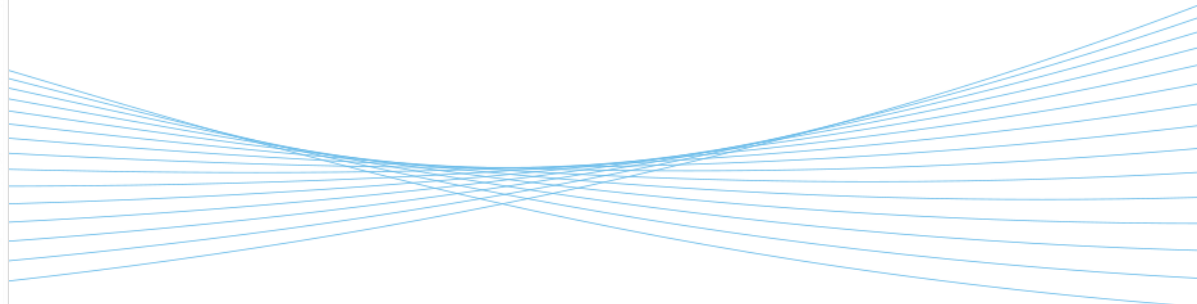
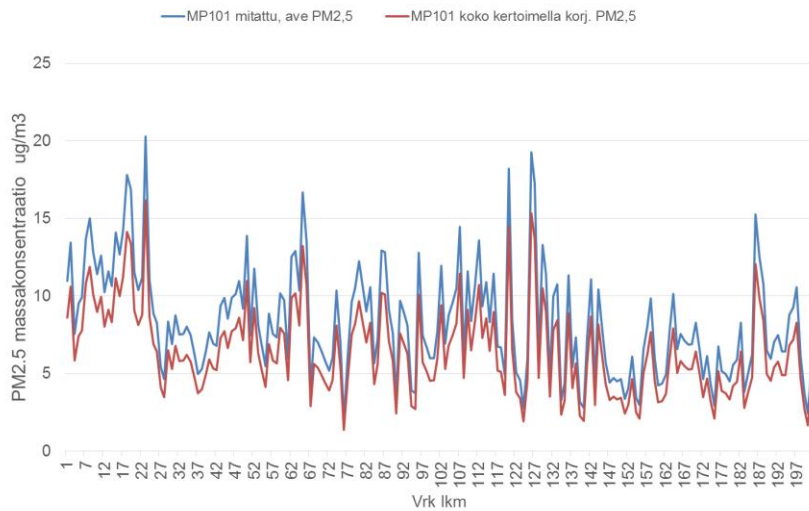
### Grimm 180



### BAM 1020



### MP-101 CPM

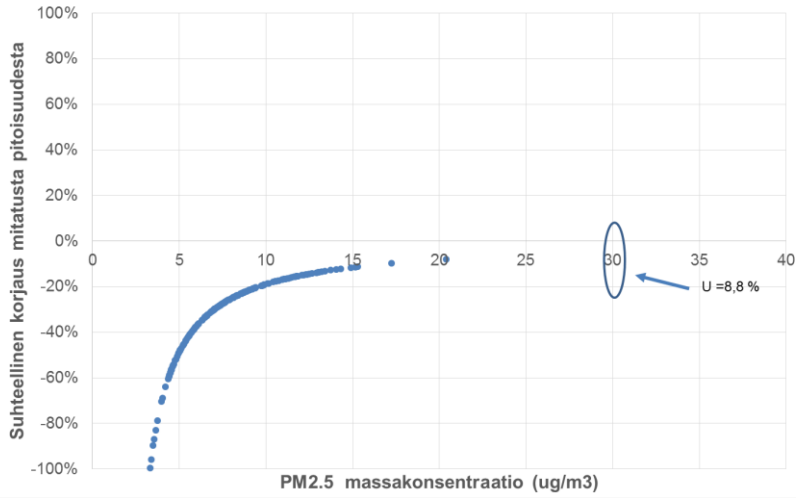




# PM2.5 Calibration intercepts by CM

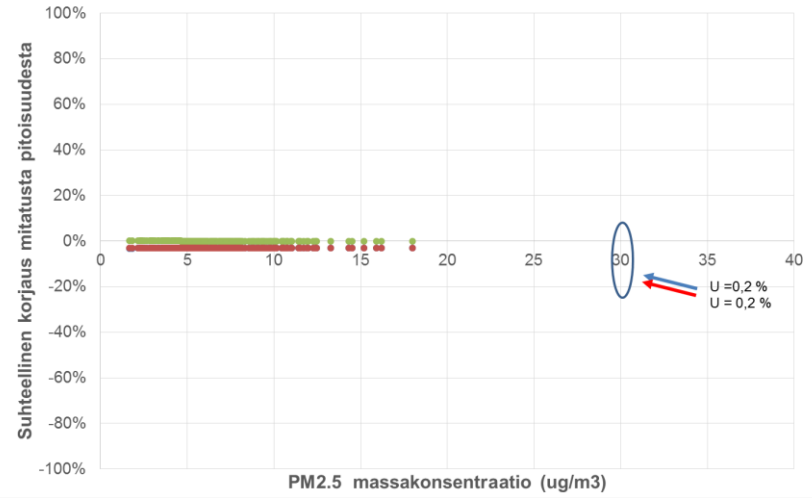
### TEOM 1405

• Suht poikkeama kalib yht korjattu



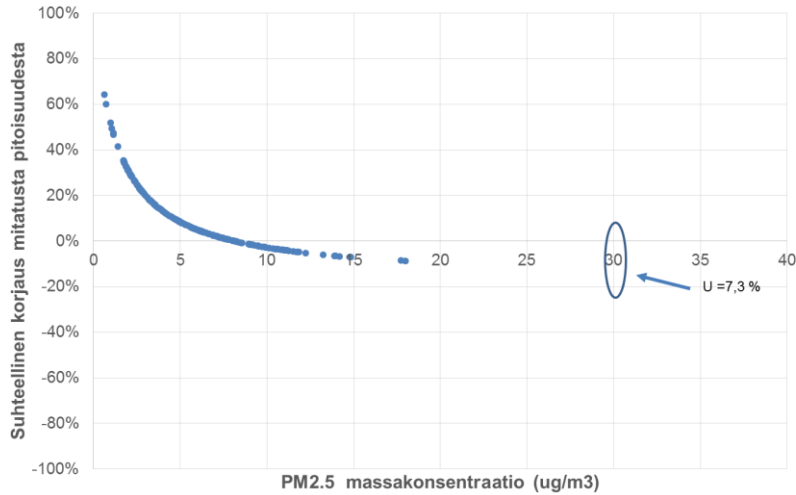
### SHARP beta signal

• Suht poikkeama kalib yht korjattu • Suht poikkeama kk • Suurin poikkeama kalibrointikorjauksista %



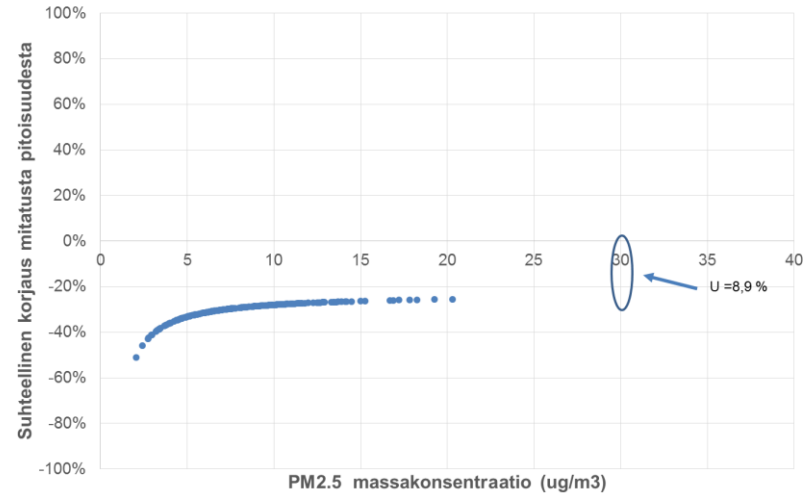
### SHARP C-dust

• Suht poikkeama kalib yht korjattu



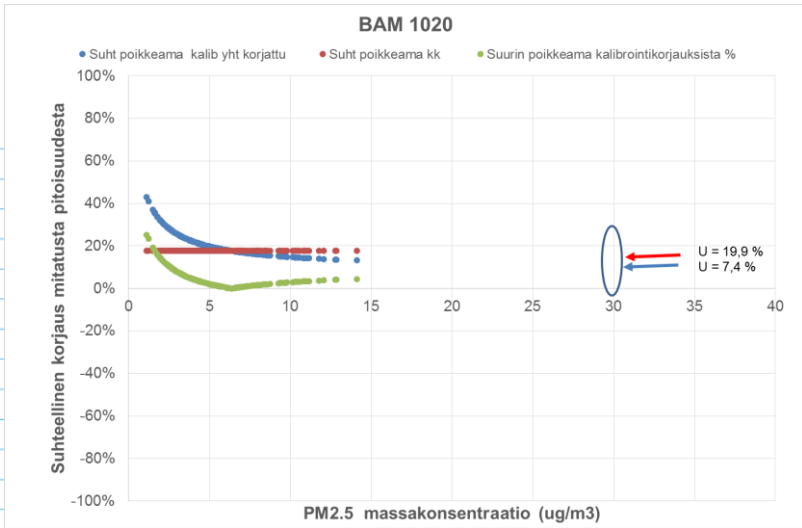
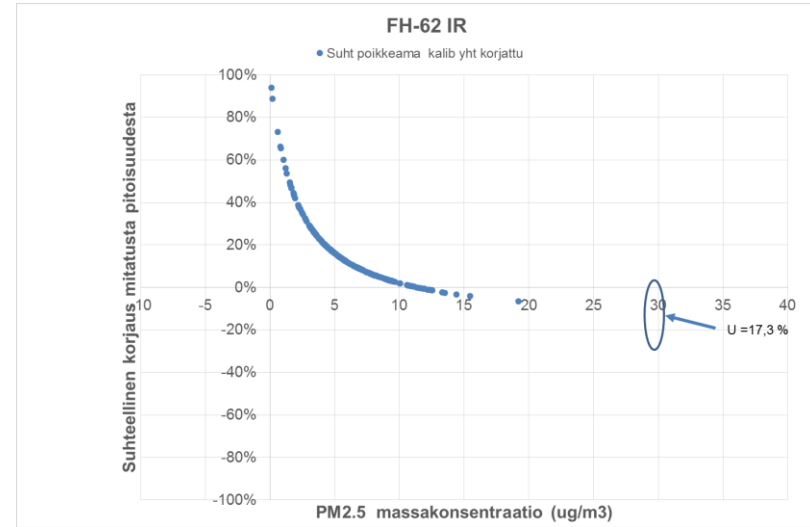
### MP-101

• Suht poikkeama kalib yht korjattu





# PM2.5 Calibration intercepts by CM





# Kysymyksiä kertoimien käytöstä

- Voiko uudenmalliselle Teom 1405:lle määritettyä kerrointa soveltaa sellaisenaan vanhoihin Teom 1400A laitteisiimme?
  - *Kyllä, teknisesti laite on sama*
- Raporttia kahlattuani päädyin siihen, että Teom 1405:lle käytettävät kertoimet (y on alkuperäinen mittaustulos) otettaneen taulukoista seuraavasti:
  - PM10; Table A10.1 = (0,868y- 2,068)
  - PM2.5; Table A20.1 = ( 1,009y - 1,681)
  - *Kyllä, Taulukot 5.19 & 5.20:*
    - *PM10 suositetaan kerrointa  $TEOM(PM10)_{korjattu} = 0,788 \times TEOM(PM10)_{mitattu}$*
    - *PM2.5 käytettävä kerrointa  $PM2.5(TEOM(PM2.5))_{korjattu} = 1,009 \times TEOM(PM2.5)_{mitattu} - 1,681$*
  - Vastaavasti muut laitteet, esim Grimm 180:
    - *PM10 suositellaan kerrointa  $Grimm\ 180(PM10)_{korjattu} = 0,922 \times Grimm\ 180(PM10)_{mitattu}$*
    - *PM2.5 suositellaan kerrointa  $Grimm\ 180(PM2.5)_{korjattu} = 0,780 \times Grimm\ 180(PM2.5)_{mitattu}$*



## Kysymyksiä kertoimien käytöstä

- Tallennetaanko uudet kertoimet Teomiin sellaisenaan aiempien tilalle, vai onko tehtävä ensin jokin laskutoimitus, koska vertailumittauksessa Teomissa oli käytössä manuaalin mukaiset kertoimet?
  - *Tärkeä pointti:*
    - *Teomissa kertoimen tehdasasetusta ei muuteta. Kalibrointikerroin on NYT määritetty tehdaskertoimelle. Käytettävä kerroin tallennetaan mittausverkon ylläpitäjän metatieto-hakemistoon. Sieltä tieto siirtyy IL:ään syötettävien tietojen mukana.*
    - *Muut testatut laitteet:*
      - *SHARP 5030, FH-62 IR laitteiden kerroin testeissä ollut 1. **TARKISTA OMASTA LAITTEESTASI, ETTÄ KERROIN (EU) = 1,***
      - *BAM 1020, MP-101 CPM, Grimm 180, Osiris (PM10), : Taulukon 5.19 ja 5.20 kertoimet.*
- Millä kertoimella vanhat vuosikeskiarvot korjataan vertailun pohjaksi?
  - *Vanhoja vuosikeskiarvoja ei sellaisenaan korjata uudelleen.*



## Kysymyksiä kertoimien käytöstä

- Käytetäänkö samaa korjauskerronta ympäri vuoden pitoisuustasosta riippumatta?
  - *Kyllä*
- Mistä alkaen korjauskertoimia on käytettävä? Tuleeko asiasta jokin ohjeistus?
  - *1.1.2017 alkaen,*
- Mitäpä jos samalla laitteella mitattu PM2.5 pitoisuus on korjauksen jälkeen suurempi kuin PM10 pitoisuus, kumpi tieto on oikea?
  - *Tällainen tilanne voi syntyä käytettiinpä mitä hyväksytyä kerrointa tahansa: riippuu PM10/PM2.5 suhteesta ja pitoisuudesta. Tämä on vain hyväksyttävä*
- Tallennetaanko uudet kertoimet Envidakseen (?) sellaisenaan?
  - *Kyllä, konsultointi Hnu Nordion/Paavo Pudas*

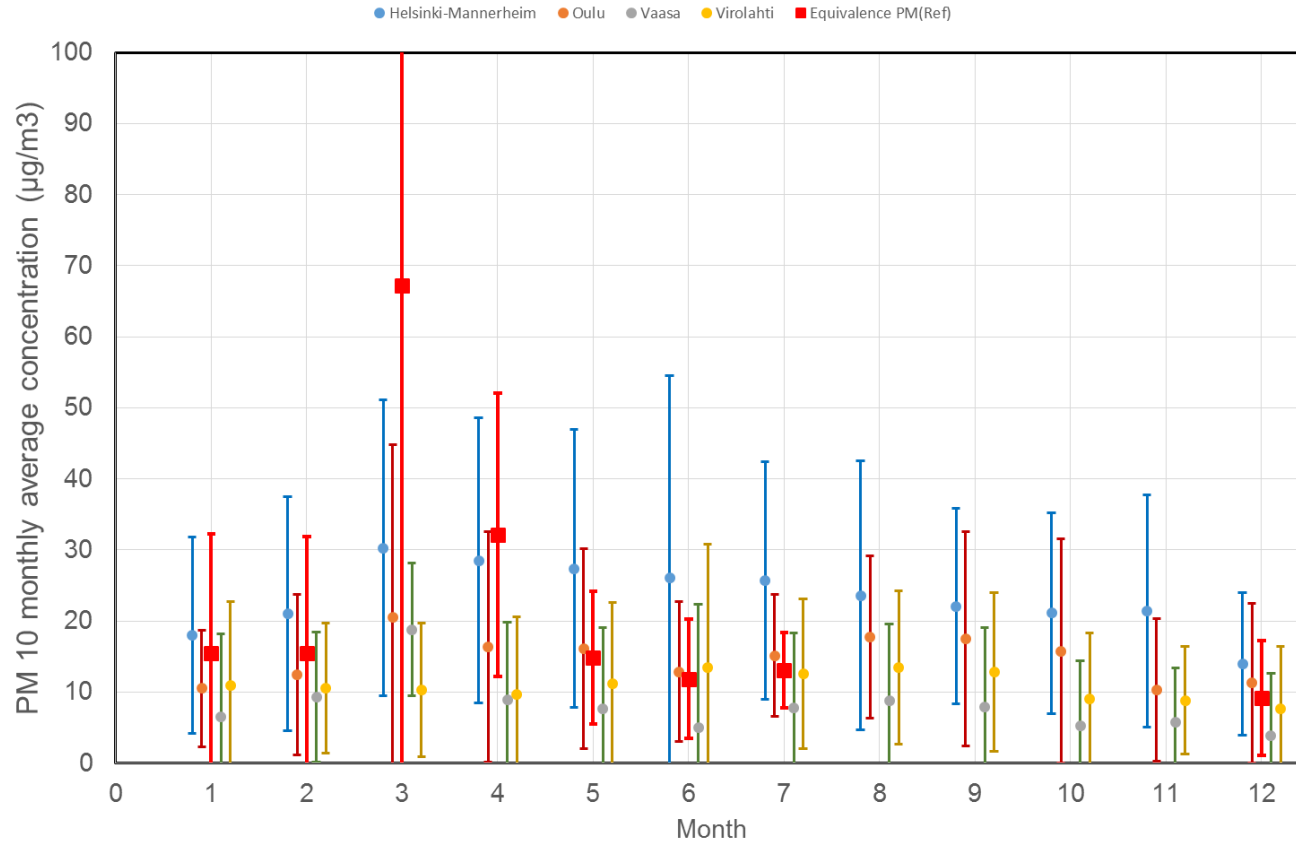


## Kysymyksiä kertoimien käytöstä

- Kuopion vertailun kertoimien käyttö. Olisi järkevää/selkeää, että kaikki mittaajat käyttäisivät samoja korjauskertoimia (nyt vaihtoehtoja on useita). HSY on ottanut käyttöön vakiotermilliset PM2.5 ja PM10 (  $<325 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ) kertoimet.
  - *Yhtenäiset kertoimet samoilla kandidaattimenetelmille; periaatteessa kyllä, mutta*
    - *Pitoisuustasot vaihtelevat eri puolilla Suomea*
    - *Myös hiukkaslähteet vaihtelevat*
    - *Puolihaihtuvien yhdisteiden osuus hiukkasmassasta vaihtelee*
    - *Vertailumenetelmän pitoisuusalue on 0 – 150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$*
  - **Suositus**
    - *PM10: Tulokset korjataan käyttäen **vain** kulmakerroin-korjausta (pitoisuus  $< 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  )*
    - *PM2.5: Grimm 180 ja SHARP 5030  $\beta$ -signaali: Kulmakerroin-korjaus*  
*Muut (pl. Osiris ja Dusttrak): Kalibrointiyhtälö  $y = a*x + b$*



# PM10 kk-keskiarvopitoisuuksia eri puolilla Suomea





## PM10 kalibrointiyhtälöt

PM10 PM-analysaattori	< 325 µg/m3		< 100 µg/m3		< 100 µg/m3	
	Kalibrointiyhtälö PM <sub>10</sub>	Suhteellinen laajennettu mittausepävarmuus U(%)	Kalibrointiyhtälö PM10	Suhteellinen laajennettu mittausepävarmuus U(%)	Kalibrointiyhtälö pakotettu 0- mittausepävarmuus U(%)	Suhteellinen laajennettu mittausepävarmuus U(%)
BAM 1020	0,942y + 0,437	12,6%	0,858y + 1,919	10,3%	0,913y	11,7%
GRIMM 180	0,855y + 2,139	17,0 %	0,871y + 1,927	17,0 %	0,922y	17,9 %
SHARP 5030 C-dust	1,404y -2,750	17,2%	1,486y -3,904	16,5%	1,319y	16,3%
SHARP 5030 (beta)	1,415y -2,233	12,8%	1,489y -3,301	12,5%	1,351y	12,5%
FH 62 IR	1,300y -0,904	16,5%	1,372y -1,850	17,1%	1,297y	12,6%
TEOM 1405	0,868y -2,068	14,4%	0,804y -0,623	13,6%	0,788y	13,0%
MP101M	0,811y + 2,311	11,0%	0,887y + 0,826	9,4%	0,910y	9,6%
OSIRIS	1,401y -0,153	15,7%	1,338y + 0,57	15,3%	1,363y	15,7%
Dusttrak	7,478y -76,819	402,3%	5,761y -55,073	1132,0%	2,02y	92,0%



## PM2.5 Kalibrointiyhtälöt

PM2.5 PM-analysaattori	< 25 µg/m <sup>3</sup>		< 25 µg/m <sup>3</sup>	
	Kalibrointiyhtälö PM <sub>2.5</sub>	Suhteellinen laajennettu mittausepävarmuus U(%)	Kalibrointiyhtälö pakotettu 0-kautta PM2.5	Suhteellinen laajennettu mittausepävarmuus U(%)
BAM 1020	1,100y + 0,733	7,4%		
GRIMM 180 (*)			0,780y	12,3 %
SHARP 5030 C-dust	0,854y + 1,187	7,3%		
SHARP 5030 (beta)			0,971y	0,2%
FH 62 IR	0,850y + 1,709	17,3%		
TEOM 1405	1,009y -1,681	8,8%		
MP101M	0,812y -0,306	8,9%		
OSIRIS (*)				
Dusttrak (*)				



# PM2.5 Calibration intercepts by CM

<b>Verkoissa:</b>			Kalibrintikerroin	
TEOM yhteensä		23	Taulukot 5.19 & 5.20	
FH62 yhteensä		7	Taulukot 5.19 & 5.20	
SHARP yhteensä		3	Taulukot 5.19 & 5.20	
GRIMM yhteensä		5	Taulukot 5.19 & 5.20	
API300 yhteensä		1		
MonitorLabs yhteensä		2		
MP101 yhteensä		7	Taulukot 5.19 & 5.20	
Eberline Particulate Sampler FH 95 PM10		1		



# Yhteenveto

- Loppuraportti valmis ja kalibrointikertoimia on käytettävä EU-raportoinnissa
- Yhtenäinen käytäntö kalibrointikertoimien suhteen toivottava, mutta valinnanvapaus pitoisuustason ja sijainnin suhteen mahdollista, taulukot 5.19 – 20.
- Tallentakaa ja raportoikaa käytetty kalibrointikerroin, myös jälkipolville
- Jatkuva vertailu referenssimenetelmän kanssa järjestettävä hiukkasmittauksille: EN 16450
-



ILMATIETEEN LAITOS  
METEOROLOGISKA INSTITUTET  
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

# KYSYMYKSIÄ

