



ILMATIETEEN LAITOS
METEOROLOGISKA INSTITUTET
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

Hiukkasvertailut

Mika Vestenius
Ilmatieteen laitos

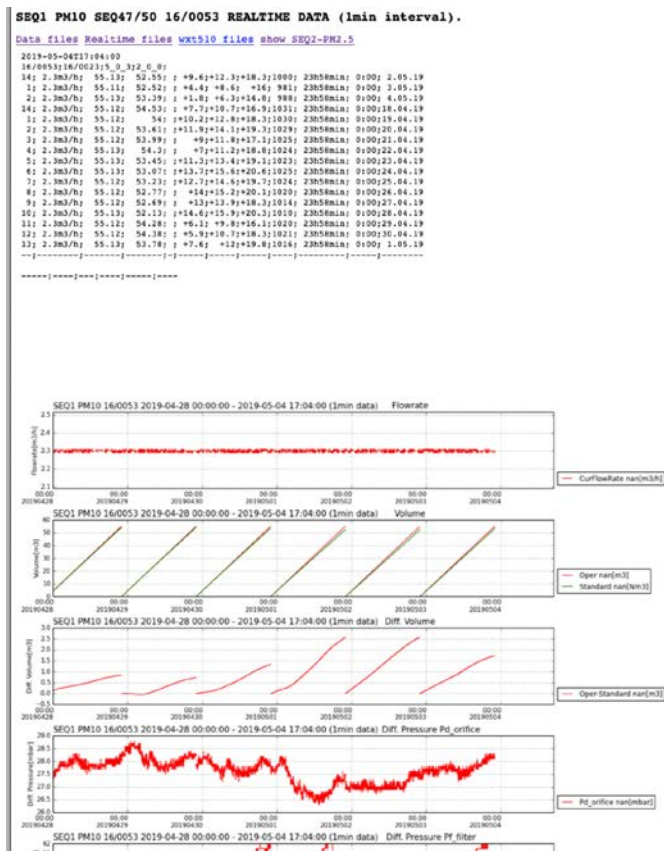
7.5.2019

Mittaajatapaaminen 2019, Turku



Sisältö

- PM ongoing-vertailukampanjan tulokset
- FIDAS-soveltuvuusvertailu, alustavia tuloksia
- PM 2.5 –mittausten soveltuvuustutkimusprojekti (HIVATO) 2019-2020



PM ongoing 2017-2018

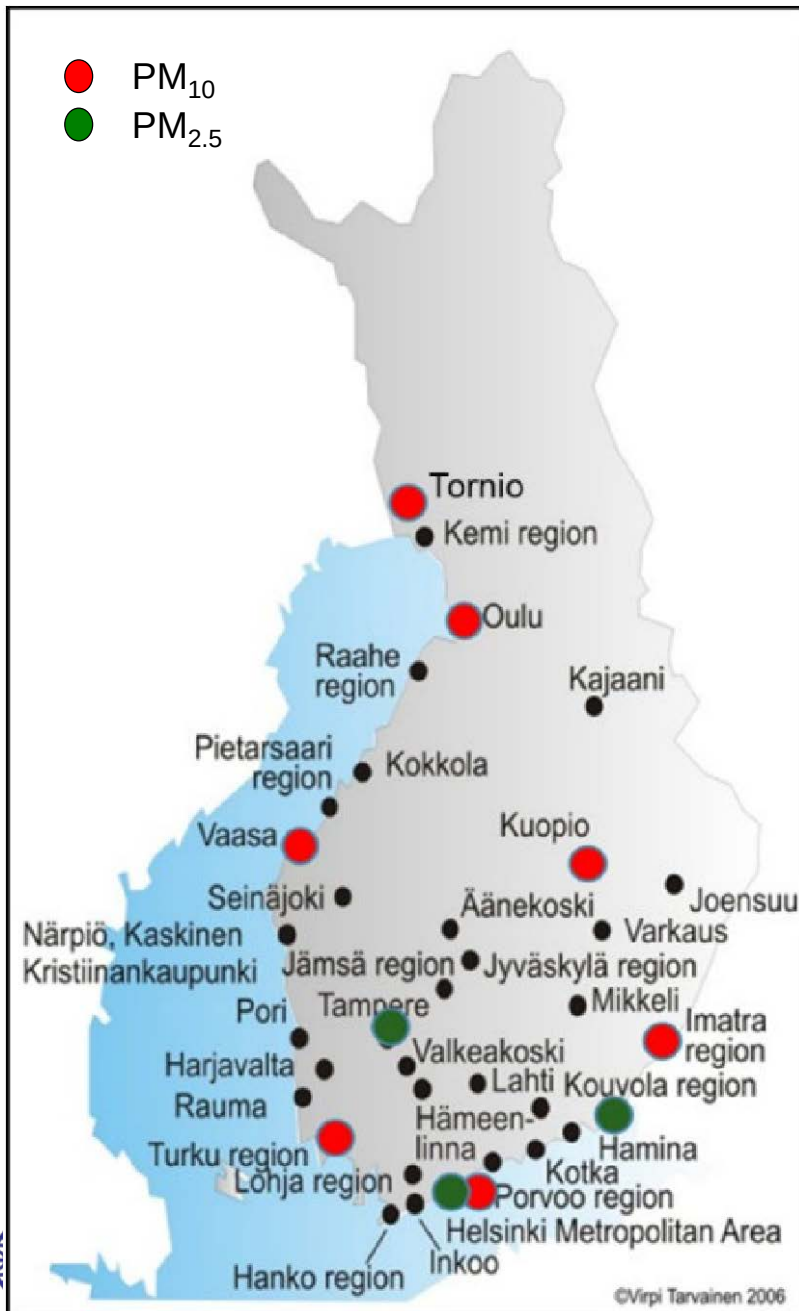
- Automaattisen hiukkasmittalaitteen (AMS) vastaavuus eli ekvivalenttisuus vertailumenetelmää vastaan on osoitettava (EN 16450)
- Lisäksi täytyy todistaa AMS:n soveltuvuus siinä ympäristössä jossa laitetta käytetään.
- Tässä tutkimuksessa tutkittiin Kuopion kertoimien soveltuvuutta eri puolella Suomea vuonna 2017
- Tehtiin lyhyitä PM10 ja PM2.5 -kampanjoita yhteensä kymmenessä paikassa
- Waldén ja Vestenius, 2018. Verification of PM-analyzers for PM10 and PM2.5 with the PM reference method http://expo.fmi.fi/ages/public/Raportteja_2018_2_Verification_of_PM-analyzers.pdf



Mukana olevat laitteet

- REF:
 - Leckel 47/50 SEQ
 - Derenda sampler
- AMS:
 - TEOM 1405,
 - TEOM 1405D
 - FH-62 IR
 - SHARP 5030
 - APM-2
 - GRIMM 180
 - MP 101
 - Osiris

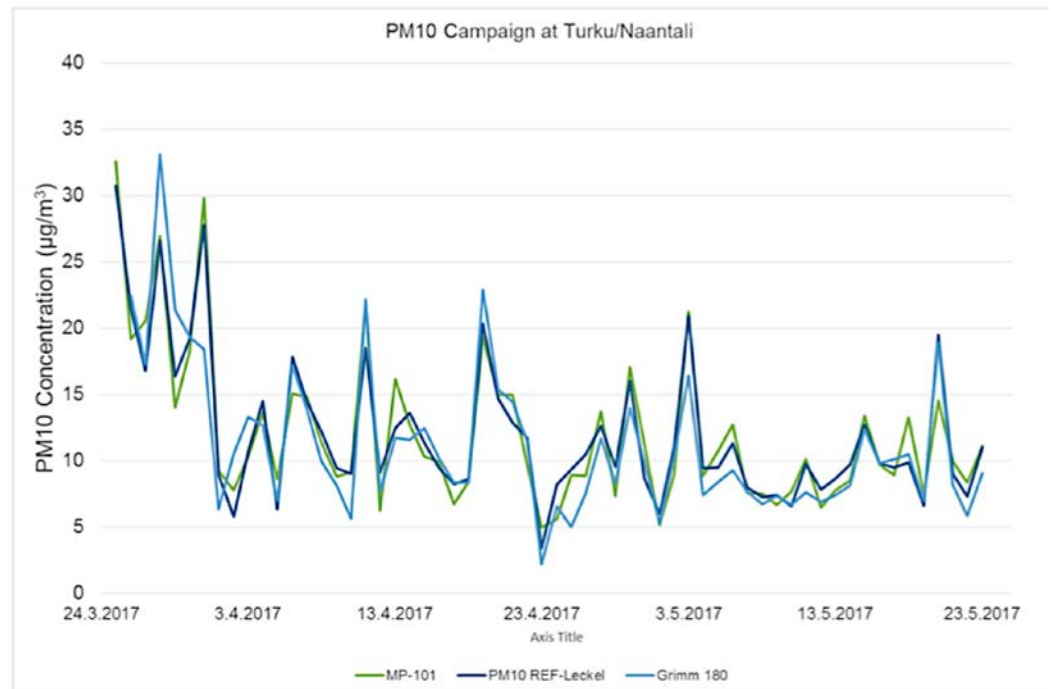
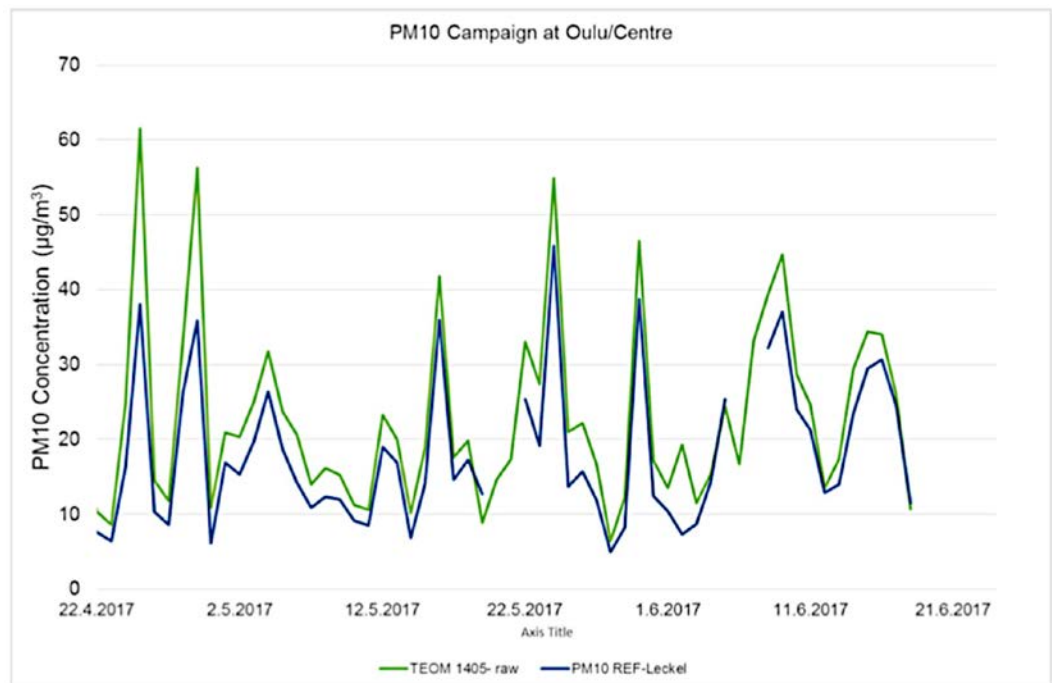




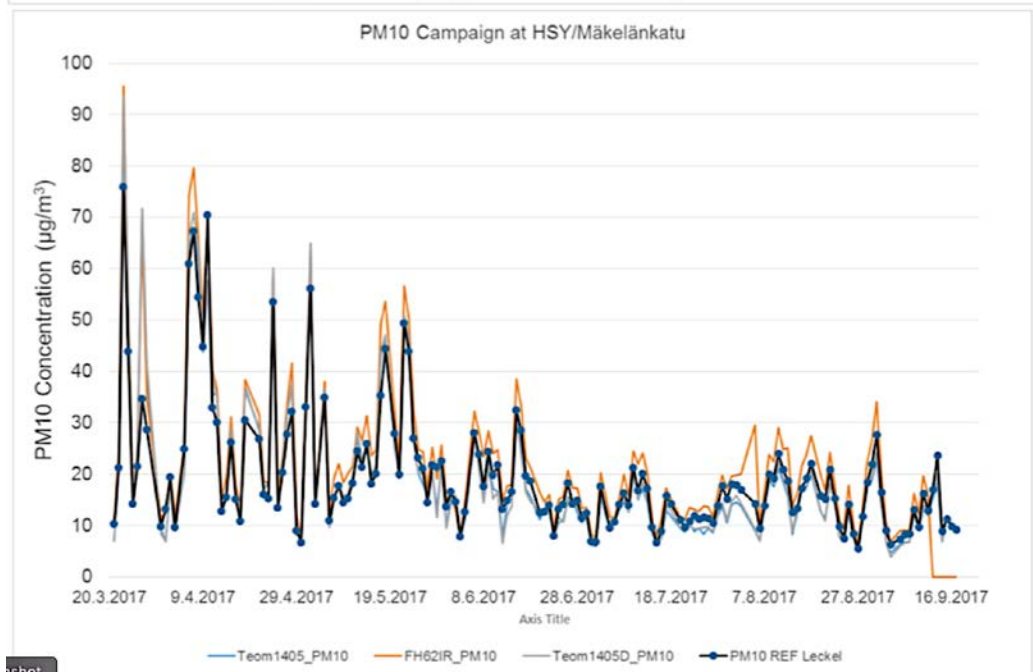
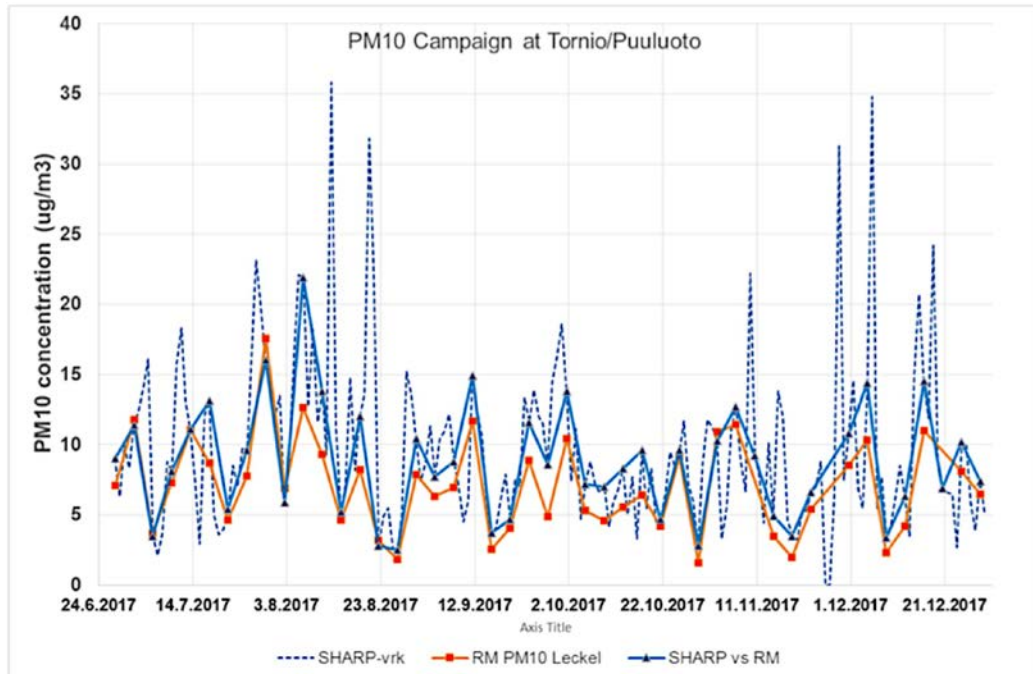
! "%& ' () * + , - . : ; < = > ? [\] ^ _ ` { } ~	(# \$ % & ' () * + , - . : ; < = > ? [\] ^ _ ` { } ~	* + , - . : ; < = > ? [\] ^ _ ` { } ~	- . : ; < = > ? [\] ^ _ ` { } ~	= 6 (
> # \$ % & ' () * + , - . : ; < = > ? [\] ^ _ ` { } ~	6 + / , ' ' + 3	: C; @ ; < ; 87D	E"0' "3FD9:8 (>G 56 78	H>I 6 7F8<456 78 J 81 1 7KF456 78
HL& L	! ++/ # 3	: 7;C; @ ; < ; 87D	E"0' "3FD9:8 (>G 56 78	6 5 787456 78 J 81 1 7MBND6 RH(5 (R=- 5 <8C8 ND6 R456 78
R(S @ " 3) ')	6 ?' " 3 / ' + # L	: 7;C; @ ; < ; 87D	* " & / U+ , +1 23' & 456 78	H>I 6 7F8<456 78 H>I 6 7F8<* 456 78 V56 : ; < 9 % # & , " OR @ : P 456 78 J 81 1 7MB4H(5 I ,) 8 , 4H(5 =56 @4H(5
I L 3	A" , ' L , #	: 8;F @ ; < ; 87D	E"0' "3FD9:8 (>G 56 78	H>I 6 7F8<456 78
H+1 2" &	>2)3	D;K @MM: 87D	E"0' "3FD9:8 (>G 4 56 : ; <	J 81 1 7MB4H(5 J 81 1 7MBND6 RH(5 (R=- 5 <8C8 ND6 R456 : ; <
Vj&3>X#	Y?2?3?	: ;D @ ; < ; 87D	* " & / U+ , +1 23' & 456 : ; <	H>I 6 7F8<456 : ; < (R=- 5 <8C8456 : ; <
R(S @ " 3) ')	A+3)%	MT; @ ; < ; 87D	E"0' "3FD9:8 (>G 4 56 : ; <	H>I 6 7F8456 : ; < H>I 6 7F8<456 : ; <
R(S @ " 3) ')	6 ?' " 3 / ' + # L	MT @ ; < ; 87D	E"0' "3FD9:8 (>G 456 : ; <	H>I 6 7F8<456 : ; < H>I 6 7F8<* 456 78 V56 : ; < 9 % # & , " HX" & % CRK: @ 4: ; < J 81 1 7MB4H(5 I ,) 8 , 4H(5 =56 @4H(5
H%&)%	5LL3.##%	C8;K @ ; < ; 87D	E"0' "3FD9:8 (>G 56 78	(R=- 5 <8C8456 78
W++ , +	A" , ' L , #	K;77 @ M7: ; 87M	E"0' "3FD9:8 (>G 56 78	6 5 787456 78



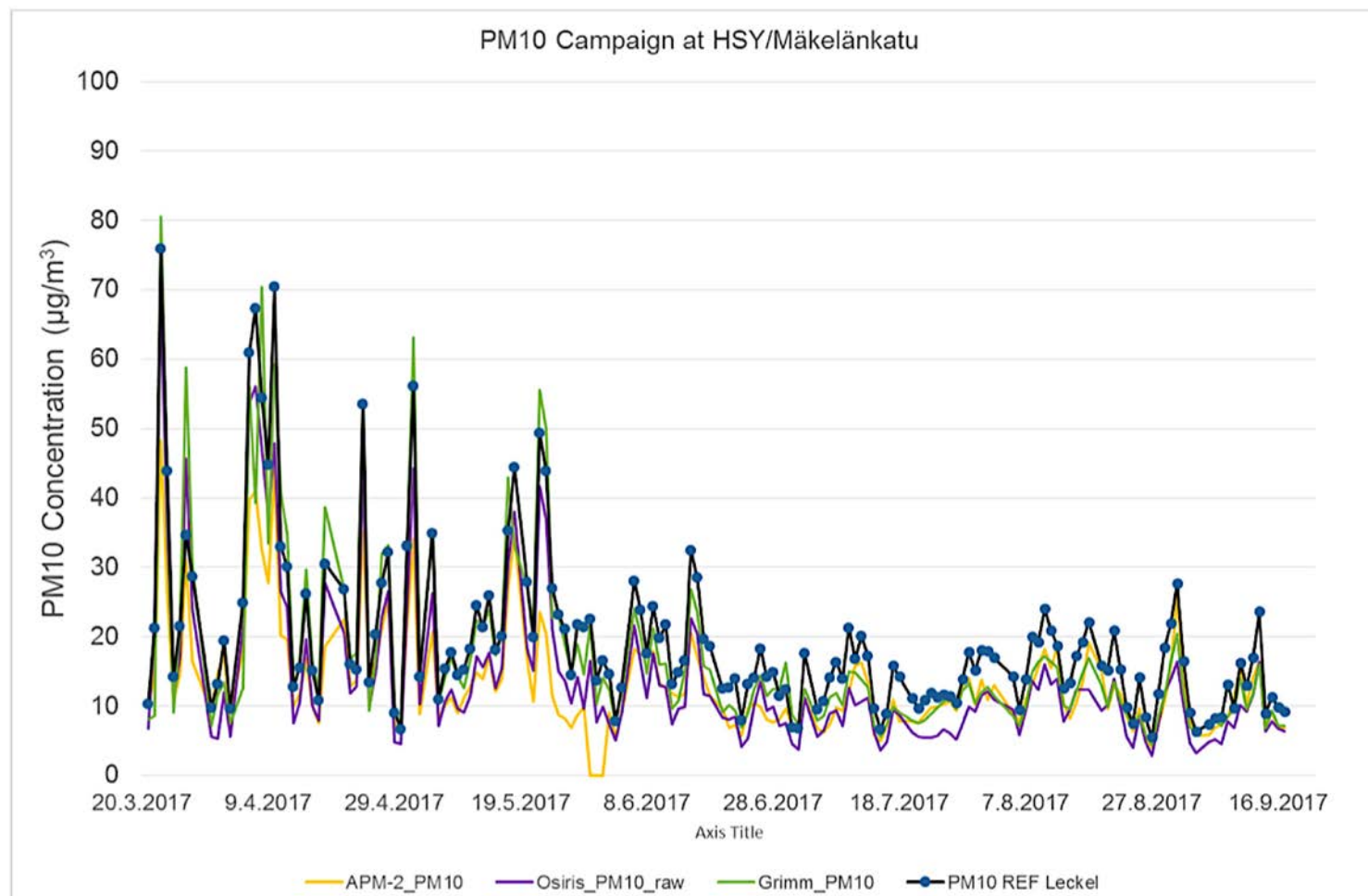
- TEOM 1405 PM10
- MP101 PM10
- GRIMM 180 PM10



- SHARP PM10
- FH62-IR PM10
- TEOM 1405 PM10
- TEOM 1405D PM10

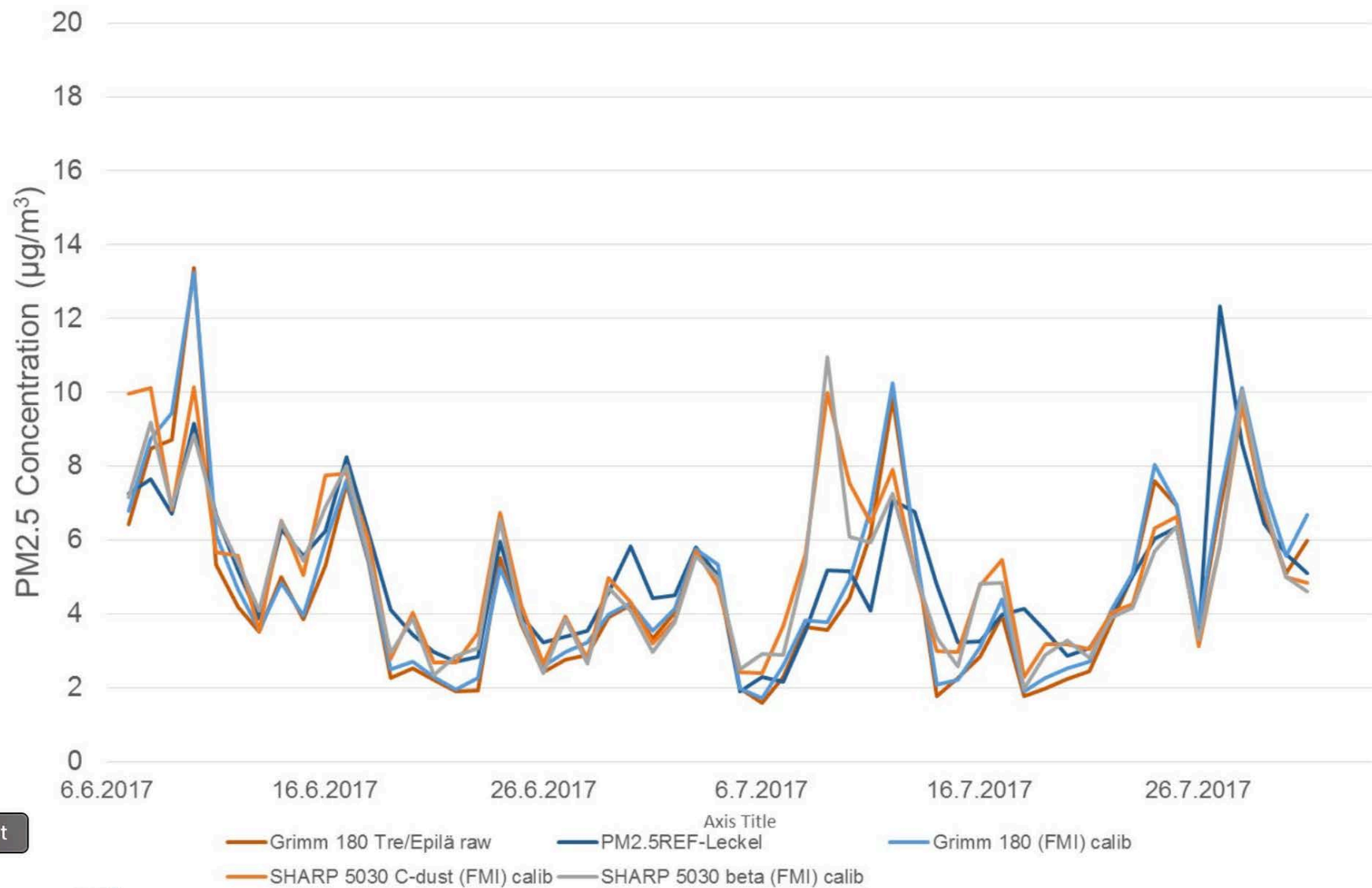


- APM-2 PM10
- Osiris PM10

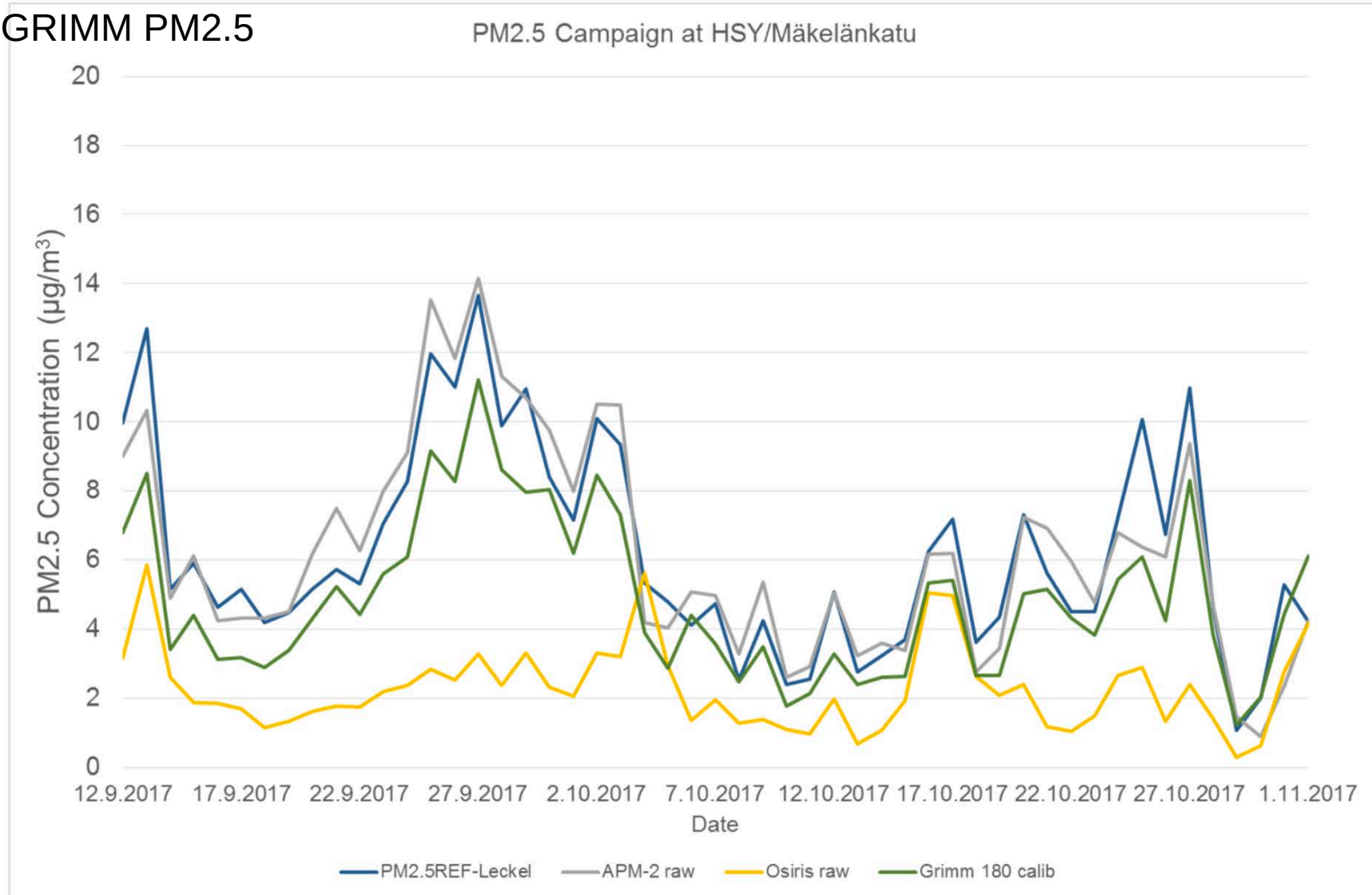


GRIMM PM2.5

SHARP PM2.5 C-dust & beta PM2.5 Campaign at Tampere/Epilä



APM-2 PM2.5
OSIRIS PM2.5
GRIMM PM2.5



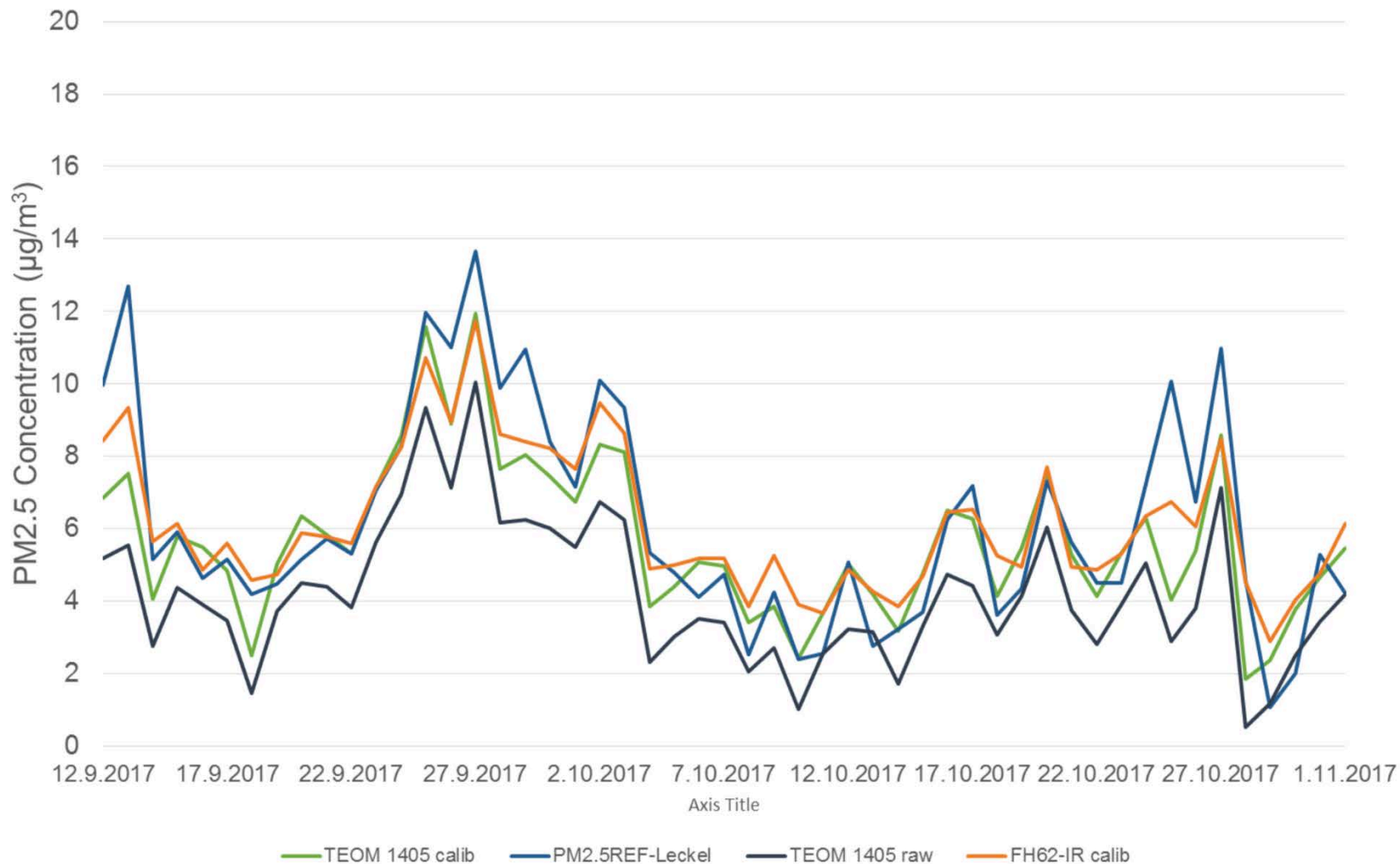
Screenshot

Figure 3.13a. Time series of daily average $\text{PM}_{2.5}$ mass concentration at HSY/Mäkeläncatu.

TEOM 1405

FH62 IR

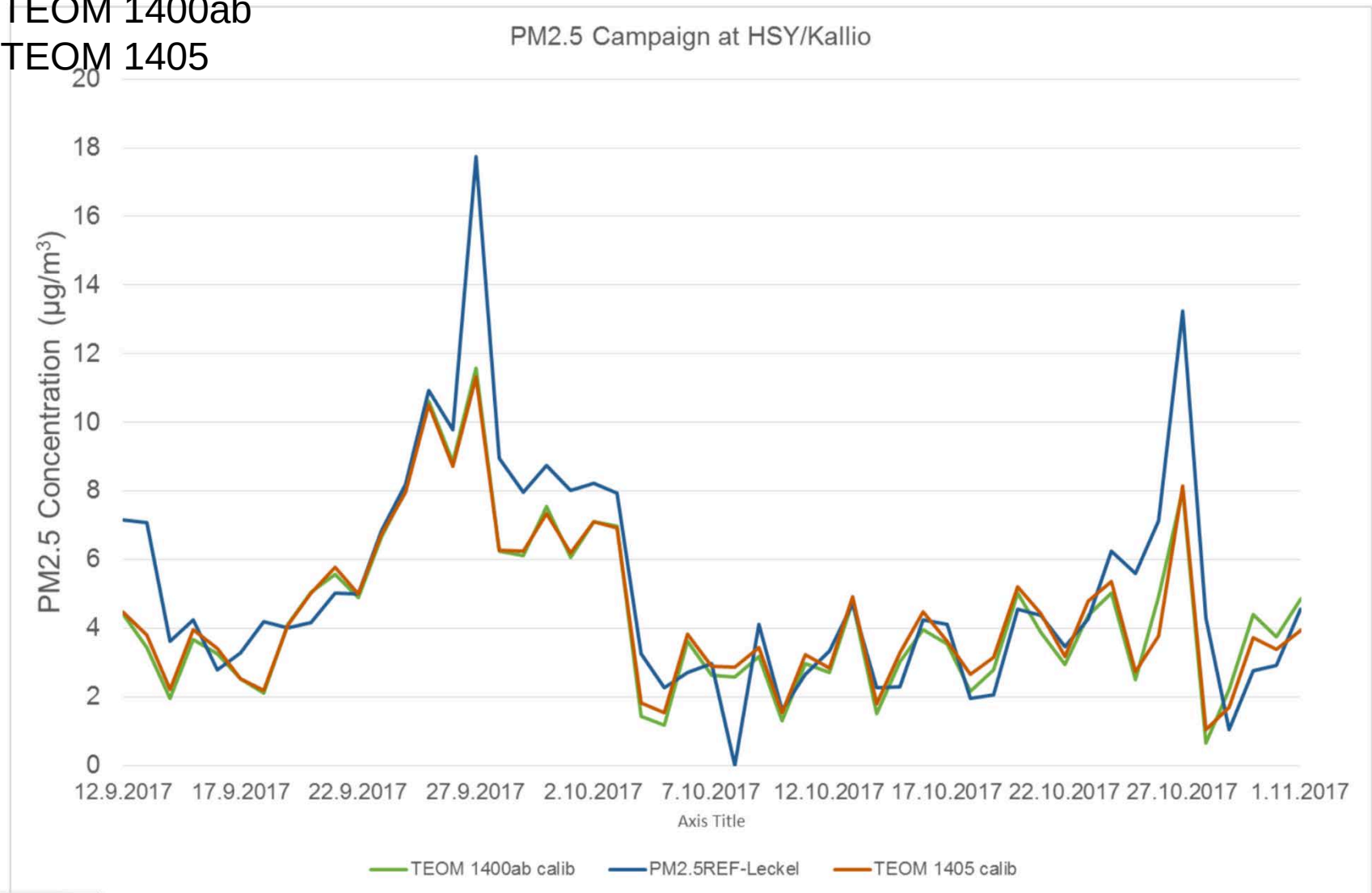
PM2.5 Campaign at HSY/Mäkelänpäätie



Screenshot

Figure 3.15b. Time series of daily average $\text{PM}_{2.5}$ mass concentration at HSY/Mäkelänpäätie.

TEOM 1400ab
TEOM 1405



Screenshot

Figure 3.16. Time series of daily average $\text{PM}_{2.5}$ mass concentration at HSY/Kallio.

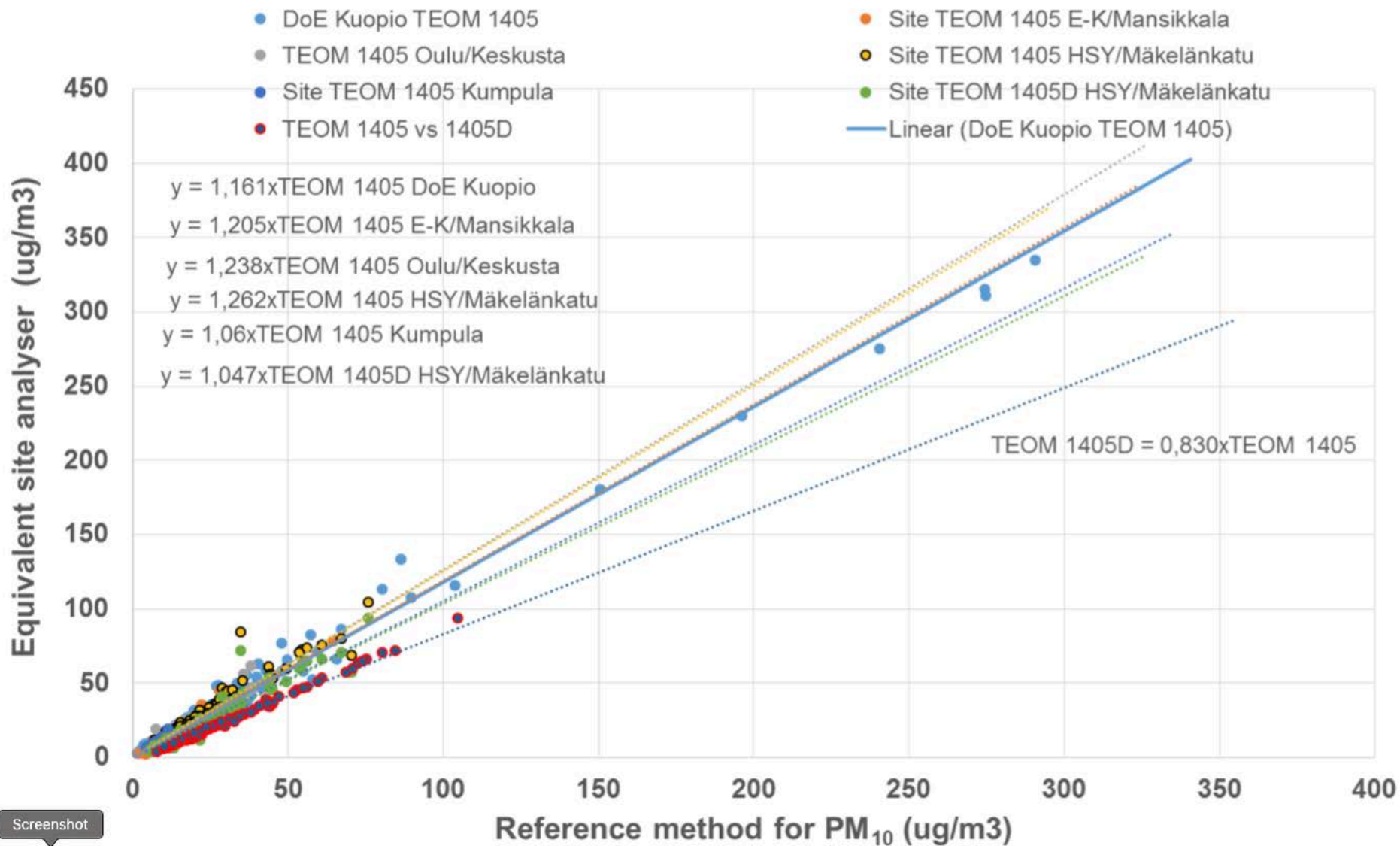
Verification test PM ₁₀	Criteria	Etelä-Karjala/Mansikkala TEOM 1405 raw	Oulu/keskusta TEOM 1405 raw	HSY/Mäkeläkatu TEOM 1405 calib	HSY/Mäkeläkatu TEOM 1405D
Concentration range	µg/m ³	0 - 75	0 - 55	0 - 90	0 - 90
Raw data					
Slope	significant (Yes/No)	1,2270	1,148	1,1465	1,1931
Intercept	significant (Yes/No)	-0,5	2,0	-3,43	1,05
Expanded relative uncertainty	≤ 25%	44,6 %	38,6 %	18,10 %	25,00 %
Fail/Pass	≤ 25%	Fail	Fail	Pass	Fail
Calibrated data					
Calibration: equation		0,815y + 0,375	0,874y + -1,707	0,872y + 2,992	0,838y + 3,291
Expanded relative uncertainty	≤ 25%	10,8%	7,8 %	8,75 %	9,10 %
Fail/Pass	≤ 25%	Pass	Pass	Pass	Pass
Calibration: slope through origin		0,83y	0,808	0,982	0,955
Expanded relative uncertainty	≤ 25%	9,3%	10,3 %	15 %	16 %
Fail/Pass	≤ 25%	Pass	Pass	Pass	Pass
Calibration equation				0.868y - 2.068	

(Waldén *et al.*, 2017).

PM10 Candidate method	Measurement range < 325 µg/m3		Measurement range < 325 µg/m3	
	Calibration equation PM ₁₀	Relative expanded uncertainty U(%)	Calibration equation through origin PM10	Relative expanded uncertainty U(%)
BAM 1020	0,942y + 0,437	12,6%	0,947y	12,6%
GRIMM 180	0,855y + 2,139	17,0 %	0,908y	18,0 %
SHARP 5030 C-dust	1,404y -2,750	17,2%	1,362y	17,3%
SHARP 5030 (beta)	1,415y -2,233	12,8%	1,380y	13,0%
FH 62 IR	1,300y -0,904	16,5%	1,288y	16,4%
TEOM 1405	0,868y -2,068	14,4%	0,848y	14,4%
MP101M	0,811y + 2,311	11,0%	0,830y	12,1%
OSIRIS	1,401y -0,153	15,7%	1,398y	15,7%
Dusttrak	7,478y -76,819	402,3%	-	-



Comparison TEOM 1405 raw



Screenshot



ILMATIETEEN LAITOS
METEOROLOGISKA INSTITUTET
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

Ongoing-kampanjan tulokset

- TEOM 1405:lla voidaan käyttää Kuopiossa saatuja kertoimia
 - TEOM 1405:n ja TEOM1405D:n tulosten välillä on niin suuri systemaattinen ero että 1405:n Kuopion kalibrointikertoimia ei voi käyttää 1405D-mallin tuloksiin.
 - TEOM1405D:lle ei ole tehty vertailumittauksia. Sen takia sitä ei voi käyttää Suomessa raja-arvoseurannassa.
- MP101 pärjasi hyvin PM_{10} :lla. Kuopion kertoimet toimii.
 - $PM_{2.5}$:lla MP101:a ei ole testattu.
- GRIMM 180 tulokset sopivat hyvin yhteen Kuopion tulosten kanssa -> Kuopion kertoimet toimii.
 - GRIMM on herkkä eri lähteiden vaikutuksille → on tärkeää että kalibrointi on kunnossa.



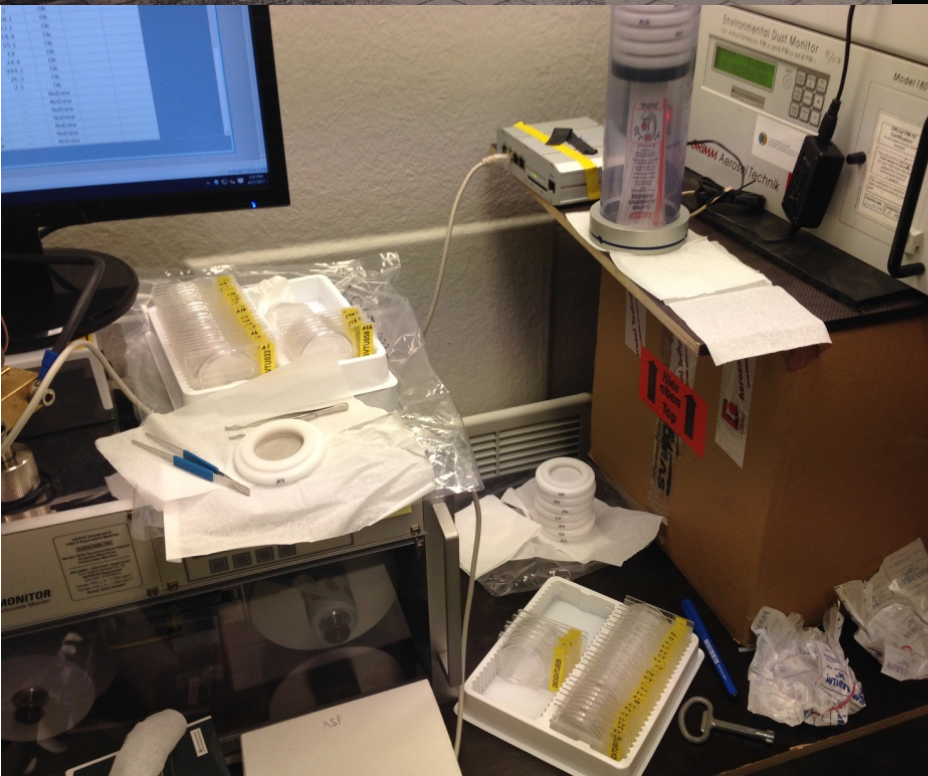
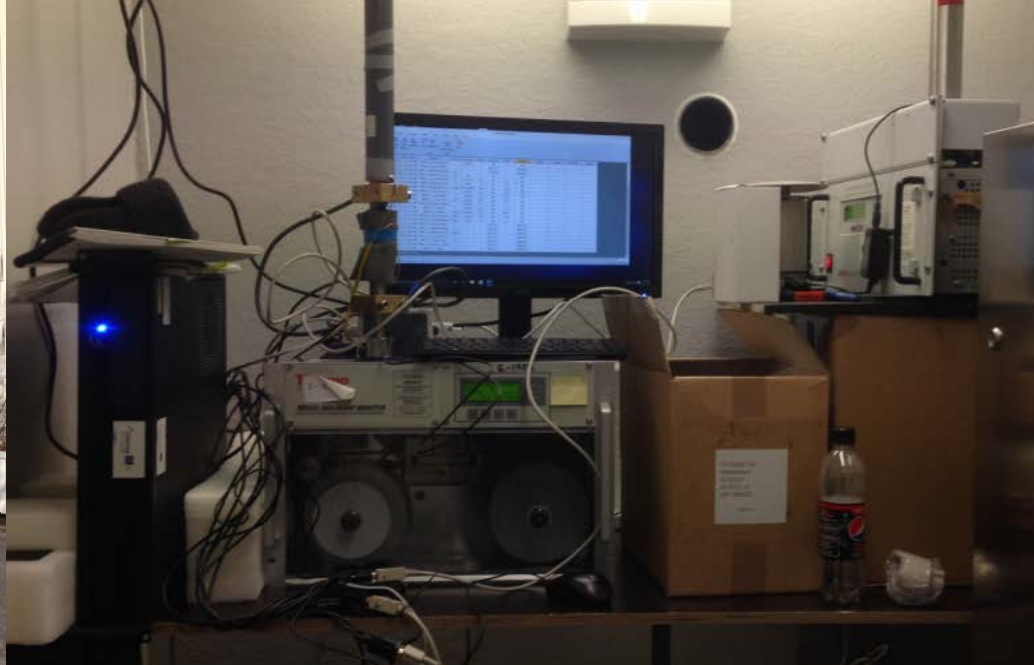
- FH62-IR pärjasi paremmin Helsingissä tässä tutkimuksessa määritetyillä kertoimilla (PM_{10} 1.066, $PM_{2.5}$ 1.19) kuin Kuopion kertoimilla . Muualla maassa tulee käyttää Kuopion kertoimia.
- Osiris läpäisi PM_{10} :lla mutta ei $PM_{2.5}$:lla, kuten Kuopiossa.
- APM-2:a ei testattu Kuopiossa, mutta TÜV:n vertailutestien ja ja tämän tutkimuksen perusteella sitä voi käyttää Suomessa $PM_{2.5}$:lla TÜV:n testeissä saaduilla kertoimilla ja PM_{10} :lla tässä tutkimuksessa määritetyillä kertoimilla.
- SHARP 5030 PM_{10} läpäisi C-Dustilla Torniossa Kuopion kulmakertoimella,
- Tampereella SHARP:lla Kuopion $PM_{2.5}$ kertoimet toimivat C-dustilla ja betalla.



Suosittelut kertoimet

Equivalent PM-analyzer	PM10	U(%)	PM2.5	U(%)
BAM 1020	0,947	12,6%	1,100y + 0,733	7,4%
GRIMM 180	0,975	13,0%	0,780	12,3%
SHARP 5030 C-dust	1,242	15,2%	0,998	24,9%
SHARP 5030 (beta)	1,278	11,8%	0,971	0,2%
FH 62 IR	1,247	15,2%	0,850y + 1,709	17,3%
TEOM 1405	0,848	14,4%	1,009y - 1,681	8,8 %
MP101M	0,938	8,4%	0,812y - 0,306	8,9%
OSIRIS	1,343	15,4%		





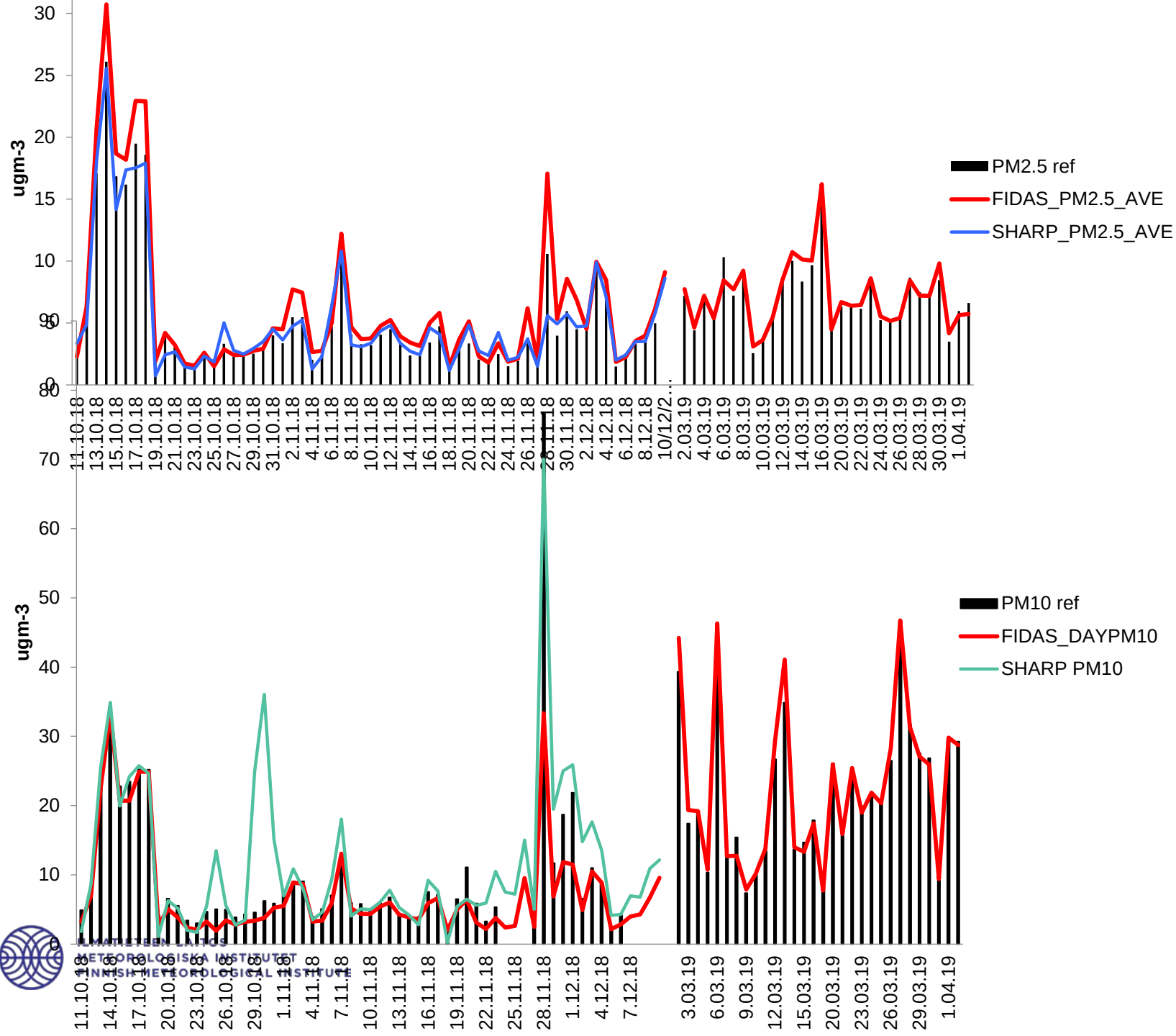
Fidas-soveltuvuustestaus



FIDAS-projekti

- FIDAS 200S oli tammi-maaliskuussa 2018 ISPRA:ssa Italiassa UK:n mukana JRC:n PM-vertailumittauksessa
- Se on läpäissyt TUVin vertailutestin ja tulossa käyttöön UK:n lisäksi myös muualle Eurooppaan
- Koska se oli meille aivan uusi laite eikä sitä ole aikaisemmin ollut Suomessa, heräsi mielenkiinto tutkia ja testata sitä täällä
- Optinen, valkoiseen valoon (LED) perustuva laite
- FIDASTa testattiin Virolahdella syksyllä 2018 ja Helsingissä Mäkelänskadulla tänä keväänä





Alustavia FIDAS-tuloksia: PM10

PM10 Virolahti

Correction CM data corrected by dividing by 0.881

Slope Slope (b) = 1.002 +/- 0.025 Significant

Intercept Intercept (a) = 0 +/- 0 Significant

n n = 53

R² R Squared = 0.938

WCM Wcm = 15.87 % Pass

RMUbs RM Between-Sampler Uncertainty / SQRT(2) = 0

CMUbs CM Between-Sampler Uncertainty = Not Calculated

%> Percentage greater than 28 µg m⁻³ is 1.9%

RMCM Outliers RM CM outliers at 0.975 Confidence Level = 2

PM10 Mäkelänkatu

Correction CM data corrected by dividing by 1.05

Slope Slope (b) = 1 +/- 0.015 Significant

Intercept Intercept (a) = 0 +/- 0 Significant

n n = 30

R² R Squared = 0.976

WCM Wcm = 11.93 % Pass

RMUbs RM Between-Sampler Uncertainty / SQRT(2) = 0

CMUbs CM Between-Sampler Uncertainty = Not Calculated

%> Percentage greater than 28 µg m⁻³ is 23.3%

RMCM Outliers RM CM outliers at 0.975 Confidence Level = 0

PM10 Virolahti ja Mäkelänkatu

Correction CM data corrected by dividing by 1

Slope Slope (b) = 1.005 +/- 0.015 Significant

Intercept Intercept (a) = 0 +/- 0 Significant

n n = 83

R² R Squared = 0.969

WCM Wcm = 14.51 % Pass

RMUbs RM Between-Sampler Uncertainty / SQRT(2) = 0

CMUbs CM Between-Sampler Uncertainty = Not Calculated

%> Percentage greater than 28 µg m⁻³ is 9.6%

RMCM Outliers RM CM outliers at 0.975 Confidence Level = 4

Yhdistetty PM10; n=83

Kerroyin: 1/1.005 ; Ei tarvitse korjausta

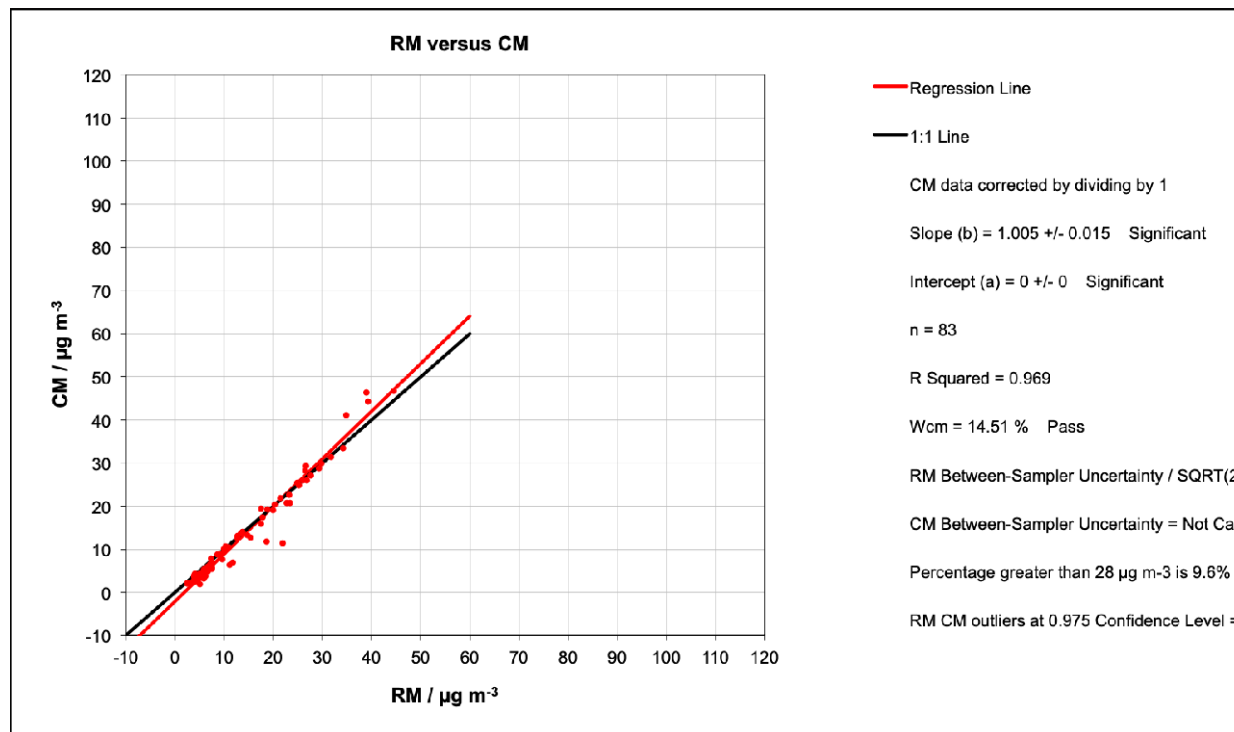
Max = 44.6 µg m⁻³

Min = 2.4 µg m⁻³

AVE = 13.5 µg m⁻³

(TUV PM10: 0.945y + 1.422)

(GB: Ei korjausta)



FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE
METEOROLOGISKA INSTITUTET

Alustavia FIDAS-tuloksia: PM2.5

PM2.5 Virolahti

Correction CM data corrected by dividing by 1.203
 Slope Slope (b) = 0.999 +/- 0.013 Not Significant
 Intercept Intercept (a) = 0 +/- 0 Not Significant
 n n = 60
 R² R Squared = 0.979
 WCM Wcm = 3.94 % Pass
 RMUbs RM Between-Sampler Uncertainty / SQRT(2) = 0.67
 CMUbs CM Between-Sampler Uncertainty = Not Calculated
 %> Percentage greater than 17 µg m⁻³ is 6.7%
 RMCM Outlier RM CM outliers at 0.975 Confidence Level = 1

Max 26.1 µg m⁻³

Min 1.5 µg m⁻³

AVE 5.8 µg m⁻³

N= 90

Yhdistetty kulmakerroin 1.144 → Kerroin 0.87y

- (TUV PM2.5: 0.929y + 0.315)
- (GB PM2.5: 0.943y + 0.210)

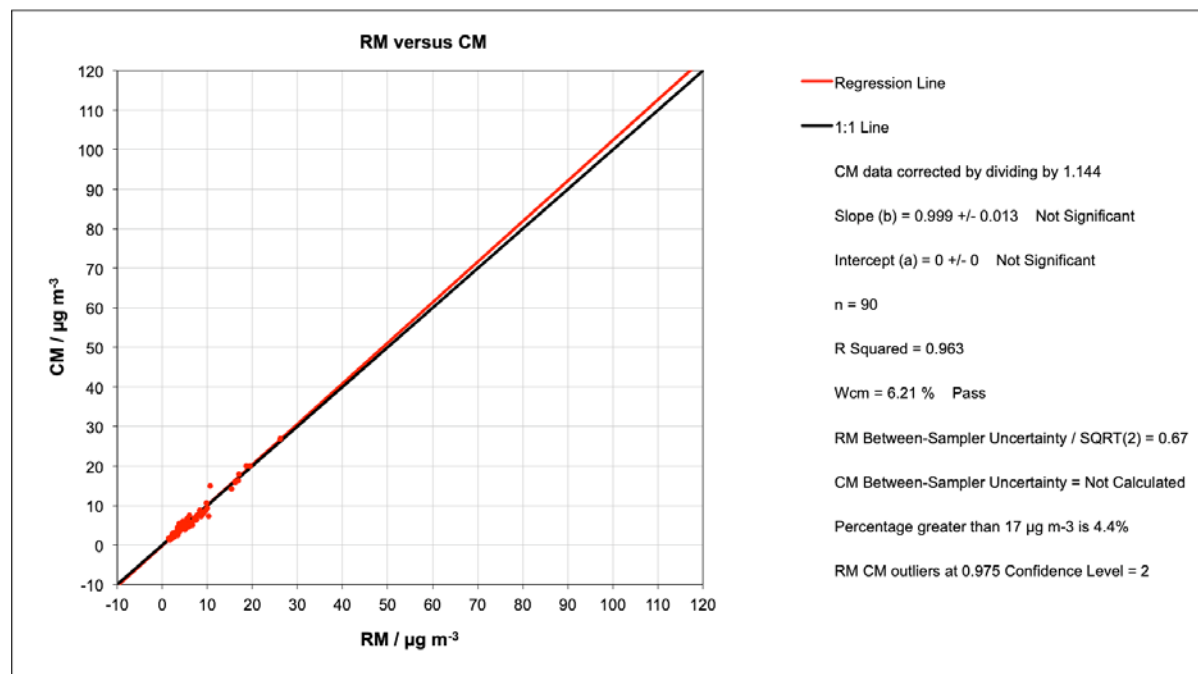
PM2.5 Mäkelänkatu

Show Parameters on Graph in Order

Correction CM data corrected by dividing by 1
 Slope Slope (b) = 1.022 +/- 0.016 Not Significant
 Intercept Intercept (a) = 0 +/- 0 Not Significant
 n n = 30
 R² R Squared = 0.936
 WCM Wcm = 10 % Pass
 RMUbs RM Between-Sampler Uncertainty / SQRT(2) = 0.67
 CMUbs CM Between-Sampler Uncertainty = Not Calculated
 %> Percentage greater than 17 µg m⁻³ is 0%
 RMCM Outlier RM CM outliers at 0.975 Confidence Level = 1

PM2.5 Virolahti ja Mäkelänkatu

Correction **CM data corrected by dividing by 1.144**
 Slope Slope (b) = 0.999 +/- 0.013 Not Significant
 Intercept Intercept (a) = 0 +/- 0 Not Significant
 n n = 90
 R² R Squared = 0.963
WCM Wcm = 6.21 % Pass
 RMUbs RM Between-Sampler Uncertainty / SQRT(2) = 0.67
 CMUbs CM Between-Sampler Uncertainty = Not Calculated
 %> Percentage greater than 17 µg m⁻³ is 4.4%
 RMCM Outlier RM CM outliers at 0.975 Confidence Level = 2



Hiukkasmittausten vaatimuksenmukaisuuden todentaminen (HIVATO) -projekti

- Jatkuvatoimisten hiukkasmittausten kalibroitikertoimien todentaminen standardin EN 16450:2017 mukaisesti; standardin mukaiset vertailumittaukset kolmella mittausasemalla Suomessa, joista yksi on AEI-asema
- AEI-aseman (Kallion PM2.5 mittaukset) tulosten arviointi
- Aiemman projektin (Ilmanlaatumittausten laadunvarmennusohjelma: Hiukkas- ja kaasumaiset yhdisteet) tulosten jatkojalostus
- Suunnitelma jatkuvien vertailumittausten toteuttamiseksi jatkossa
- Vertailumittaukset kahden vuoden aikana, kattaen eri vuodenaajat
- *Suunniteltu aikataulu 2019-2020*
- *Keskeiset hyödyt:*
 - Ongoing-mittauksilla tehtävillä jatkuvatoimisten hiukkasmittausten kalibroitikertoimien varmentamisella saadaan varmennettua, että Suomessa tehtävät mittaukset ovat vertailukelpoisia muun EU:n kanssa.
 - Todentamalla Kallion AEI-aseman mittausten soveltuvuus tarkoitukseensa sekä tekemällä suunnitelma jatkuvien hiukkasvertailumittausten ohjelmasta varmistetaan, että Suomessa tehtävät hiukkasmittaukset toteuttavat direktiiviä jatkossakin.





ILMATIETEEN LAITOS
METEOROLOGISKA INSTITUTET
FINNISH METEOROLOGICAL INSTITUTE

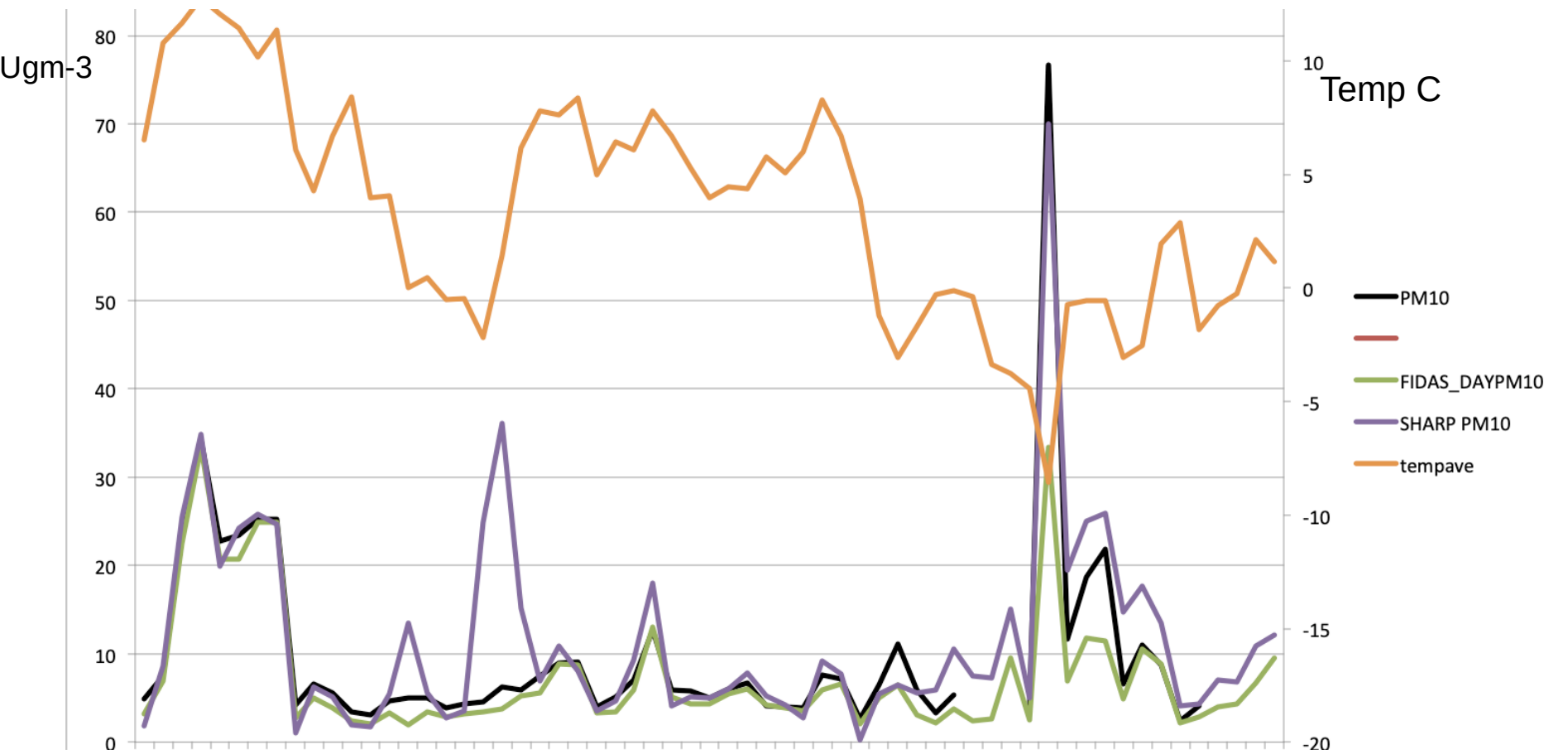
Kiitos!

<https://ilmatieteennlaitos.fi/laadunvarmennus>
mika.vestenius@fmi.fi



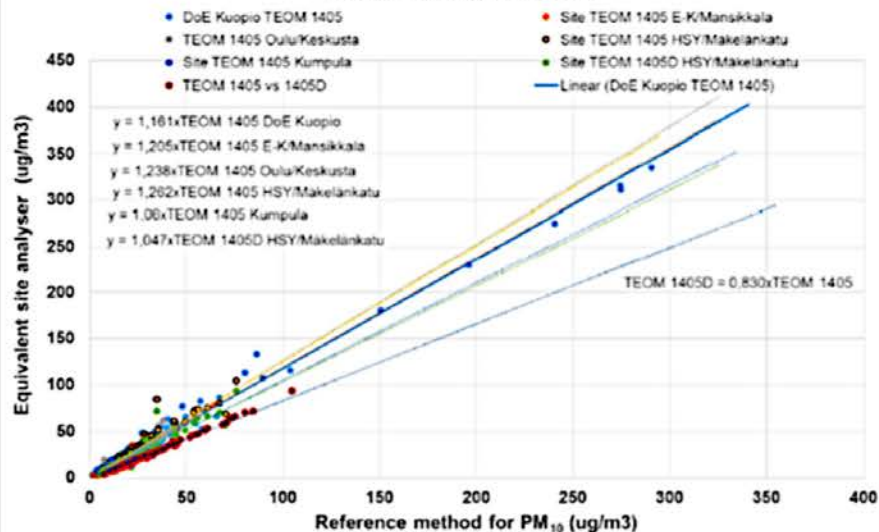
kuva: Antti Wemberg

Virolahti PM10

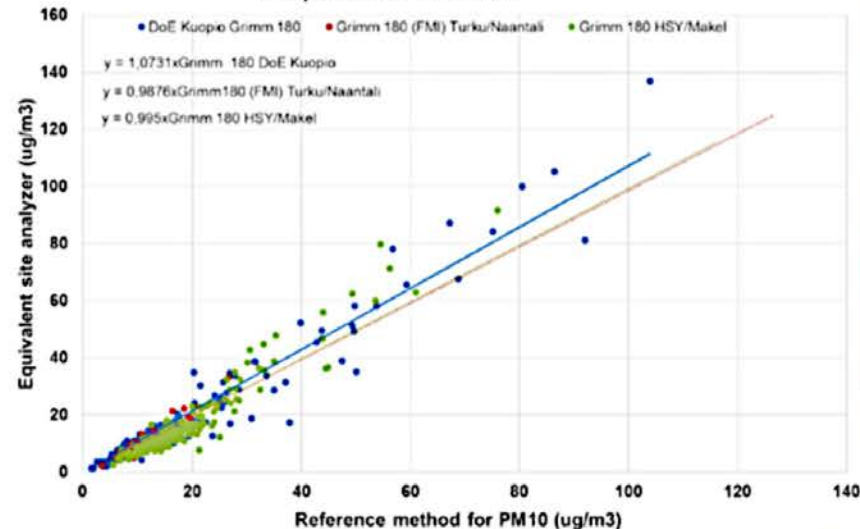




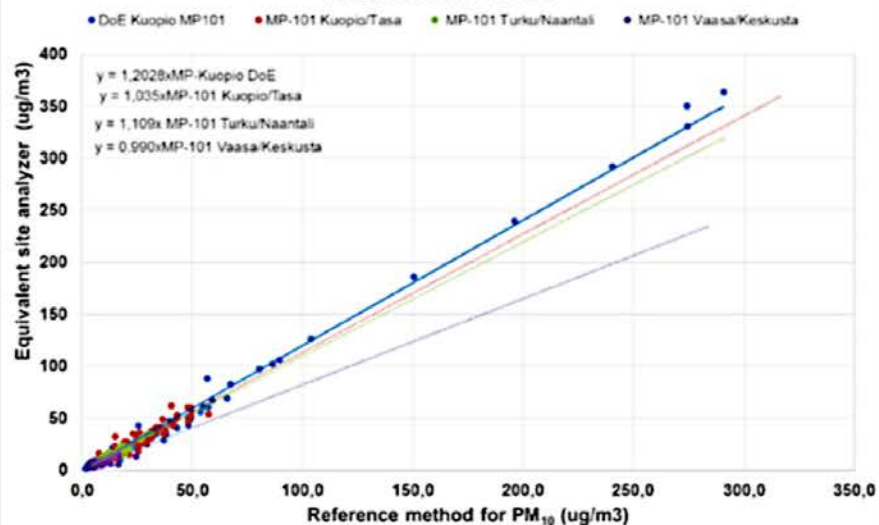
Comparison TEOM 1405 raw



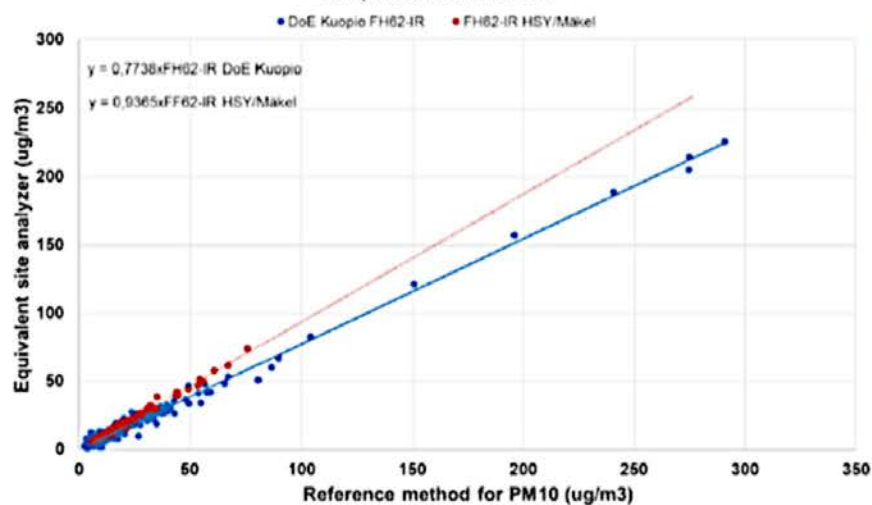
Comparison Grimm 180 raw



Comparison MP-101 raw

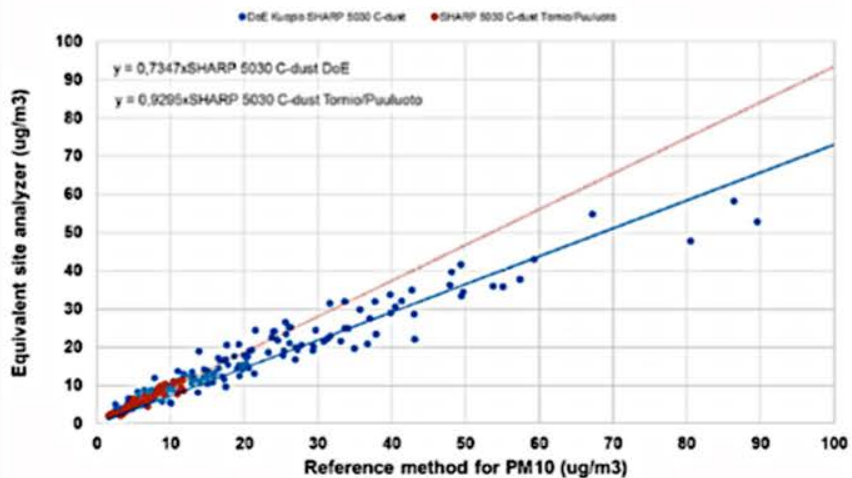


Comparison FH62-IR raw

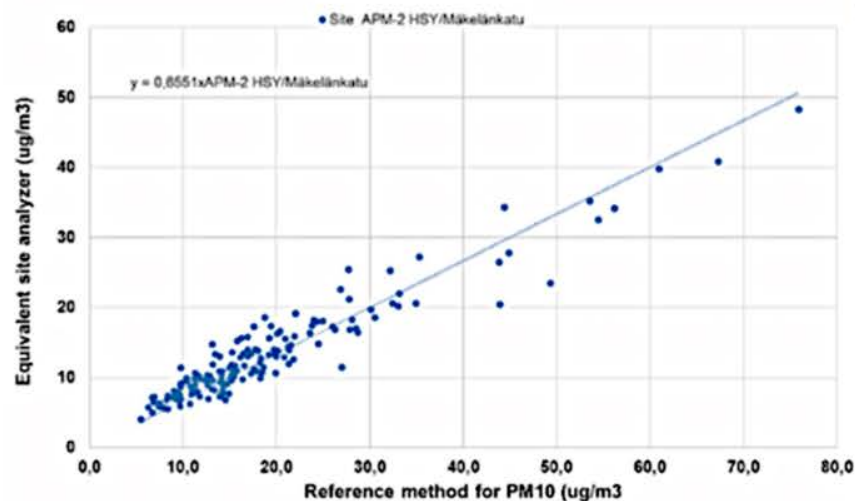




Comparison SHARP C-dust raw



Comparison APM-2 raw



Comparison Osiris raw

