



SCHOLEN EN BINNENKLIMAAT

Merosch Open Source | Ir. P. Jacobs

TNO innovation
for life

OVERZICHT

- › Beleving van binnenmilieu
- › Effect van temperatuur
- › Wat is fijn stof? Wat is het effect van filters?
- › Cases:
 - › Kinderdagverblijf Delft: PM_{2,5} en ultrafijnstof
 - › Basisschool Den Haag naast drukke weg: PM_{2,5} roet en NO₂
- › TKI SchoolVent pilot in Zeist

KLACHTEN BASISCHOOL KINDEREN

- › Building and Environment, 2018, prof. Philomena Bluysen
- › 1311 schoolkinderen op 21 basisscholen

Onderzoek met vragenlijst:

- › 87% geluidsklachten
- › 63% geur
- › 42% zonlicht
- › 35% te warm of te koud

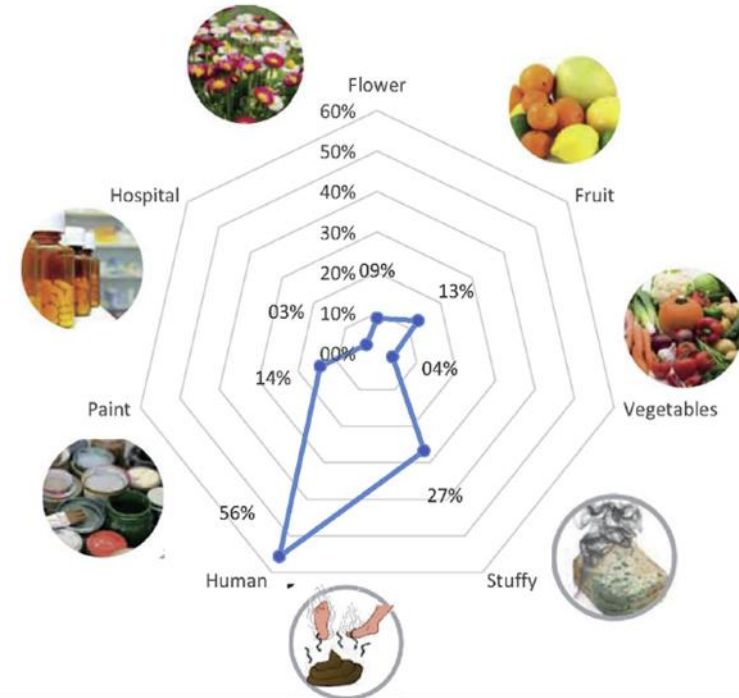


Fig. 4. Type of smells in classroom pointed out by children (excluding the non-traditional schools).

[HTTPS://WWW.PORAAD.NL/WEBLOGS/RINDA-DEN-BESTEN-STOKEN-VOOR-DE-MUSSEN](https://www.poraad.nl/weblogs/rinda-den-besten-stoken-voor-de-mussen)

Rinda den Besten: Stoken voor de mussen

14-03-2017

De kou is uit de lucht, de lente staat weer voor de deur. Heerlijk. Maar zit je in een slecht geventileerd klaslokaal, dan zie je die zon liever weer achter de wolken verdwijnen. Zo'n warme, zuurstofarme ruimte vóélt niet alleen bedompt, Deens [veldonderzoek](#) toont aan dat één graad temperatuurverschil tot 3,5 procent prestatieverlies leidt. Bovendien zijn leerkrachten en leerlingen bij een slecht binnenklimaat vaker ziek.

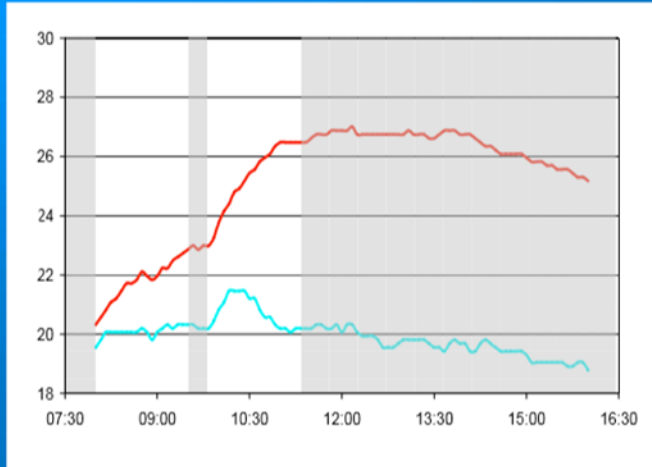
"Airco-apparatuur is scholen ingebracht met grote beloftes, maar de kosten blijken vaak harder te stijgen dan de luchtkwaliteit."



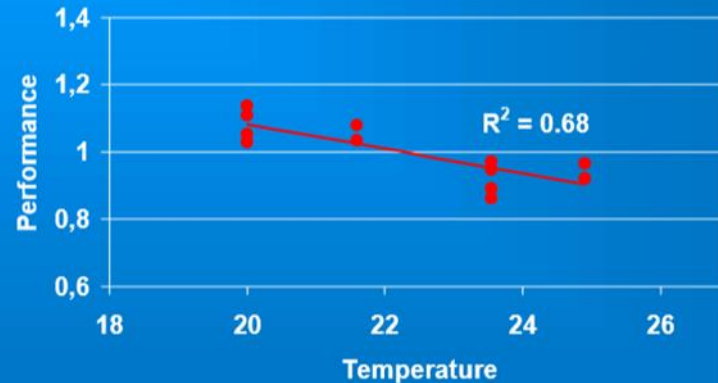
Delen en opslaan

DEENSE BASISCHOOL NABIJ KOPENHAGEN

Typical time-course of classroom temperature in the two classrooms



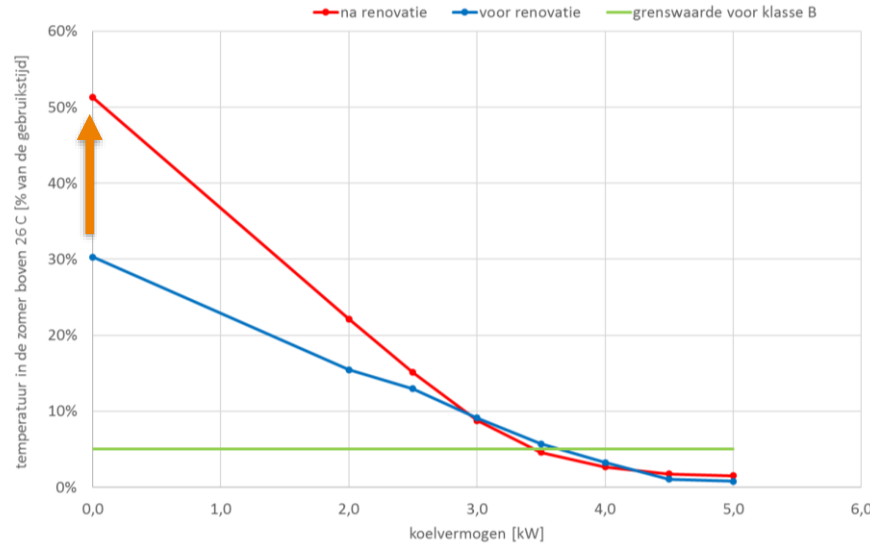
Performance of schoolwork as a function of classroom temperature



1°C lower temperature ~3.5% higher performance

› <https://www.swegonairacademy.com/wp-content/uploads/2012/04/Wyon-Rotterdam-2010.pdf>

ISOLATIE MAAKT OVERVERHITTING ERGER



percentage van de lestijd dat de temperatuur boven 26 °C komt als functie van het geïnstalleerde koelvermogen. Klasse B, PvE Frisse Scholen: max. 5% (groene lijn)

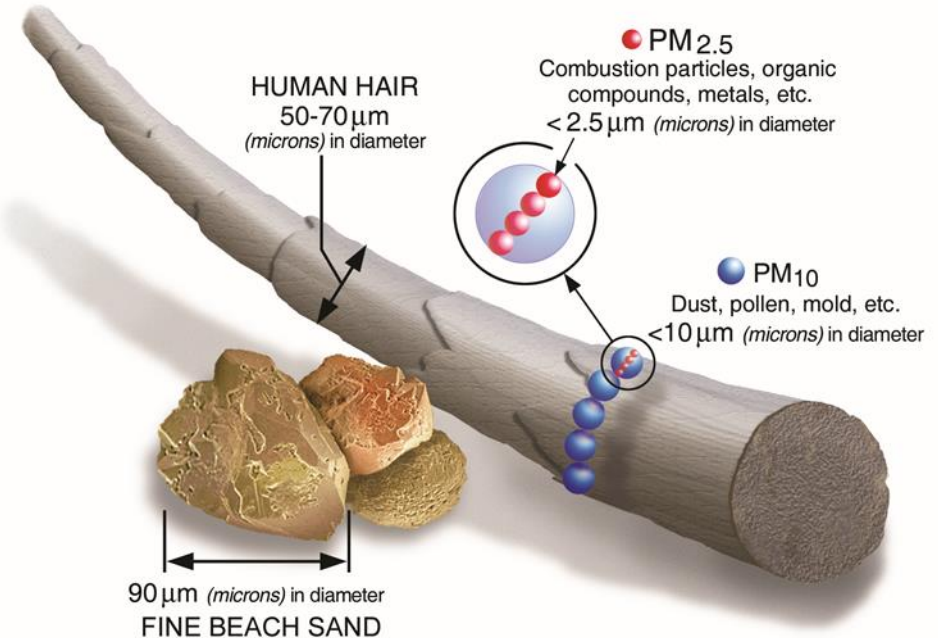
PVE FRISSE SCHOLEN 2015

	C	B	A
CO ₂ [ppm]	< 1200	< 950	< 800
Luchtdebiet [m ³ /pers]	> 21,6	> 30,6	> 43,2
Installatiegeluid [dB]	< 35	< 33	< 30
Zomertemperatuur [°C]	< 27	< 26	< 25,5
Filterkwaliteit	> M5	> M6	> F7

Opmerking: er is (nog) geen prestatie eis voor fijn stof !

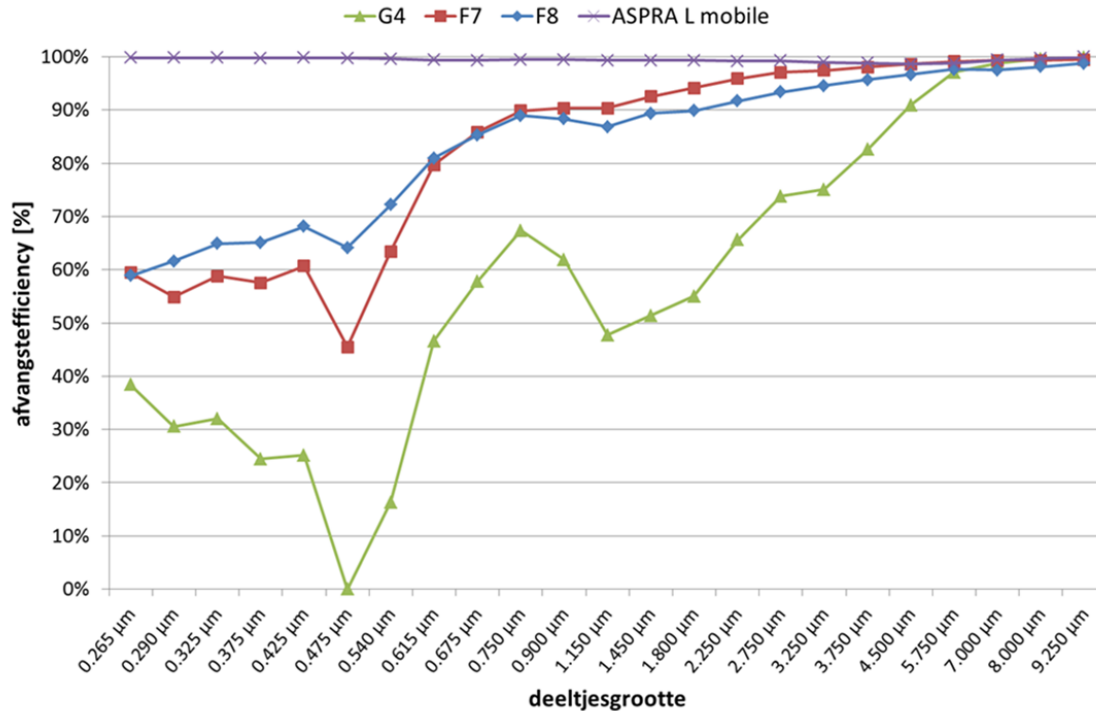
FIJN STOF: ROMMEL IN DE LUCHT

- PM₁₀: massa van deeltjes < 10 μm (in μg/m³)
- PM_{2.5}: massa van deeltjes < 2.5 μm (in μg/m³)
- EC/roet: massa van roetdeeltjes (in μg/m³)
- Ultrafijn stof / particle number concentration (PNC)
(in aantallen deeltjes / cm³)

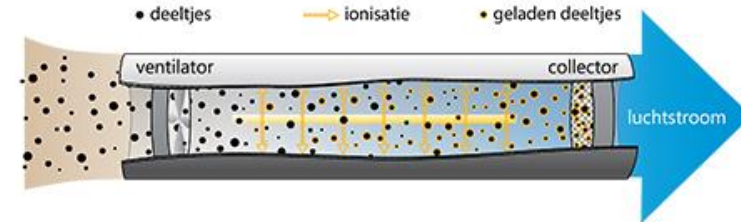


Bron: EPA

FILTERING



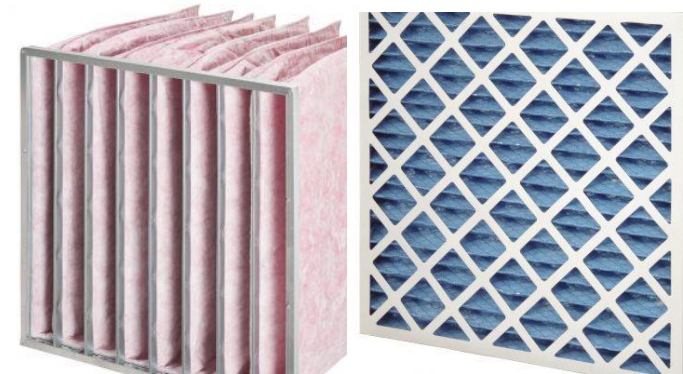
Electrostatisch filter met collector



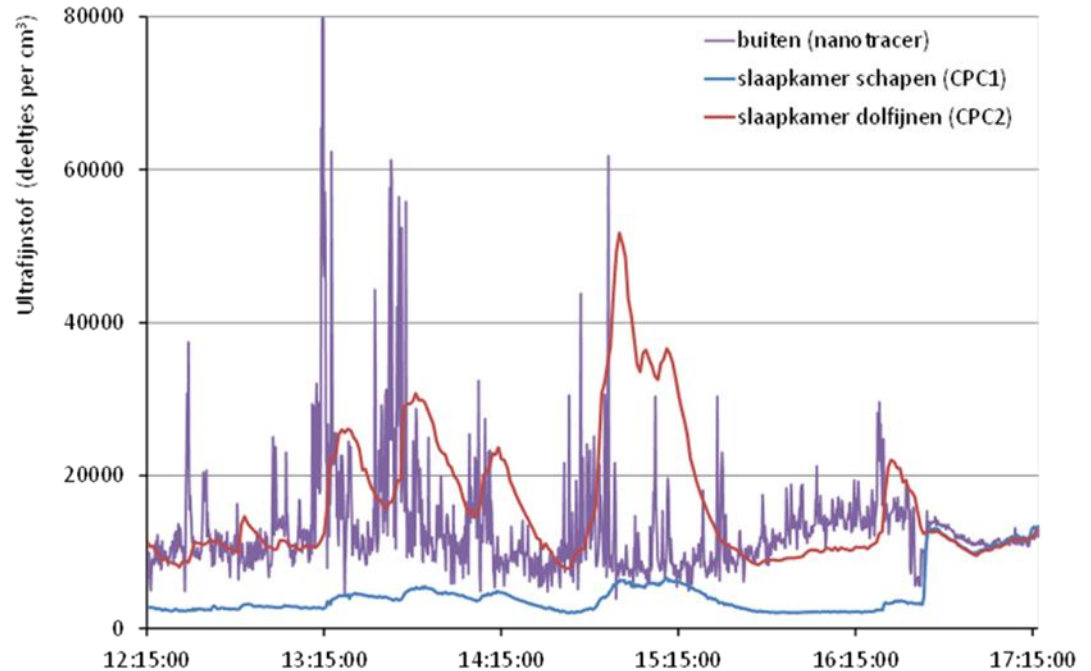
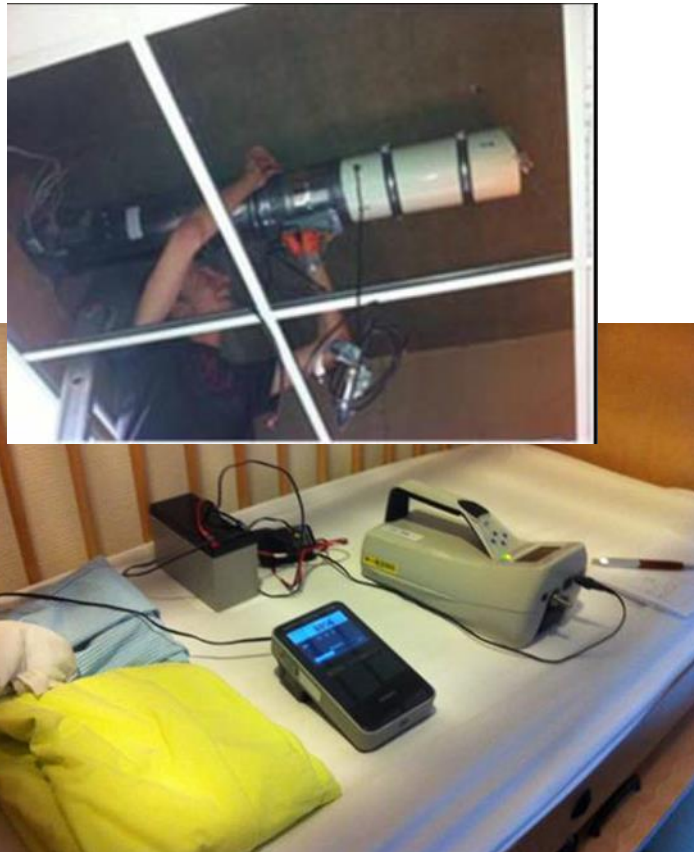
Bron: <https://www.vfa-solution.com/onze-techniek/aspra-luchtreiniging/>

s.com/onze-techniek/aspra-

Mechanische filters G4 / F7 / F8



ELEKTROSTATISCH FILTER KINDERDAGVERBLIJF 2011



80% reductie ten opzichte van referentie slaapkamer
85% reductie ten opzichte van buiten

maandag 4 februari 2019

BASISSCHOOL DEN HAAG NAAST DRUKKE WEG

Interventies: M5 → F7 filter
Verplaatsing van de buitenluchtaanzuig

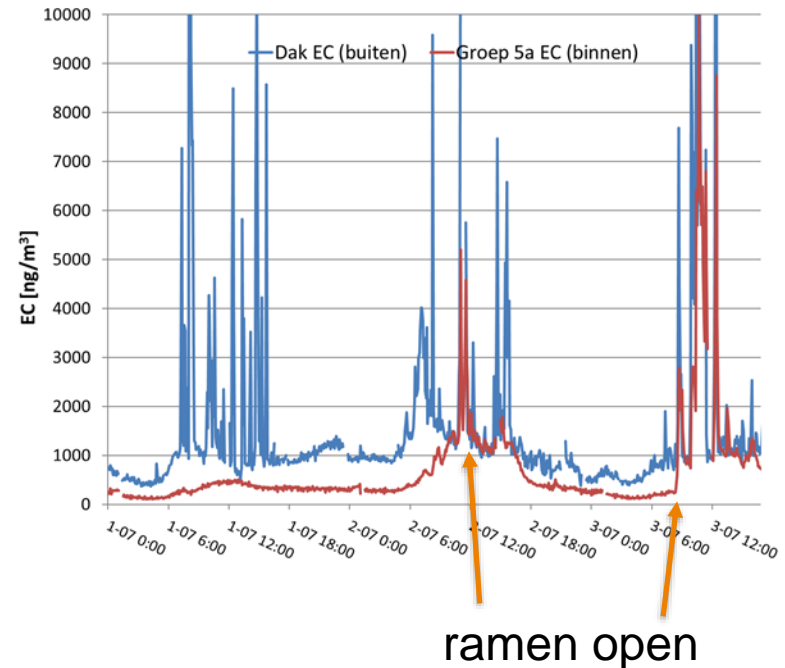


EFFECT VAN M5 NAAR F7 FILTER

PM_{2,5} jaargemiddeld:
15 → 6 µg/m³

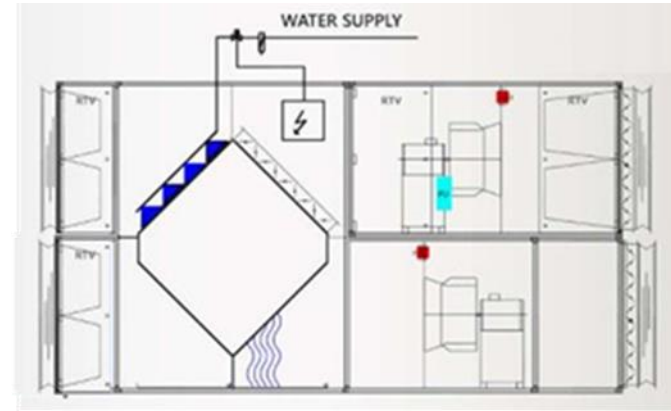
Roet (EC):
1,1 tot 1,5 µg/m³ → 0,3 – 0,5 µg/m³

Luchtdebiet na 4 maanden standtijd
niet afgenomen



TKI SCHOOLVENT

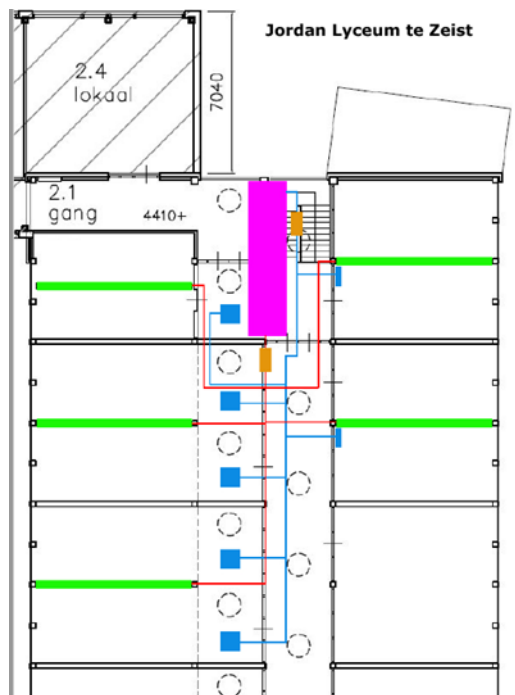
- › Looptijd: januari 2018 – december 2019
- › Energiezuinige luchtbehandelingskast voor 5 - 8 klaslokalen
- › Klasse A: CO₂, temperatuur, geluid en fijnstof
- › Vraagsturing op CO₂ en temperatuur



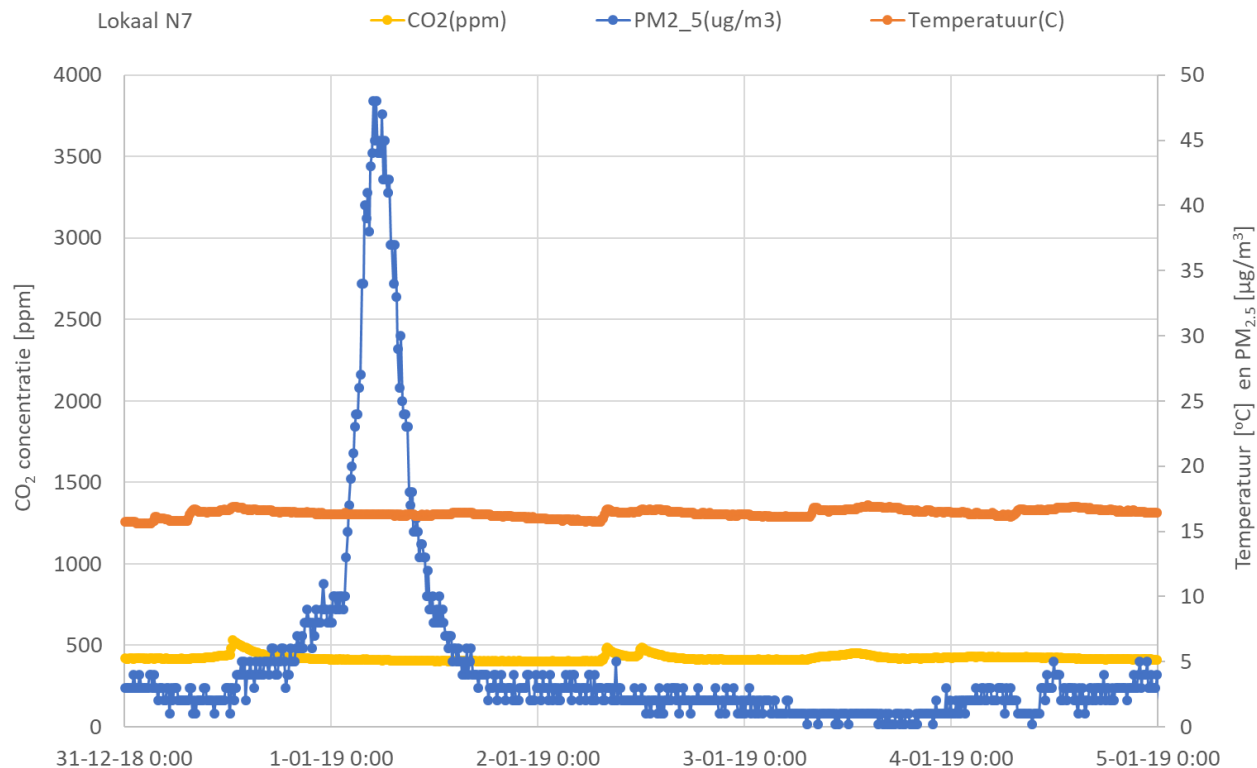
Te ontwikkelen:

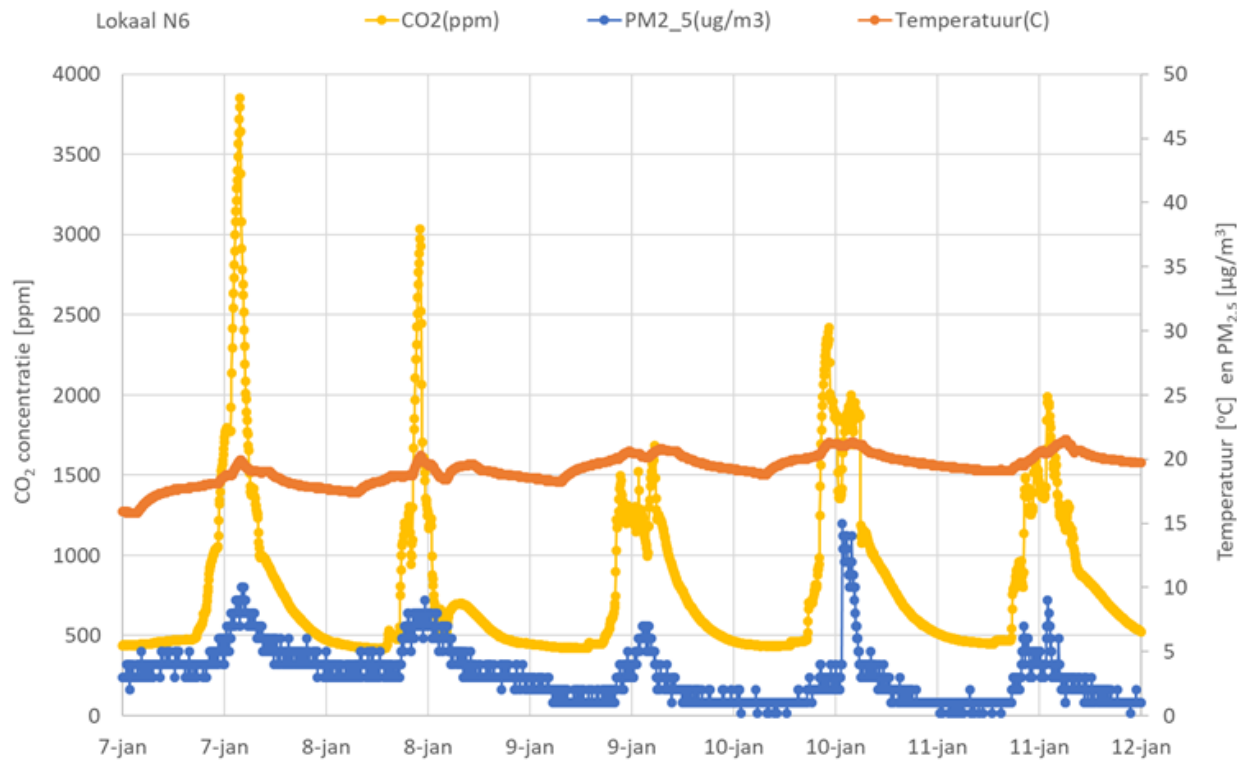
1. Elektrostatische filtermodule 10.000 m³/uur, E10 filterkwaliteit met 80% lagere drukval
2. Dauwpuntkoeling 80% energiebesparing op koeling
3. Smart sensing

BOVENAANZICHT



VUURWERK PIEK





BEDANKT VOOR UW AANDACHT

› Meer over binnenmilieu in scholen – ISIAQ.nl symposium 4 april 2019 – Science Centre Delft

Programma:

13:30-14:00 Inloop met koffie

14:00-14:10 **Lada Hensen Centnerová**, TU Eindhoven, ISIAQ.nl – *Ontvangst en inleiding in de problematiek*

14:10-14:20 **Philomena Bluysen**, TU Delft – *Welkom en toelichting bezoek SenseLab*

14:20-14:40 **Froukje van Dijken**, bba binnenmilieu – *Rotterdamse Frisse Scholen aanpak*

14:40-15:00 **Philomena Bluysen**, TU Delft – *Eerste resultaten veldonderzoek in 21 lagere scholen en SenseLab studies met 335 kinderen*

15:00-16:20 Pauze & Rondleiding SenseLab

16:20-16:40 **Piet Jacobs**, TNO – *Pilot in bestaande school met ventilatie, dauwpuntkoeling en elektrostatische luchtfiltering*

16:40-17:00 **Chrit Cox**, Nelissen ingenieursbureau – *Ervaringen als ontwerper*

17:00-18:00 Borrel

› piet.jacobs@tno.nl

