

› **SCHOOLVENT**
**SCHOOLVENTILATIE MET ENERGIEZUINIGE KOELING EN
LAGE DRUK FILTERING | IR. P. JACOBS**

dinsdag 12 oktober 2021

KLACHTEN BASISCHOOL KINDEREN

- › Building and Environment, 2018, Prof. Philomena Bluysen (TU Delft)
- › 1311 schoolkinderen op 21 basisscholen

Onderzoek met vragenlijst:

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

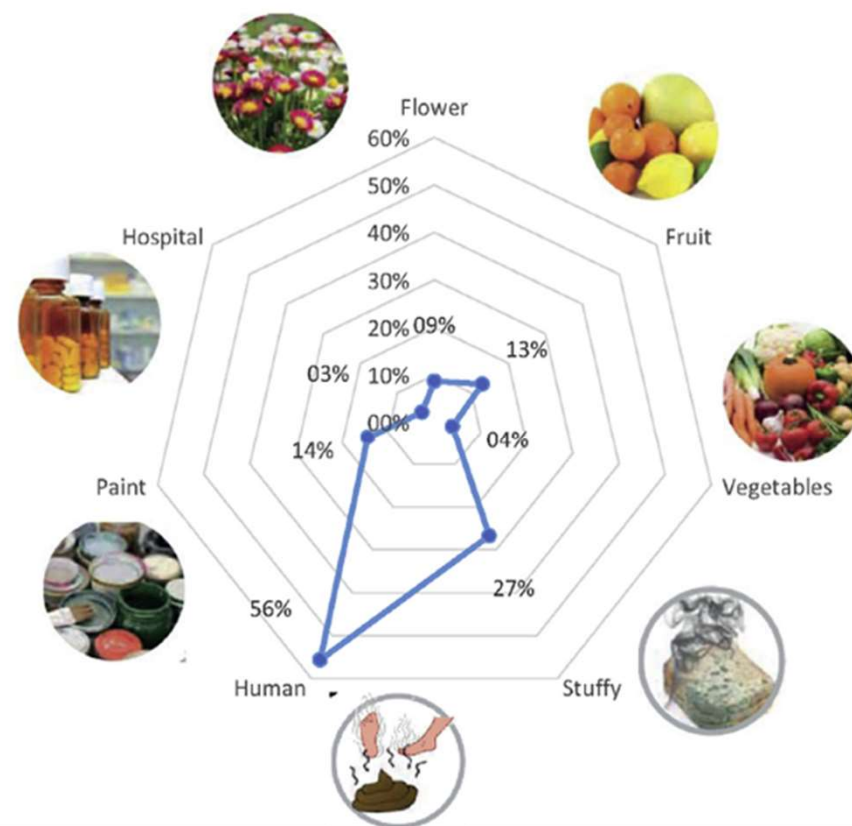


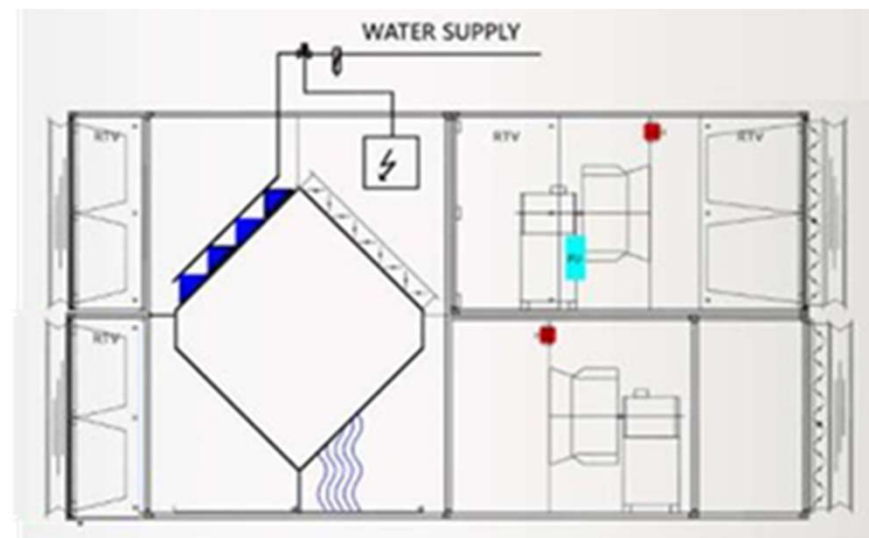
Fig. 4. Type of smells in classroom pointed out by children (excluding the non-traditional schools).

TKI SCHOOLVENT

- › Looptijd: januari 2018 – december 2020
- › Energiezuinige luchtbehandelingskast voor 5 klaslokalen
- › Klasse A: CO₂, temperatuur, geluid en fijnstof

Te ontwikkelen:

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



Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken, Nationale regelingen EZ-subsidies, Topsector Energie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.

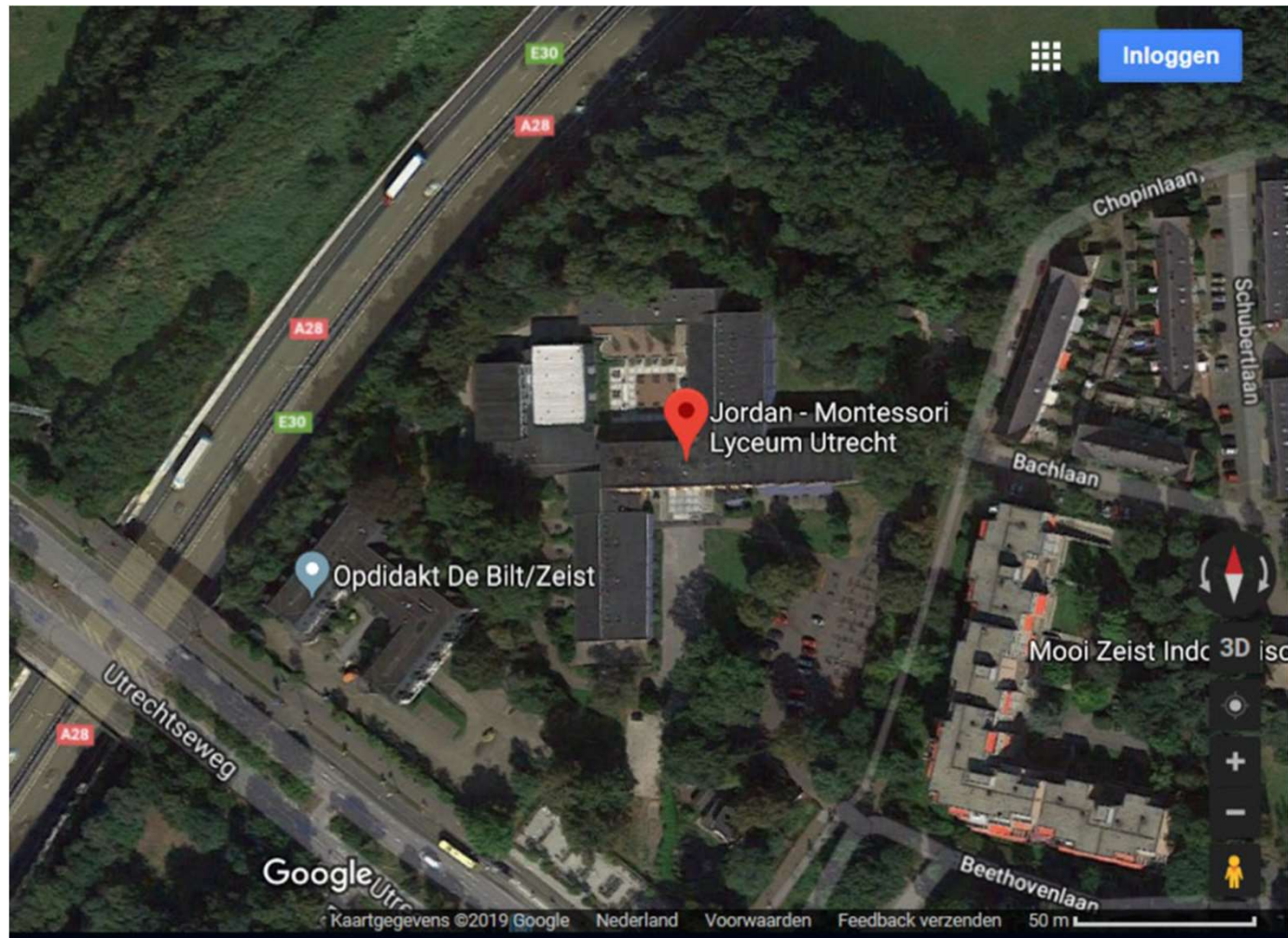
PVE FRISSE SCHOLEN 2015

	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

2021 versie, zie:

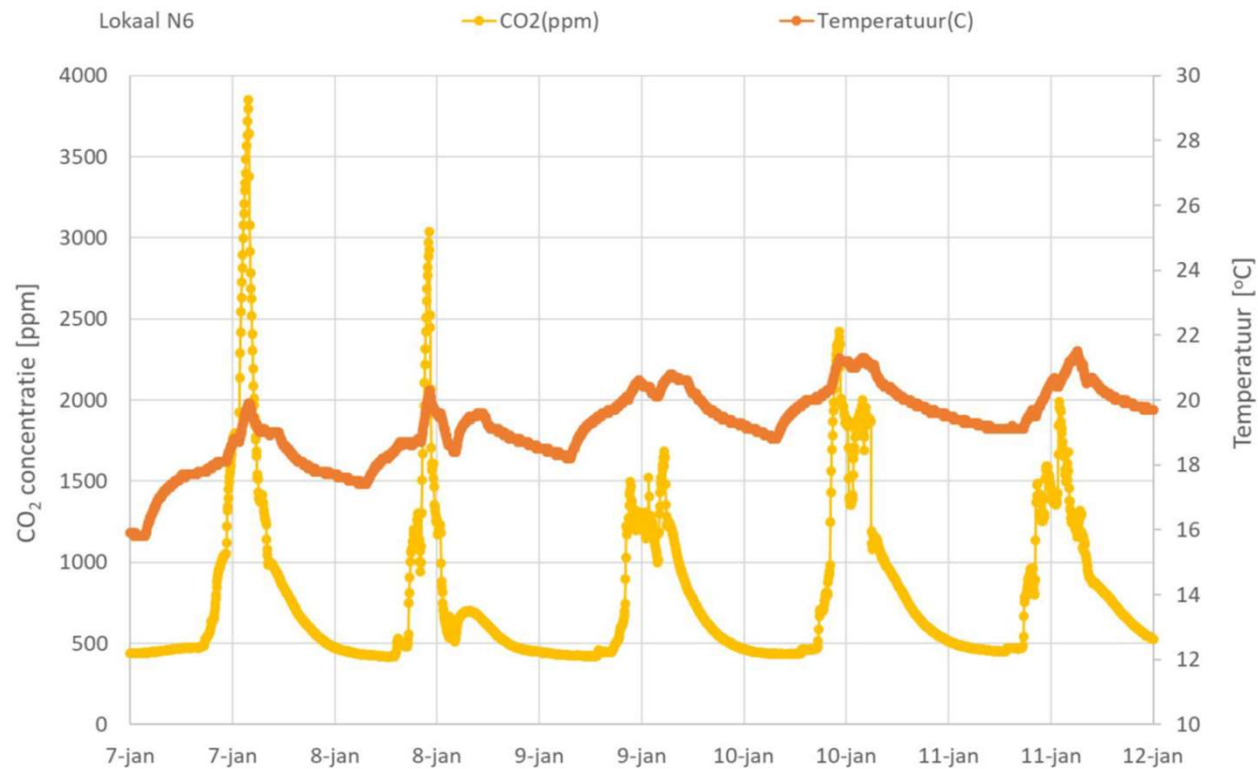
<https://www.rvo.nl/sites/default/files/2021/06/PvE-Frisse-Scholen-2021.pdf>

› PILOT OP JORDAN MONTESSORI LYCEUM UTRECHT



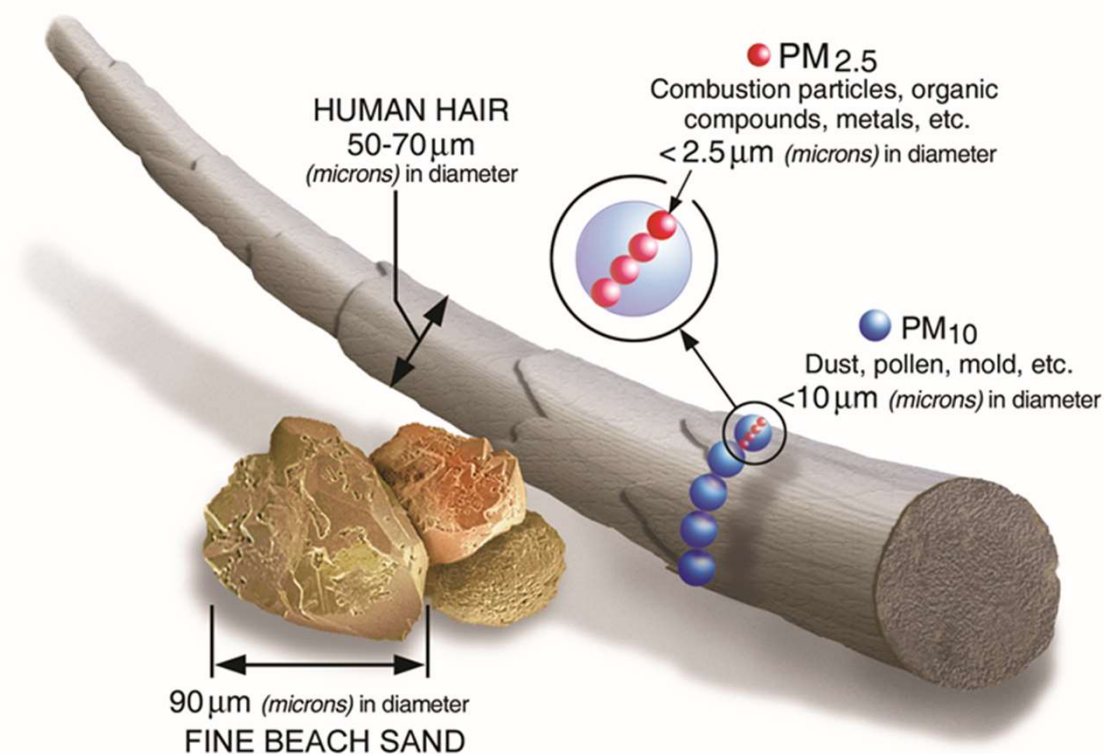
dinsdag 12 oktober 2021

› LUCHTKWALITEIT IN 2019 VOOR INSTALLATIE



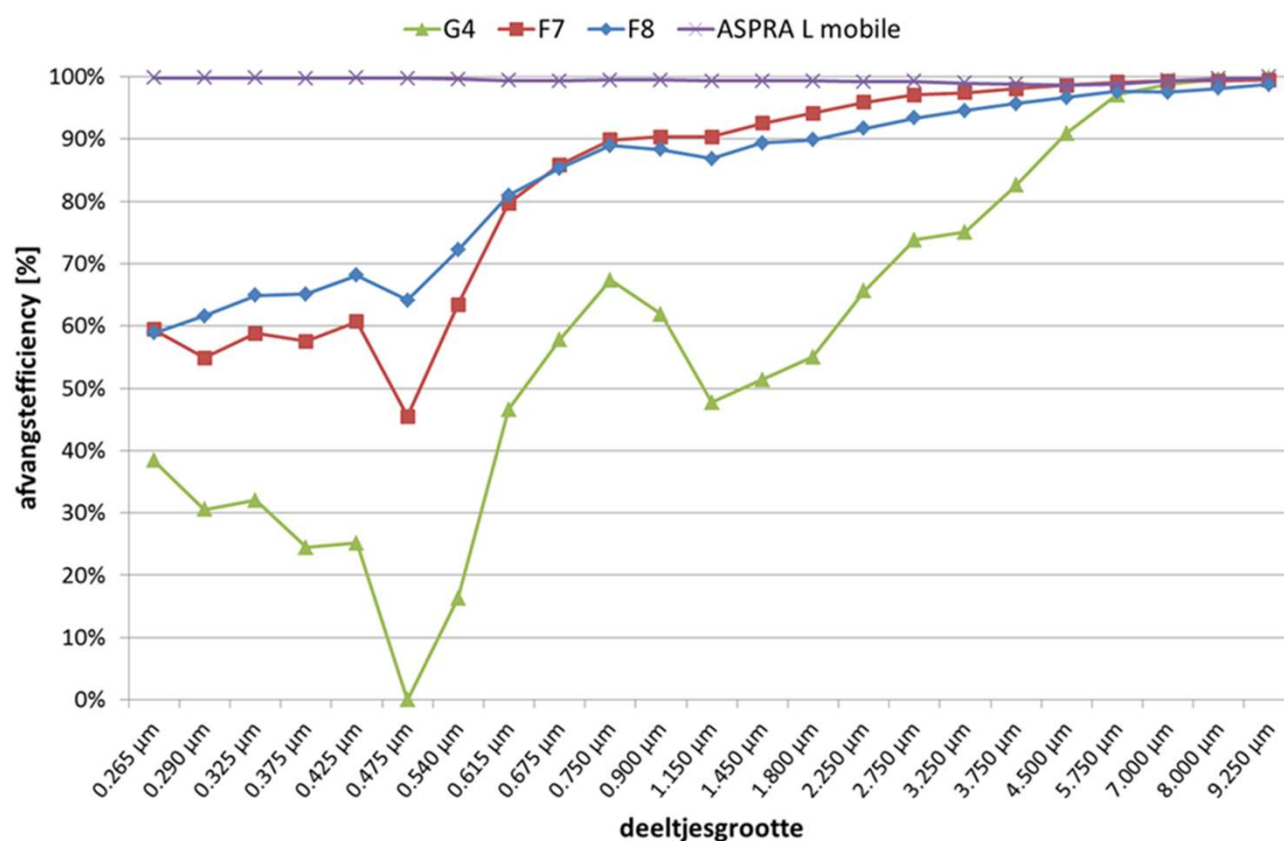
FIJN STOF: ROMMEL IN DE LUCHT

- PM_{10} : massa van deeltjes $< 10 \mu m$ (in $\mu g/m^3$)
- $PM_{2.5}$: massa van deeltjes $< 2.5 \mu m$ (in $\mu g/m^3$)
- EC/roet: massa van roetdeeltjes (in $\mu g/m^3$)
- Ultrafijn stof / particle number concentration (PNC)
(in aantallen deeltjes / cm^3)



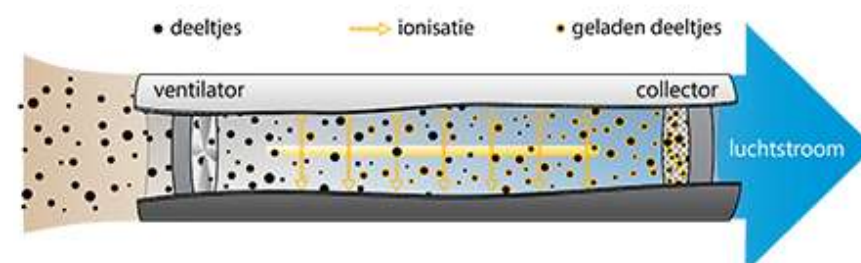
Bron: EPA

FILTERING



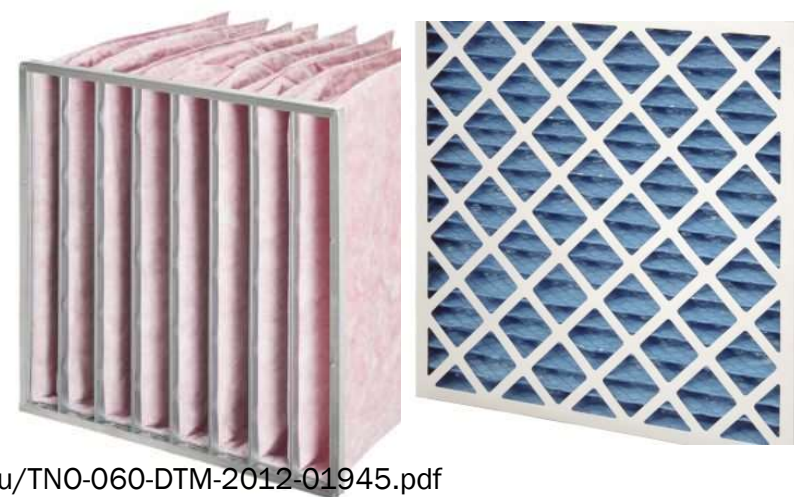
6 maart 2012

Electrostatisch filter met collector



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

Mechanische filters G4 / F7 / F8



<http://publications.tno.nl/publication/105428/hqQ7pu/TNO-060-DTM-2012-01945.pdf>

BASISSCHOOL DEN HAAG NAAST DRUKKE WEG

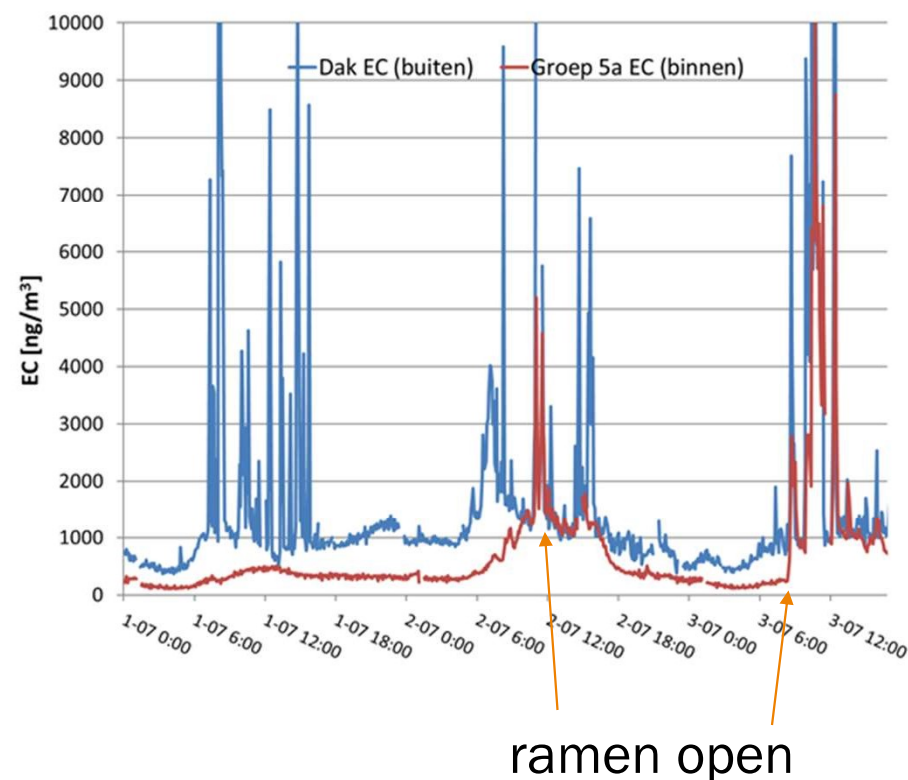
Interventies: M5 → F7 filter



KOELING IS NOODZAKELIJK OM DE RAMEN DICT TE HOUDEN

PM_{2,5} jaargemiddeld:
15 → 6 µg/m³

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



[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 vóelt 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.

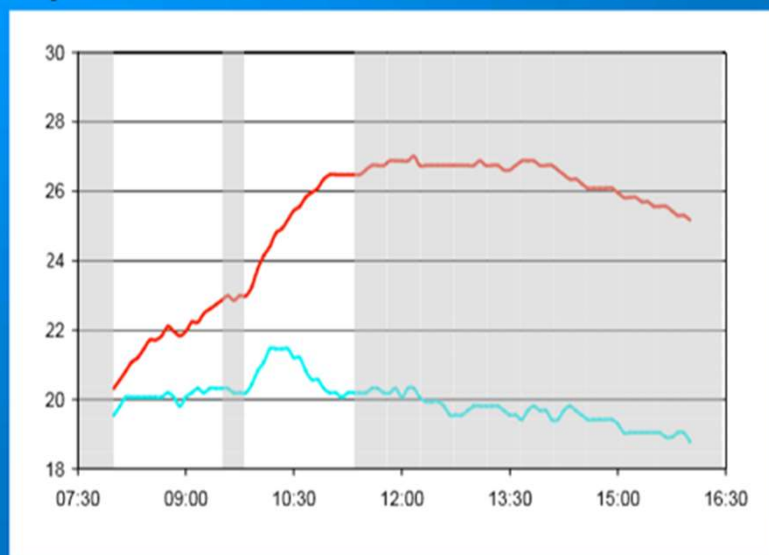
"Airco-apparatuur is scholen ingebracht met grote beloftes, maar de kosten blijken vaak harder te stijgen dan de luchtkwaliteit."



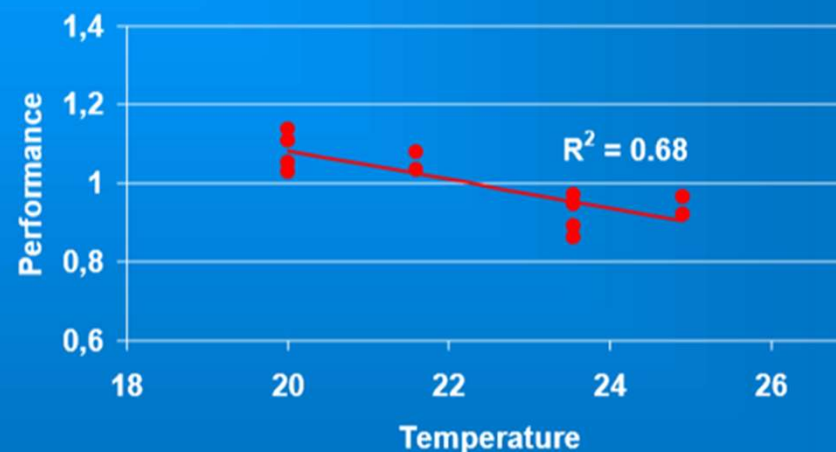
Delen en opslaan

DEENSE BASISSCHOOL NABIJ KOPENHAGEN

Typical time-course of classroom temperature in the two classrooms



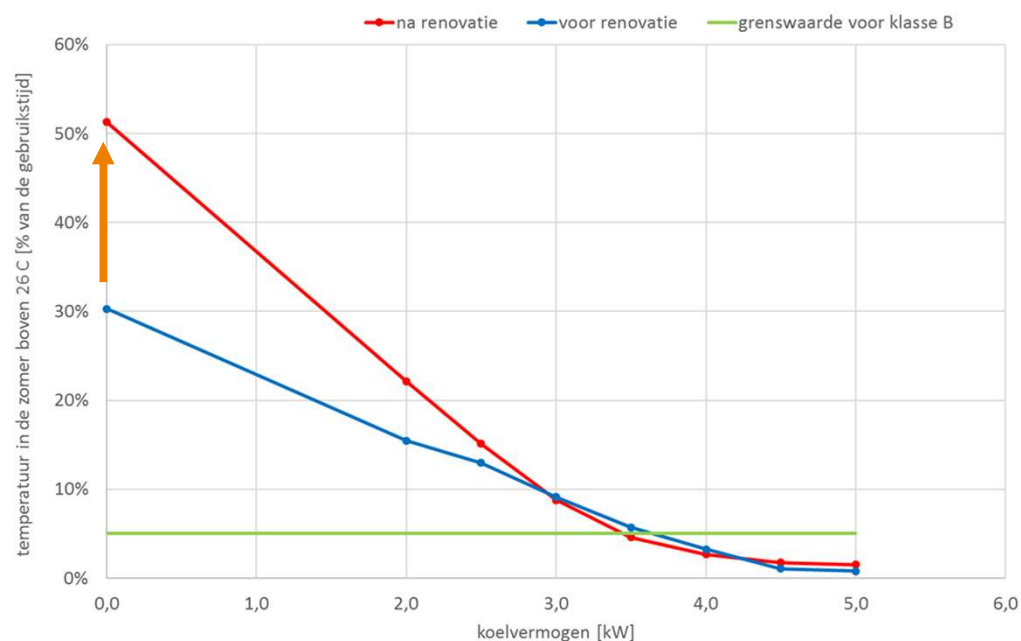
Performance of schoolwork as a function of classroom temperature



1°C lower temperature ~3.5% higher performance

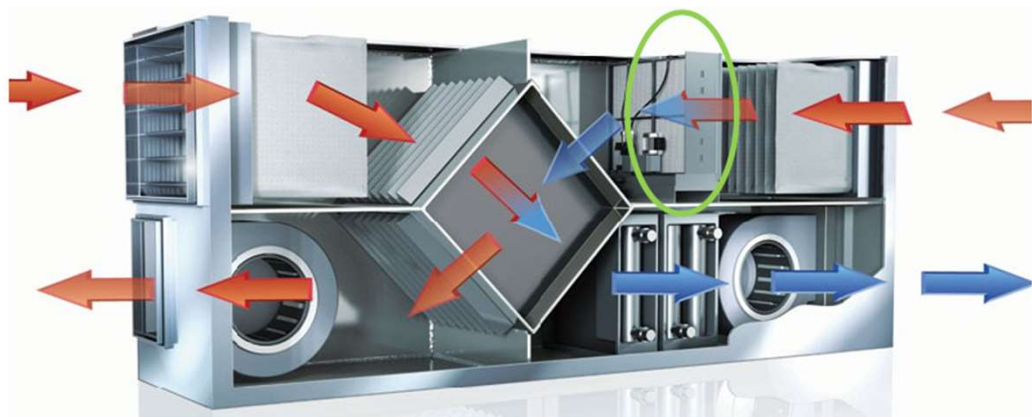
› <https://www.swegonairacademy.com/wp-content/uploads/2012/04/Wyon-Rotterdam-2010.pdf>

ISOLATIE MAAKT OVERVERHITTING ERGER



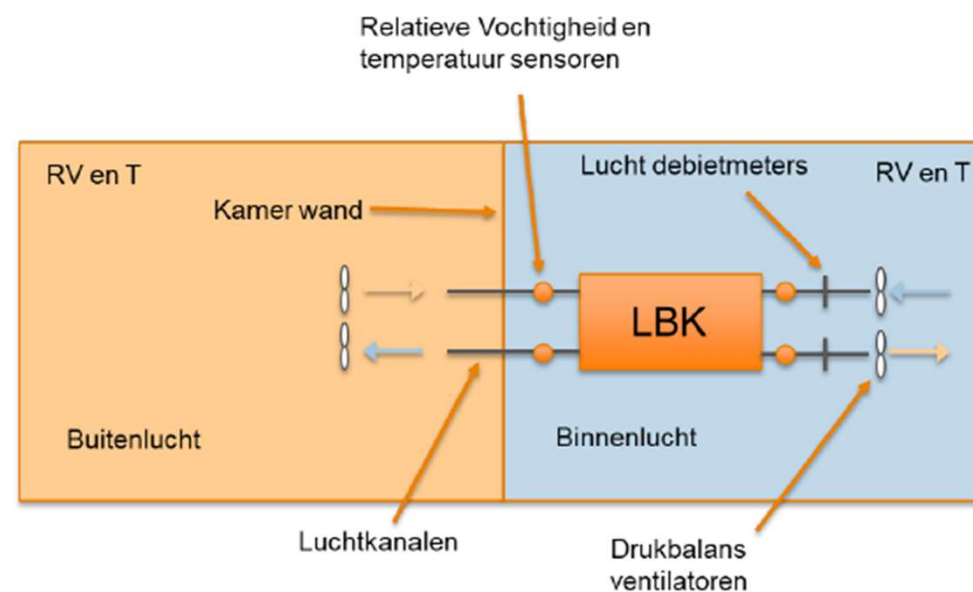
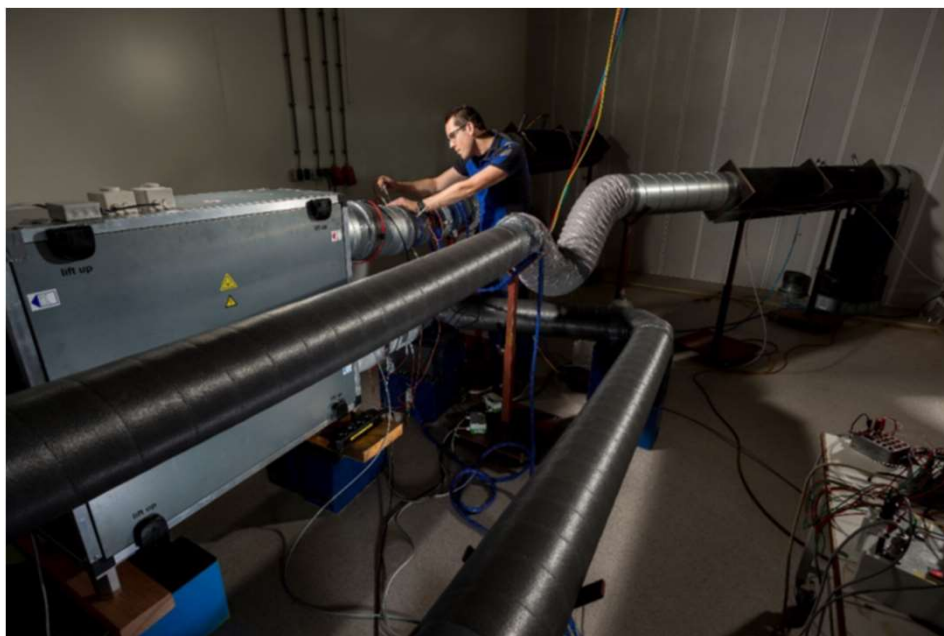
percentage van de lestijd dat de temperatuur boven 26 °C komt als functie van het geïnstalleerde koelvermogen. Klasse B, PvE Frisse Scholen: max. 5% (groene lijn)

OPTIMALISATIE INDIRECTE ADIABATISCHE KOELING



670 m³/uur proefmodel

DUO KLIMAATKAMER TNO BOUWINNOVATIELAB DELFT

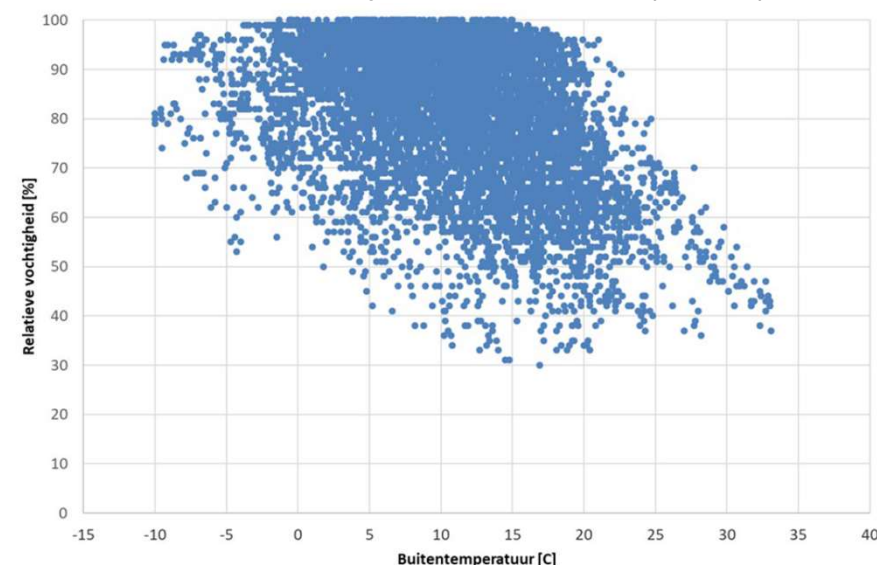


BUITEN- EN BINNENLUCHT CONDITIES VOOR KOELSITUATIE

Conditie	buiten			binnen		
	Temperatuur (°C)	abs. Vocht (gr/kg)	RV (%)	temperatuur	abs. vocht	RV
Warme dag	25	10,9	55	25,5	11,5*	55
Hete dag	30	13,3	50	25,5	13,9*	65

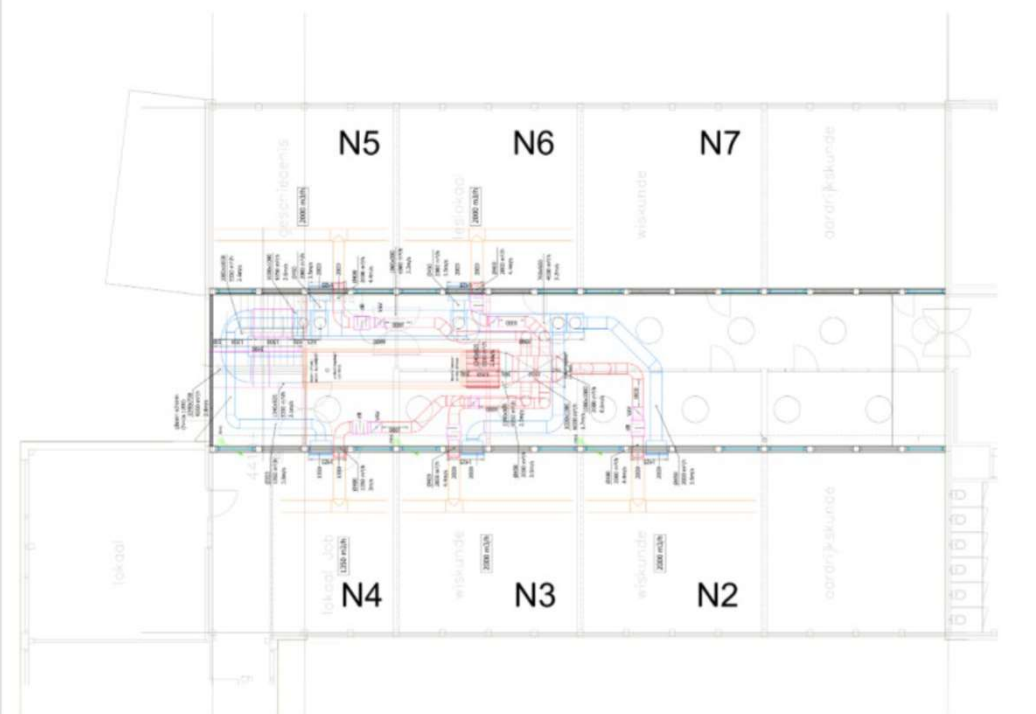
*Door de vochtproductie neemt de absolute vochtigheid binnen toe met 0,63 gr/kg t.o.v. buiten

Referentiejaar NEN 5060 (2008)



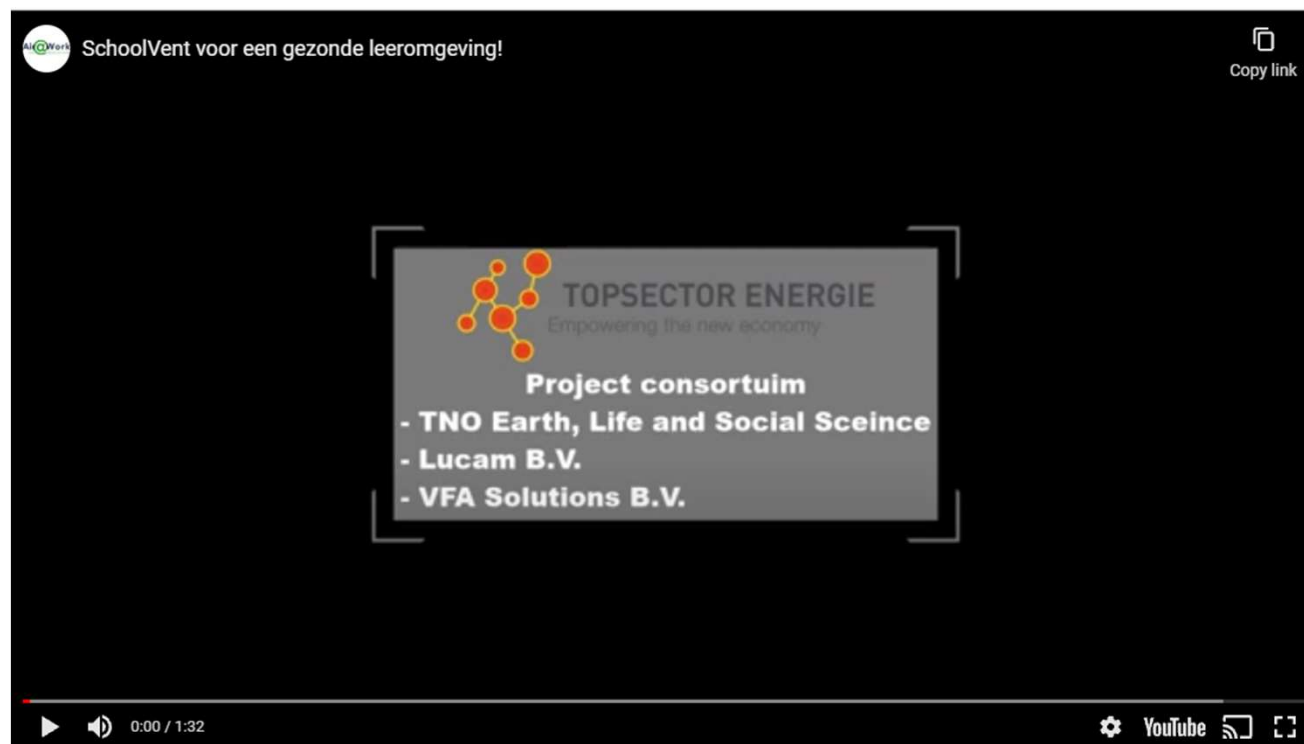
Ontwerp optimalisatie: koelcapaciteit van 489 naar 1289 W @ 670 m³/uur
 4 kW koelvermogen vereist $4000/1289 * 670 = 2087\text{m}^3/\text{uur}$ per lokaal

PILOT IN 5 LOKALEN (N2 – N6) – REFERENTIELOKAAL N7



dinsdag 12 oktober 2021

[HTTPS://YOUTU.BE/P1MR-OS2470](https://youtu.be/P1MR-OS2470)



dinsdag 12 oktober 2021

PILOT – VRAAGSTURING PER LOKAAL



dinsdag 12 oktober 2021

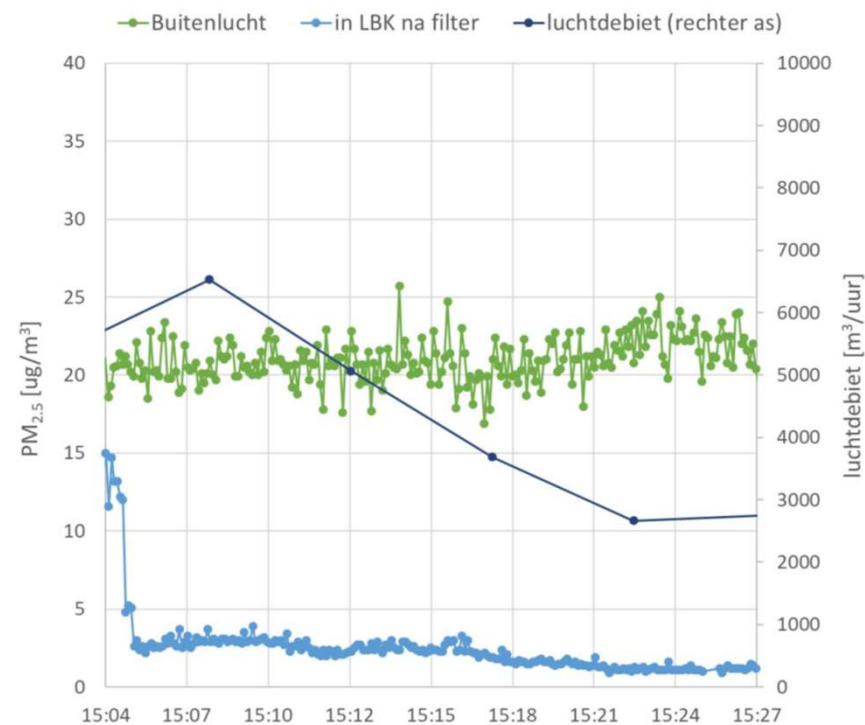
FILTER RENDEMENT: 90 – 95%, (H)EPA KLASSE E10 – E11



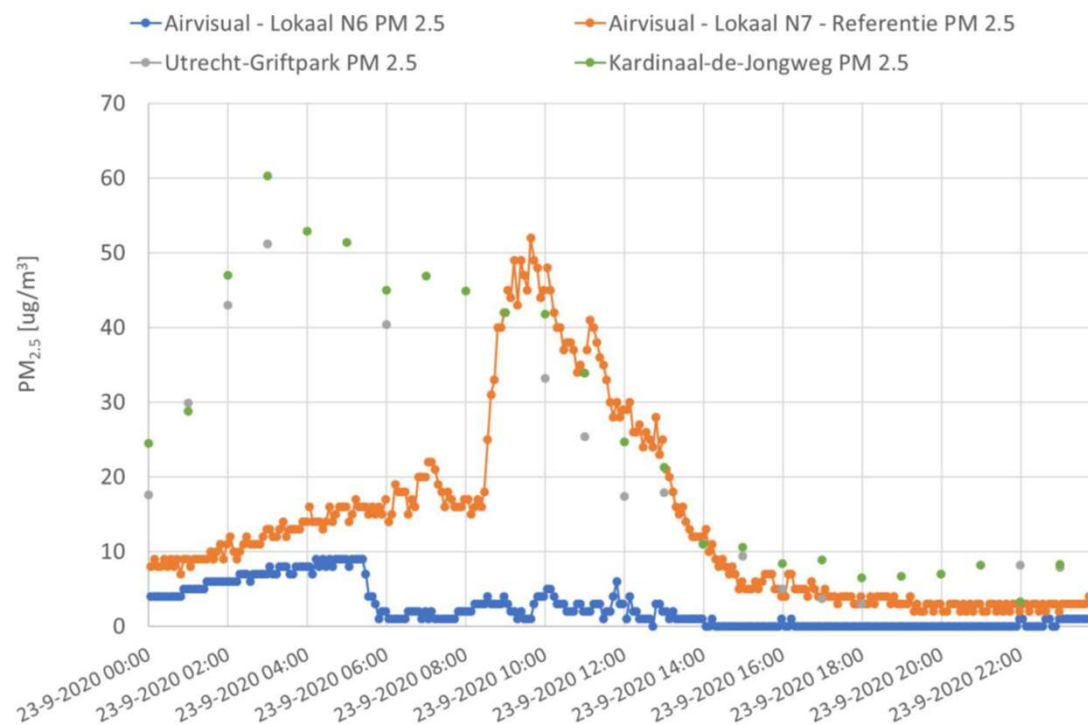
Air Visuals

Grimm 1.109

Grimm 11-R

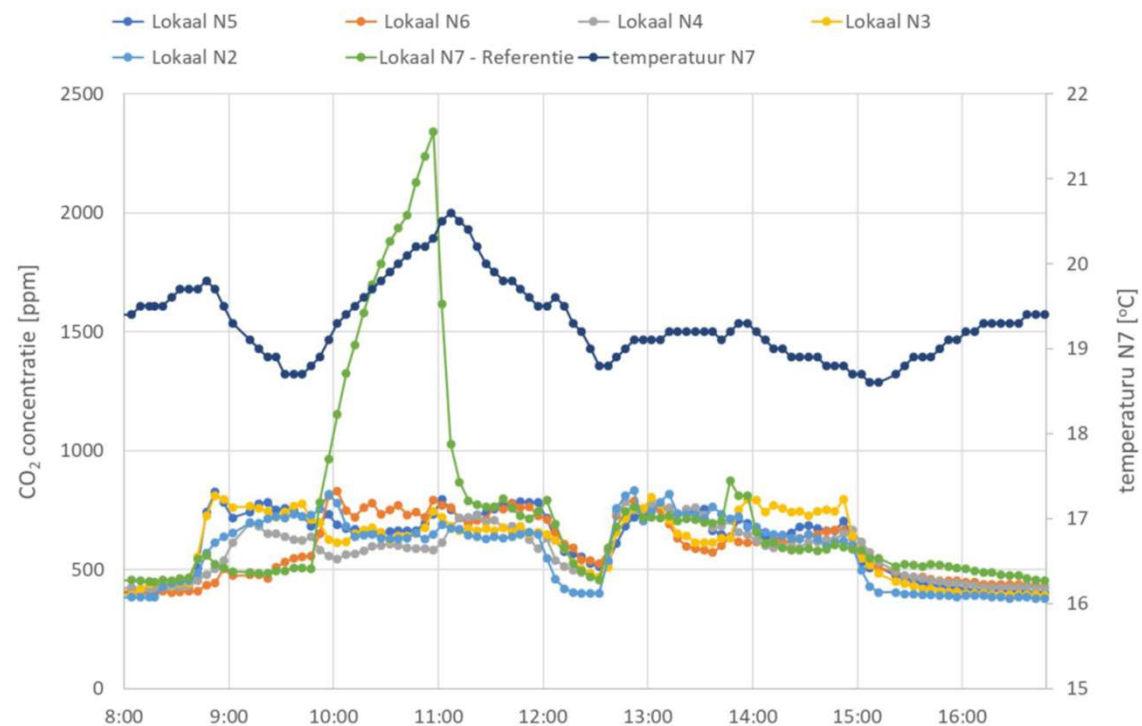


PM2.5 FIJNSTOF IN REFERENTIE LOKAAL = BUITEN



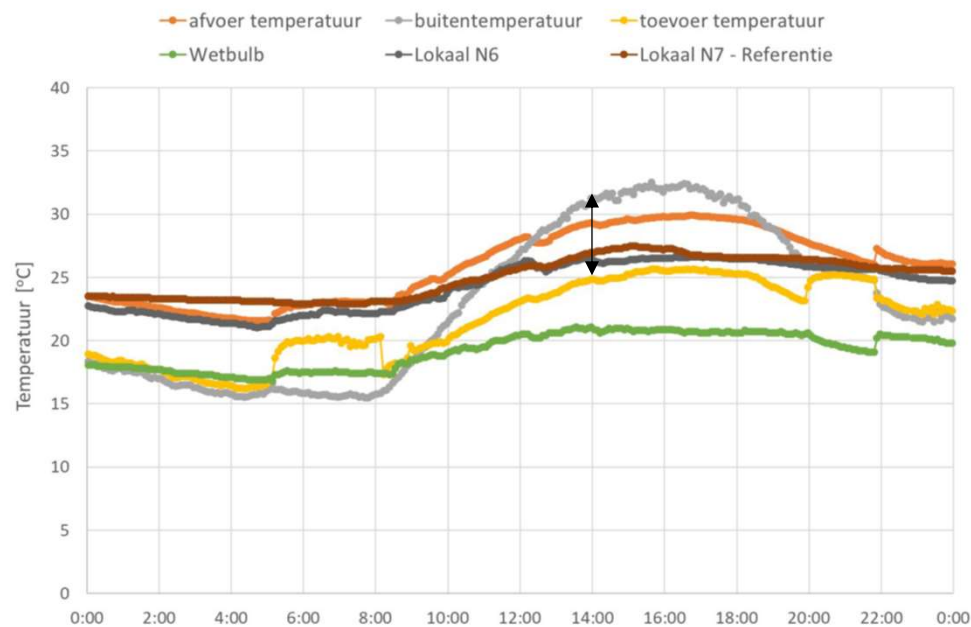
70 tot 96% lagere PM_{2.5}
concentratie in schoolvent
lokaal vergeleken met het
referentielokaal.

WINTERCOMFORT – REFERENTIE LOKAAL OPEN RAMEN



dinsdag 12 oktober 2021

KOELING – CA. 6,5 K AFKOELING INBLAASTEMPERATUUR



dinsdag 12 oktober 2021

AUTOMATISCHE RAPPORTAGE BINNENKLIMAAT

Lokaal N6

Referentie lokaal N7 (zonder SchoolVent)



GEBRUIKERS ERVARINGEN

- › “Heel fijn dat temperatuur en CO₂-concentratie automatisch geregeld worden. In lokalen zonder CO₂-sturing moet je steeds schipperen tussen ramen open te zetten als de CO₂-concentratie te hoog wordt en ramen weer dicht doen omdat het te koud wordt. Het in de gaten houden van de CO₂-meter wordt daarbij ook nog geregeld vergeten. Daarnaast heb je last van tocht bij geopende ramen als het buiten waait en met ramen dicht uiteraard niet.”
- › Als in de zomer de temperatuur oploopt, is het pilot-systeem heel prettig omdat de temperatuur een paar graden gekoeld kan worden. Dat helpt enorm om dan toch goed te kunnen concentreren.
- › Over de fijnstoffiltering merkt een docent nog op dat hij voorheen altijd thuis kwam met het gevoel alsof hij een dag in Londen gelopen had. Bij het snuiten van zijn neus moest hij daar steeds aan denken. Nu heeft hij dat gevoel in het geheel niet meer. Desbetreffende docent zit de hele dag in hetzelfde lokaal.
- › Tot slot nog de opmerking dat er een collega is die enorme vrees heeft om corona te krijgen wegens een chronische ontstekingsziekte. Lesgeven in een lokaal met luchtzuivering geeft desbetreffend docent een veiliger gevoel en durft les te geven zonder alle deuren en ramen geopend te houden (waarbij in de winter de temperatuur onder de 17 graden kwam). Al met al is de school zo tevreden over dit systeem dat het in het voorjaar uitgerold wordt over andere lokalen.”

MOMENTEEL WORDEN NOG 14 LOKALEN MET SCHOOLVENT SYSTEEM VOORZIEN



dinsdag 12 oktober 2021



› **BEDANKT VOOR
UW AANDACHT**

piet.jacobs@tno.nl

www.schoolvent.nl

TNO innovation
for life