

CLAIRE

Congres 2024

Ventilatie in klaslokalen en
luchtreinigers – theorie en praktijk

5 Juni

Anneloes de Lange (TNO) + Marcel Loomans (TU/e)

Ventilatie in klaslokalen en luchtreinigers – theorie en praktijk

Informereren:

Praktijk activiteiten binnen CLAIRE – opzet en (eerste) resultaten

WP2: metingen ventilatie in klaslokalen

Anneloes de Lange, MSc. (TNO)

WP3: toepassing luchtreinigers in klaslokalen; prestatie van luchtreinigers

dr.ir. Marcel Loomans (TU Eindhoven)

Discussie:

Meer aandacht voor ventilatie, wat is de positie van luchtreinigers hierin?

Doelstellingen WP2

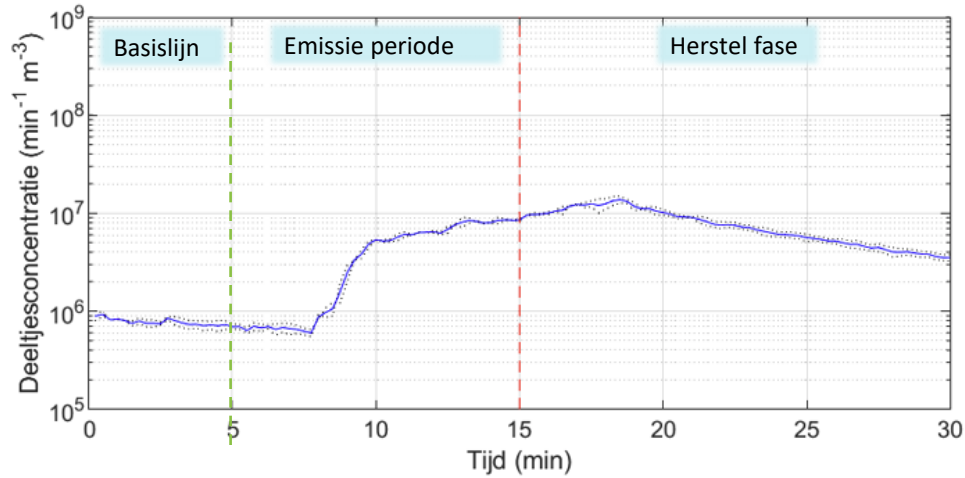
- Meer inzicht verkrijgen in het gedrag van aerogene deeltjes bij verschillende ventilatiesystemen.
- Ontwikkelen van een methode om op basis van fysieke kenmerken van de ruimte en het systeem een beeld te vormen van de effectiviteit van het aanwezige ventilatiesysteem.

Doelstellingen interactieve workshop

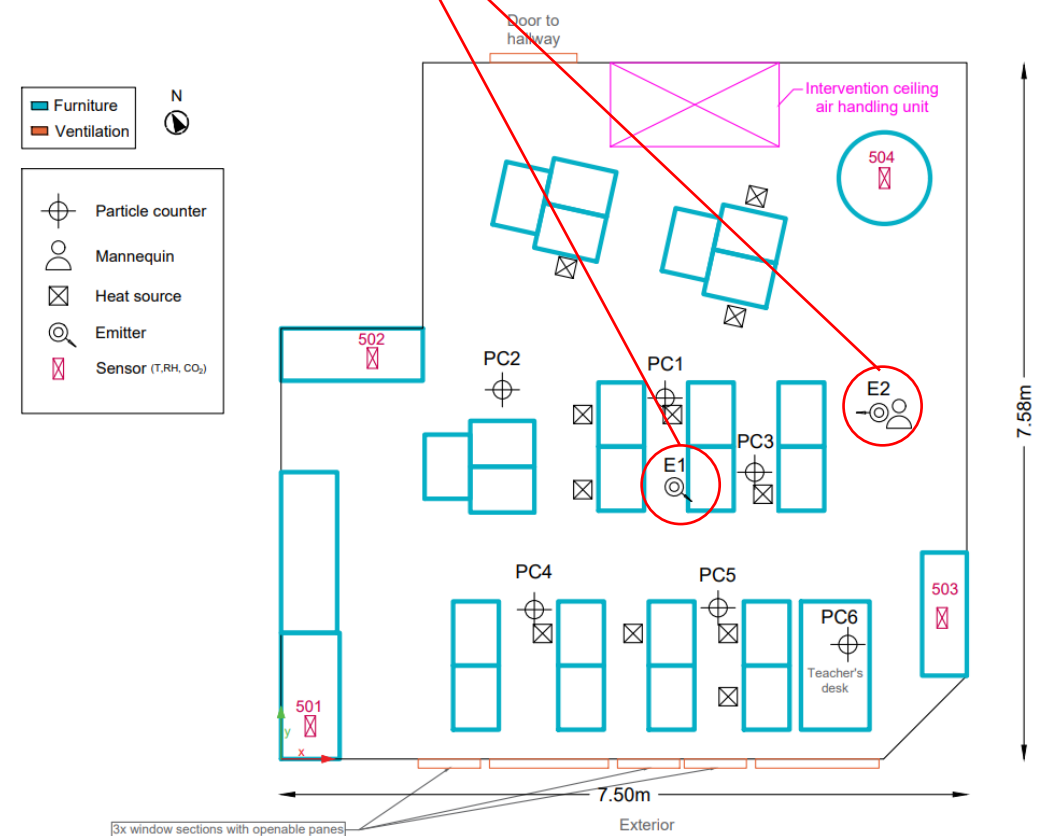
- Naar aanleiding van de resultaten van de metingen uitgevoerd in WP2 input verzamelen voor de ontwikkeling van een methodiek om op basis van fysieke kenmerken van de ruimte en het systeem een beeld te vormen van de effectiviteit van het ventilatiesysteem.

Meetmethode

Deeltjesmetingen

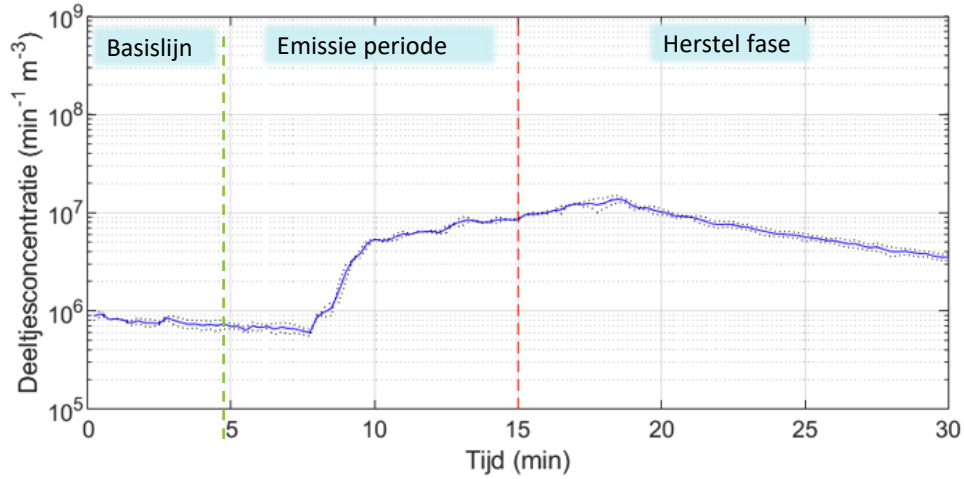


Emissiepunt 2 (positie docent)
Emissiepunt 1 (positie leerling)

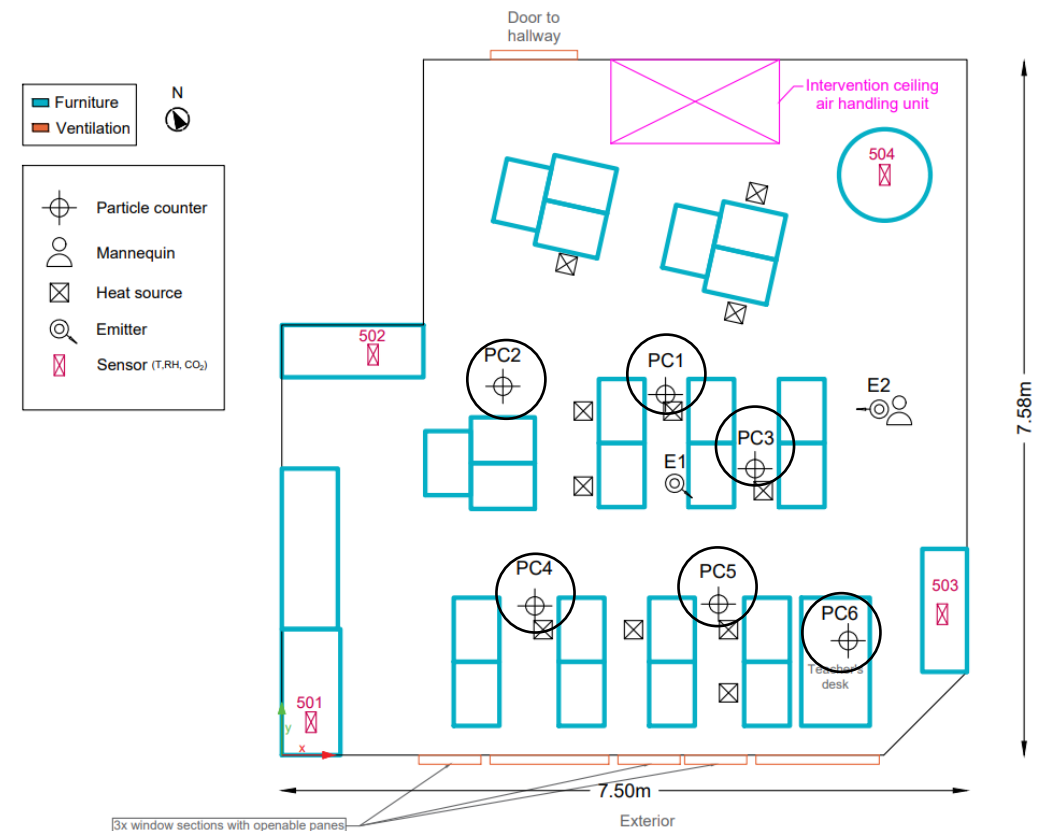


Meetmethode

Deeltjesmetingen



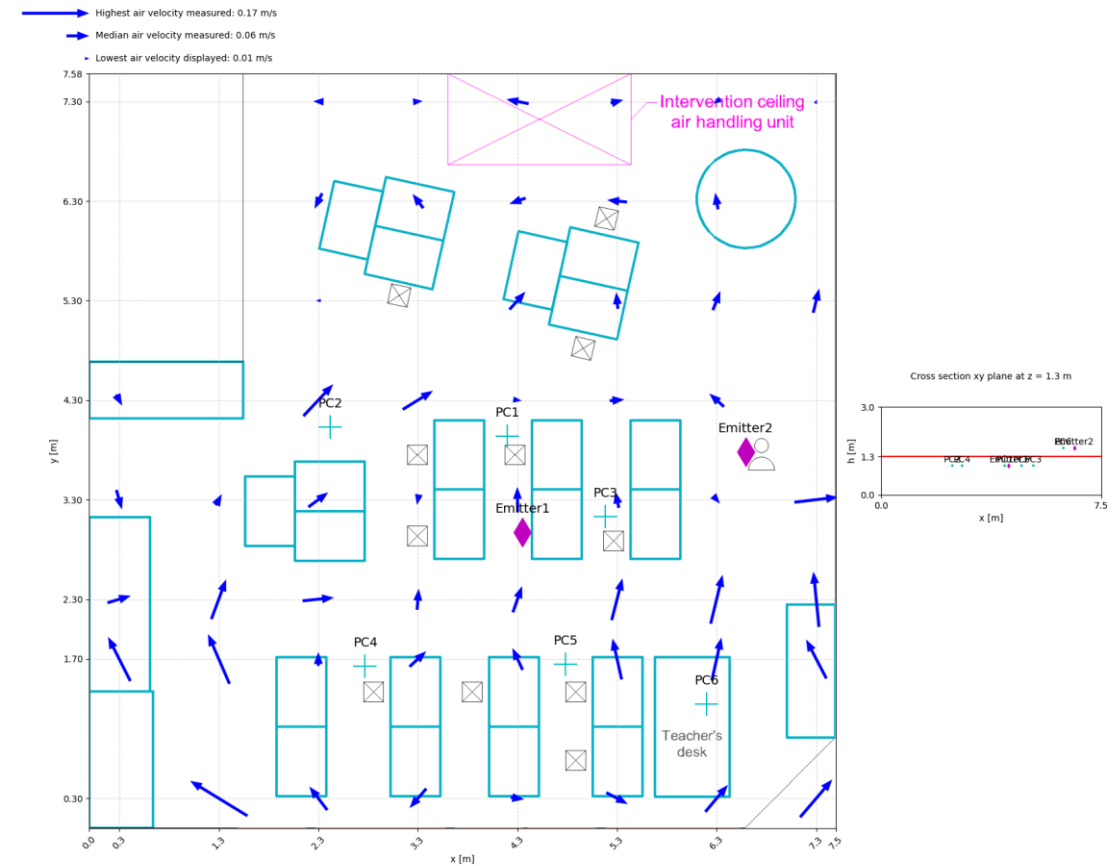
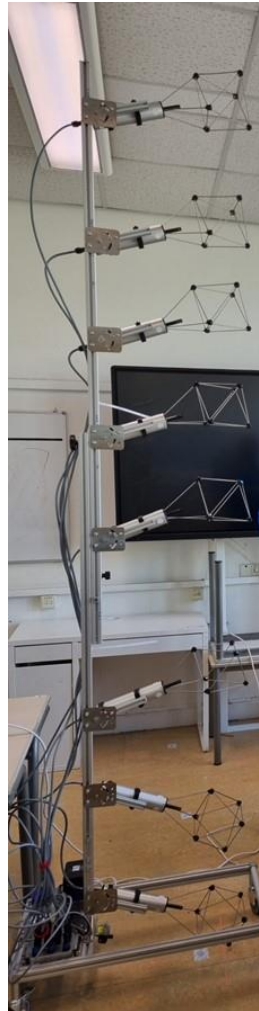
Deeltjesmeting op 6 plaatsen in de ruimte (kritische posities)



Meetmethode

Luchtstroommetingen

- Luchtsnelheid en richting op 8 verschillende hoogtes
- 1 x 1 m grid in de ruimtes



Analyse methode

CLAIRE

CLEAN AIR
FOR EVERYONE

Deeltjesmetingen

- 100-voudige toenametijd: tijd die nodig is om de concentratie op punt i een factor 100 te laten toenemen
- 100-voudige hersteltijd: tijd die nodig is om de concentration op punt i een factor 100 te laten afnemen na emissie
- t_{delay} : tijd die nodig voordat de concentratie op punt i toeneemt na het starten van emissie.

Luchtstroommetingen

- Luchtsnelheid en luchtrichting op x aantal punten (1 x 1 m grid) met doorsnedes op 8 verschillende hoogtes in XY, XZ en YZ richting.

Deelnemende klaslokalen

CLAIRE

CLEAN AIR FOR EVERYONE

Classroom												
		1	2			3		4	5	6	7	8
Floor area		56.3 m ²	50.7 m ²			48.7 m ²		57 m ²	55.5 m ²	56.3 m ²	56.3 m ²	64.4 m ²
Height		3-4 m	2.5-3.5 m			3.2 m		3.2 m	3.3-4.2 m	3 m	3 m	4.1 m
Orientation facade		South-West	West			West		South	North-East	East	South	North-East
Built in		1990	1989			1931		1972	1921	1980	1981	1882
Number of students including staff		26	26			31		26	32	21	26	26
Ventilation system	Before intervention	natural	natural			natural		natural	mechanical supply and exhaust	natural supply and mechanical exhaust	natural	natural
	After intervention	mechanical	mechanical			mechanical		mechanical	mechanical	mechanical	mechanical	mechanical
Ventilation facilities	Before intervention	3 tilt and turn windows	2 window grills			3 window grills		4 tilt windows	2 supply ceiling grills and 2 exhaust ceiling grill	3 window grills and 1 exhaust ceiling grill	3 tilt windows and 2 roof vents	2 tilt and turn windows
	After intervention	2 supply grills and 1 exhaust grill	4 supply grills and 2 exhaust ceiling grill	Air cleaner	Air cleaner	Raised floor with air socks and ceiling panels	Air cleaner	2 supply grills and 1 ceiling grill	2 supply grills and 1 exhaust grill	2 supply grills and 1 exhaust grill	4 supply ceiling grills and 4 exhaust ceiling grills	Raised floor with air socks and ceiling panels
Amount of supply air	Before intervention	-	-			-		-	256 m ³ /h	195 m ³ /h	-	-
	After intervention	Design capacity: 796 m ³ /h	Design capacity: 796 m ³ /h	600 m ³ /h	2100 m ³ /h	715 m ³ /h	400 m ³ /h	Design capacity: 796 m ³ /h	Design capacity: 979 m ³ /h	Design capacity: 796 m ³ /h	721 m ³ /h	1034 m ³ /h
Measured situation	Before intervention	Windows all open (tilted), door closed	Window grills all open, windows and door closed.			Window grills all open, windows and door closed.		Windows all open (tilted), door closed	Windows and door closed	2 of the 3 window grills open, windows and door closed	2 of the 3 windows open, door closed	Windows all open and the doors were closed
	After intervention	Windows and door closed	Windows, window grills and door closed	Windows and door closed, window grills open	Windows and door closed, window grills open	Windows, window grills and door closed	Window grills open, windows and door closed.	Windows and door closed	Windows and door closed	Windows, window grills and door closed	Windows and door closed	Windows and door closed

Deelnemende klaslokalen

CLAIRE

CLEAN AIR FOR EVERYONE

		Classroom										
		1	2			3		4	5	6	7	8
Floor area		56.3 m ²	50.7 m ²			48.7 m ²		57 m ²	55.5 m ²	56.3 m ²	56.3 m ²	64.4 m ²
Height		3-4 m	2.5-3.5 m			3.2 m		3.2 m	3.3-4.2 m	3 m	3 m	4.1 m
Orientation facade		South-West	West			West		South	North-East	East	South	North-East
Built in		1990	1989			1931		1972	1921	1980	1981	1882
Number of students including staff		26	26			31		26	32	21	26	26
Ventilation system	Before intervention	natural	natural			natural		natural	mechanical supply and exhaust	natural supply and mechanical exhaust	natural	natural
	After intervention	mechanical	mechanical			mechanical		mechanical	mechanical	mechanical	mechanical	mechanical
Ventilation facilities	Before intervention	3 tilt and turn windows	2 window grills			3 window grills		4 tilt windows	2 supply ceiling grills and 2 exhaust ceiling grill	3 window grills and 1 exhaust ceiling grill	3 tilt windows and 2 roof vents	2 tilt and turn windows
	After intervention	2 supply grills and 1 exhaust grill	4 supply grills and 2 exhaust ceiling grill	Air cleaner	Air cleaner	Raised floor with air socks and ceiling panels	Air cleaner	2 supply grills and 1 ceiling grill	2 supply grills and 1 exhaust grill	2 supply grills and 1 exhaust grill	4 supply ceiling grills and 4 exhaust ceiling grills	Raised floor with air socks and ceiling panels
Amount of supply air	Before intervention	-	-			-		-	256 m ³ /h	195 m ³ /h	-	-
	After intervention	Design capacity: 796 m ³ /h	Design capacity: 796 m ³ /h	600 m ³ /h	2100 m ³ /h	715 m ³ /h	400 m ³ /h	Design capacity: 796 m ³ /h	Design capacity: 979 m ³ /h	Design capacity: 796 m ³ /h	721 m ³ /h	1034 m ³ /h
Measured situation	Before intervention	Windows all open (tilted), door closed	Window grills all open, windows and door closed.			Window grills all open, windows and door closed.		Windows all open (tilted), door closed	Windows and door closed	2 of the 3 window grills open, windows and door closed	2 of the 3 windows open, door closed	Windows all open and the doors were closed
	After intervention	Windows and door closed	Windows, window grills and door closed	Windows and door closed, window grills open	Windows and door closed, window grills open	Windows, window grills and door closed	Window grills open, windows and door closed.	Windows and door closed	Windows and door closed	Windows, window grills and door closed	Windows and door closed	Windows and door closed

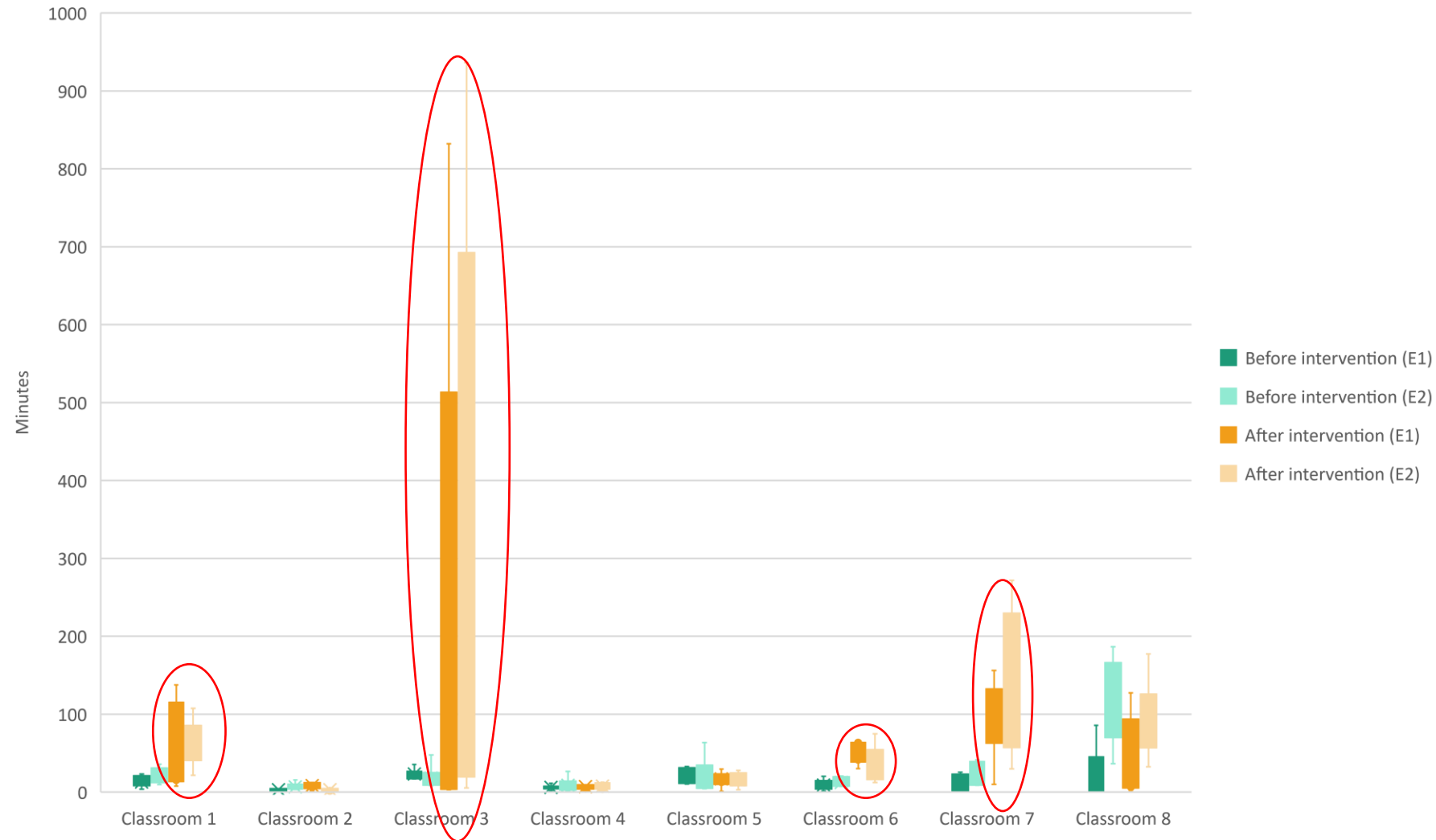
Deelnemende klaslokalen

CLAIRE

CLEAN AIR FOR EVERYONE

		Classroom										
		1	2		3	4	5	6	7	8		
Floor area		56.3 m ²	50.7 m ²		48.7 m ²	57 m ²	55.5 m ²	56.3 m ²	56.3 m ²	64.4 m ²		
Height		3-4 m	2.5-3.5 m		3.2 m	3.2 m	3.3-4.2 m	3 m	3 m	4.1 m		
Orientation facade		South-West	West		West	South	North-East	East	South	North-East		
Built in		1990	1989		1931	1972	1921	1980	1981	1882		
Number of students including staff		26	26		31	26	32	21	26	26		
Ventilation system	Before intervention	natural	natural		natural	natural	mechanical supply and exhaust	natural supply and mechanical exhaust	natural	natural		
	After intervention	mechanical	mechanical		mechanical	mechanical	mechanical	mechanical	mechanical	mechanical		
Ventilation facilities	Before intervention	3 tilt and turn windows	2 window grills		3 window grills	4 tilt windows	2 supply ceiling grills and 2 exhaust ceiling grill	3 window grills and 1 exhaust ceiling grill	3 tilt windows and 2 roof vents	2 tilt and turn windows		
	After intervention	2 supply grills and 1 exhaust grill	4 supply grills and 2 exhaust ceiling grill	Air cleaner	Air cleaner	Raised floor with air socks and ceiling panels	Air cleaner	2 supply grills and 1 ceiling grill	2 supply grills and 1 exhaust grill	2 supply grills and 1 exhaust grill	4 supply ceiling grills and 4 exhaust ceiling grills	Raised floor with air socks and ceiling panels
Amount of supply air	Before intervention	-	-		-	-	256 m ³ /h	195 m ³ /h	-	-		
	After intervention	Design capacity: 796 m ³ /h	Design capacity: 796 m ³ /h	600 m ³ /h	2100 m ³ /h	715 m ³ /h	400 m ³ /h	Design capacity: 796 m ³ /h	Design capacity: 979 m ³ /h	Design capacity: 796 m ³ /h	721 m ³ /h	1034 m ³ /h
Measured situation	Before intervention	Windows all open (tilted), door closed	Window grills all open, windows and door closed.		Window grills all open, windows and door closed.	Windows all open (tilted), door closed	Windows and door closed	2 of the 3 window grills open, windows and door closed	2 of the 3 windows open, door closed	Windows all open and the doors were closed		
	After intervention	Windows and door closed	Windows, window grills and door closed	Windows and door closed, window grills open	Windows and door closed, window grills open	Windows, window grills and door closed	Window grills open, windows and door closed.	Windows and door closed	Windows and door closed	Windows, window grills and door closed	Windows and door closed	Windows and door closed

100-voudige toenametijd

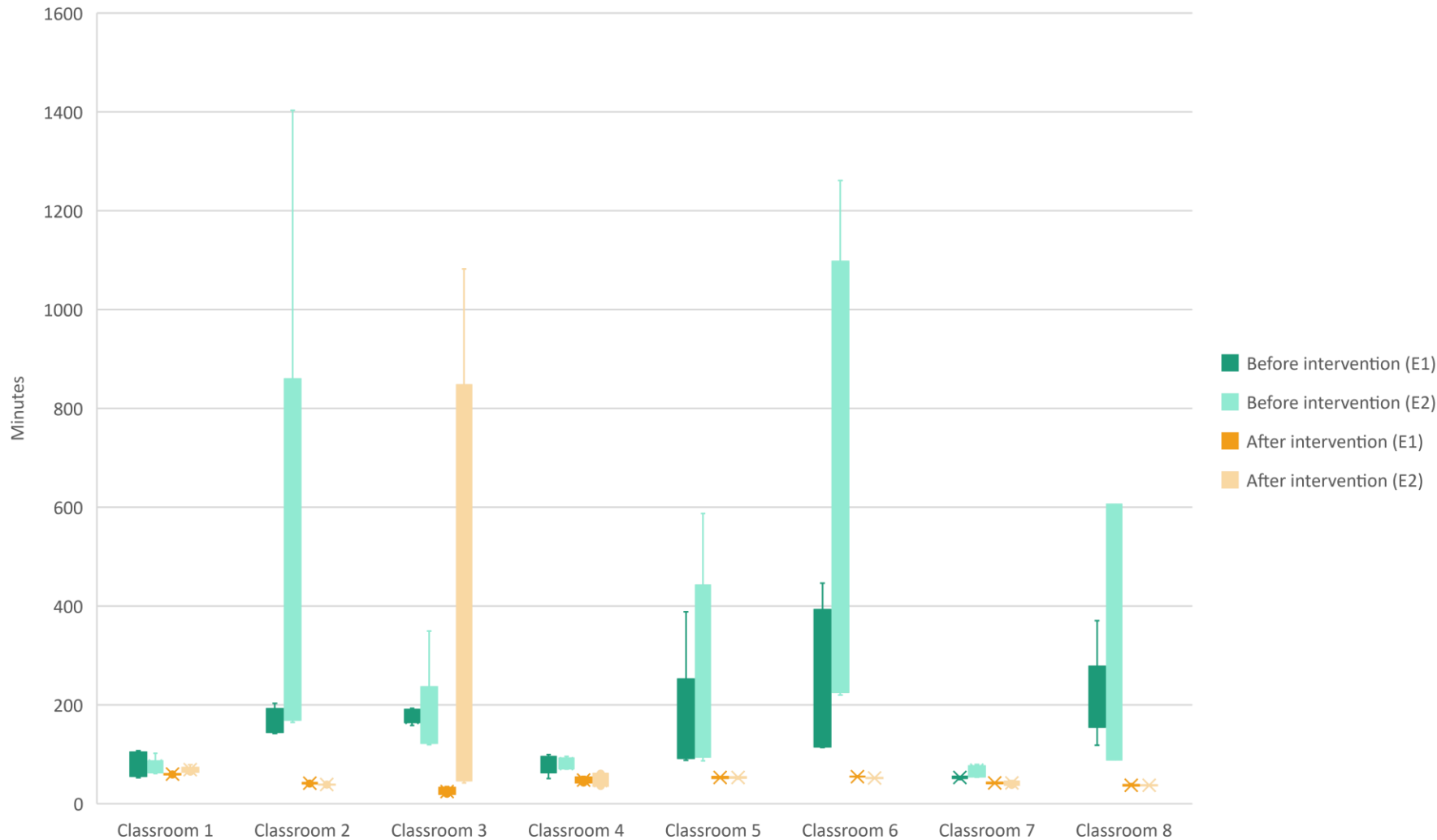


Analyse

- 100-voudige toenametijd vaak langer bij de na metingen.
→ Reden: deeltjes bereiken enkele locaties in de ruimte niet.
- Op basis van de 100-voudige toenametijd kan geen beoordeling worden gedaan over de kwaliteit van de ventilatievoorzieningen in de ruimte.

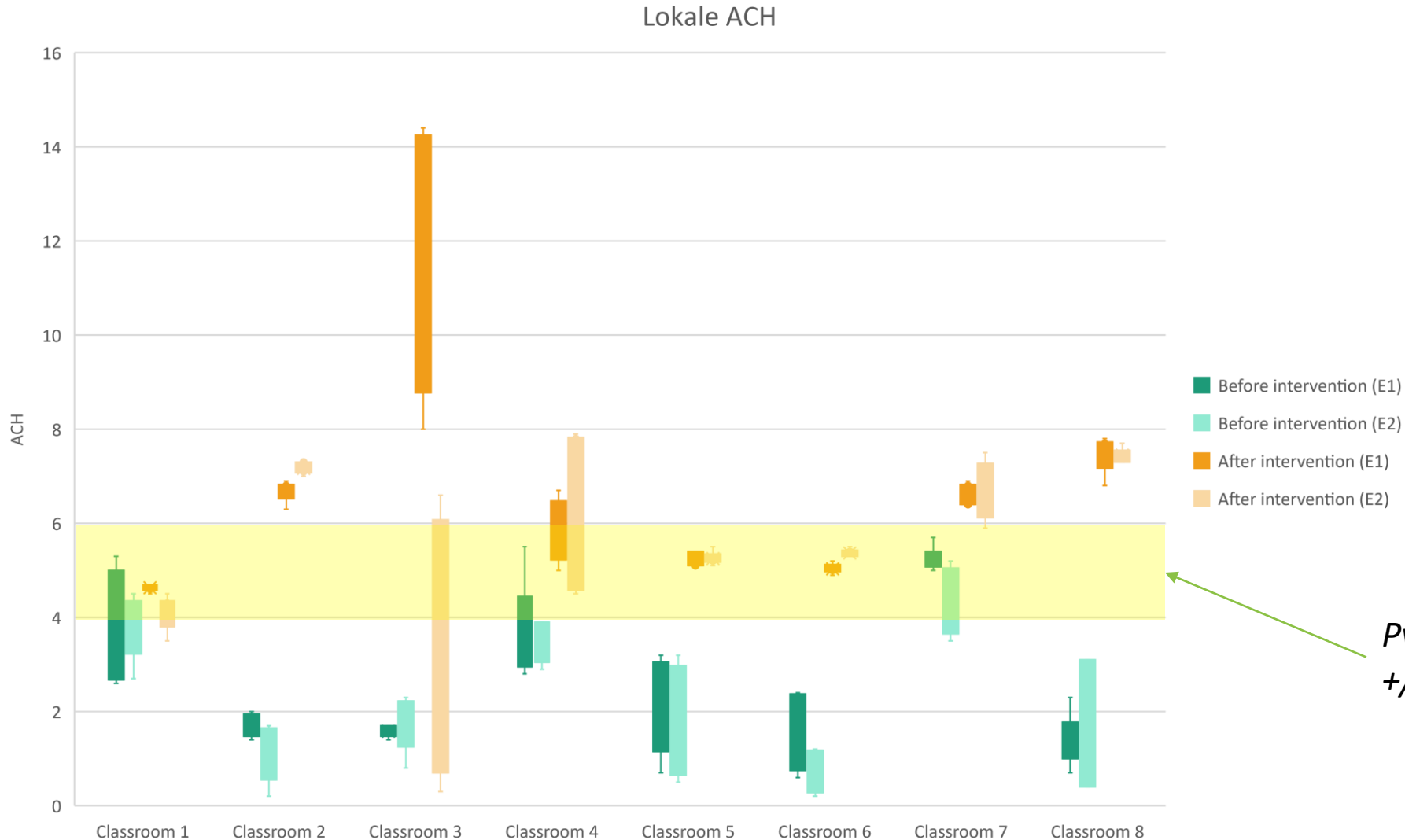
Resultaten

100-voudige hersteltijd



Analyse

- 100-voudige hersteltijd na de interventie (bijna) altijd korter vergeleken met de voor metingen.
- Bereik tussen verschillende meetpunten in het klaslokaal is kleiner na de interventie.
- Verschil tussen emissiepunt E1 en emissiepunt E2 is kleiner na de interventie.

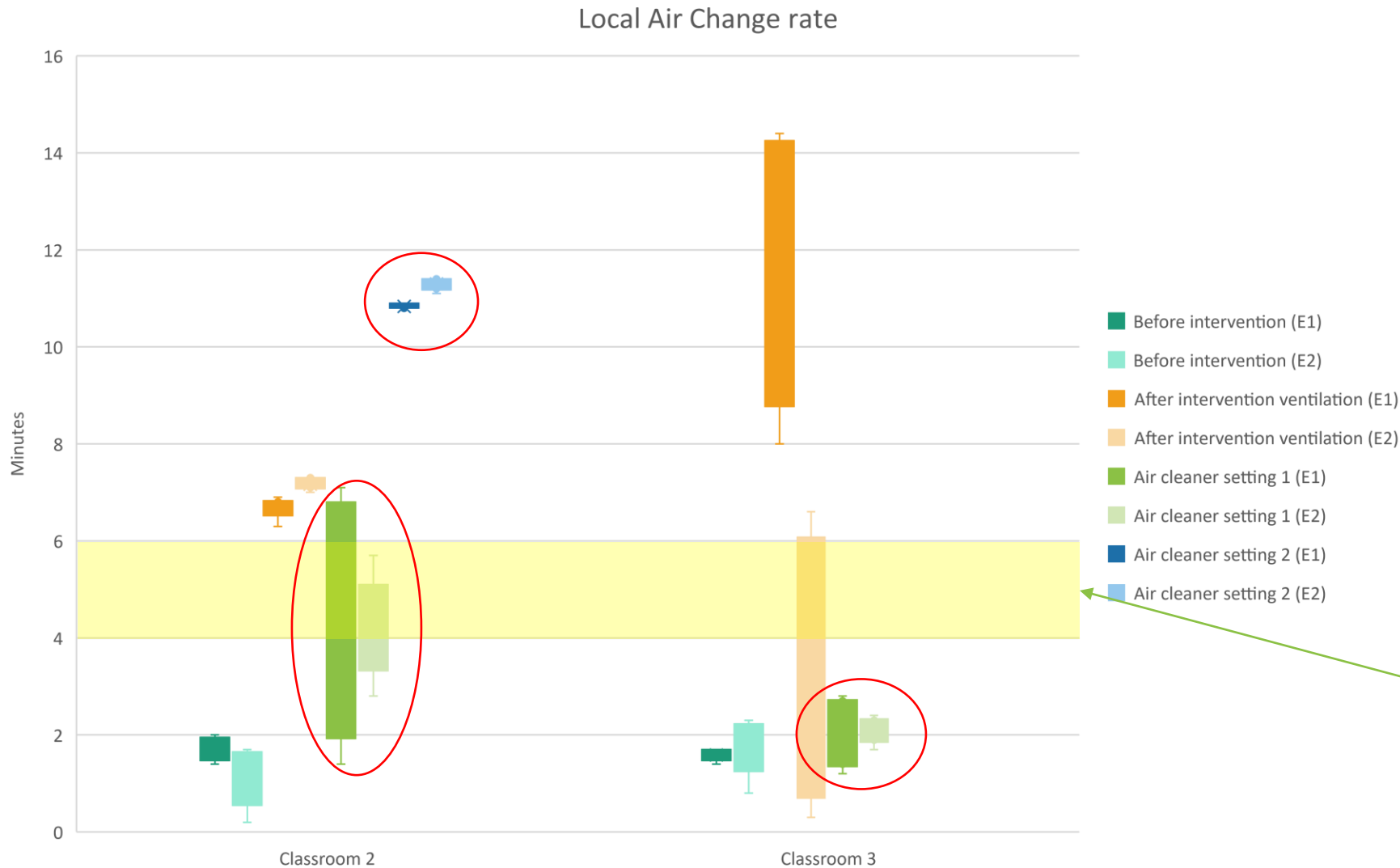


Analyse

- Voor de interventie voldoet bijna geen school aan de PvE Frisse Scholen klasse C.
- Na de interventie voldoen 7 van de 8 scholen aan de PvE Frisse Scholen klasse C.

*PvE Frisse Scholen klasse C
+/- 30,6 m³/h per persoon*

Resultaten (air cleaner)



Analyse

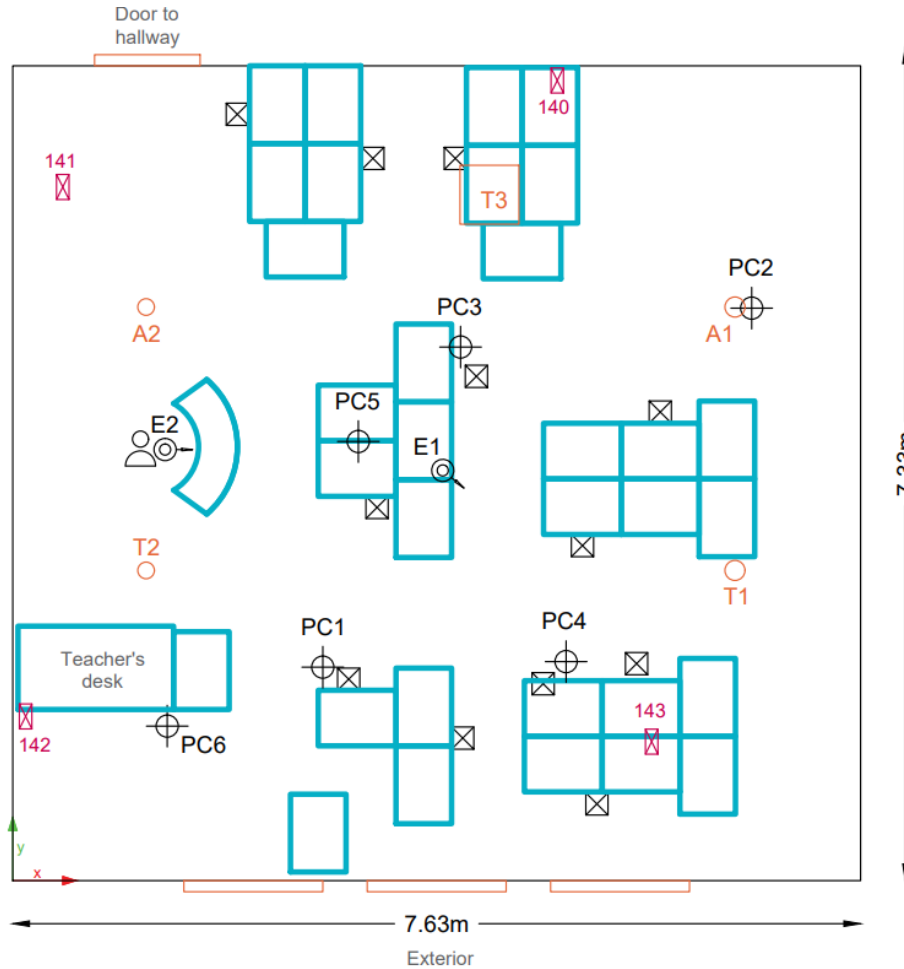
- Air cleaner op stand vergelijkbaar (of iets lager) dan PvE Frisse Scholen klasse C, voldoet niet.
 - Air cleaner op hoge stand voldoet wel.
- Niet realistisch
Geluidsniveau
Positie klas

*PvE Frisse Scholen klasse C
+/- 30,6 m³/h per persoon*

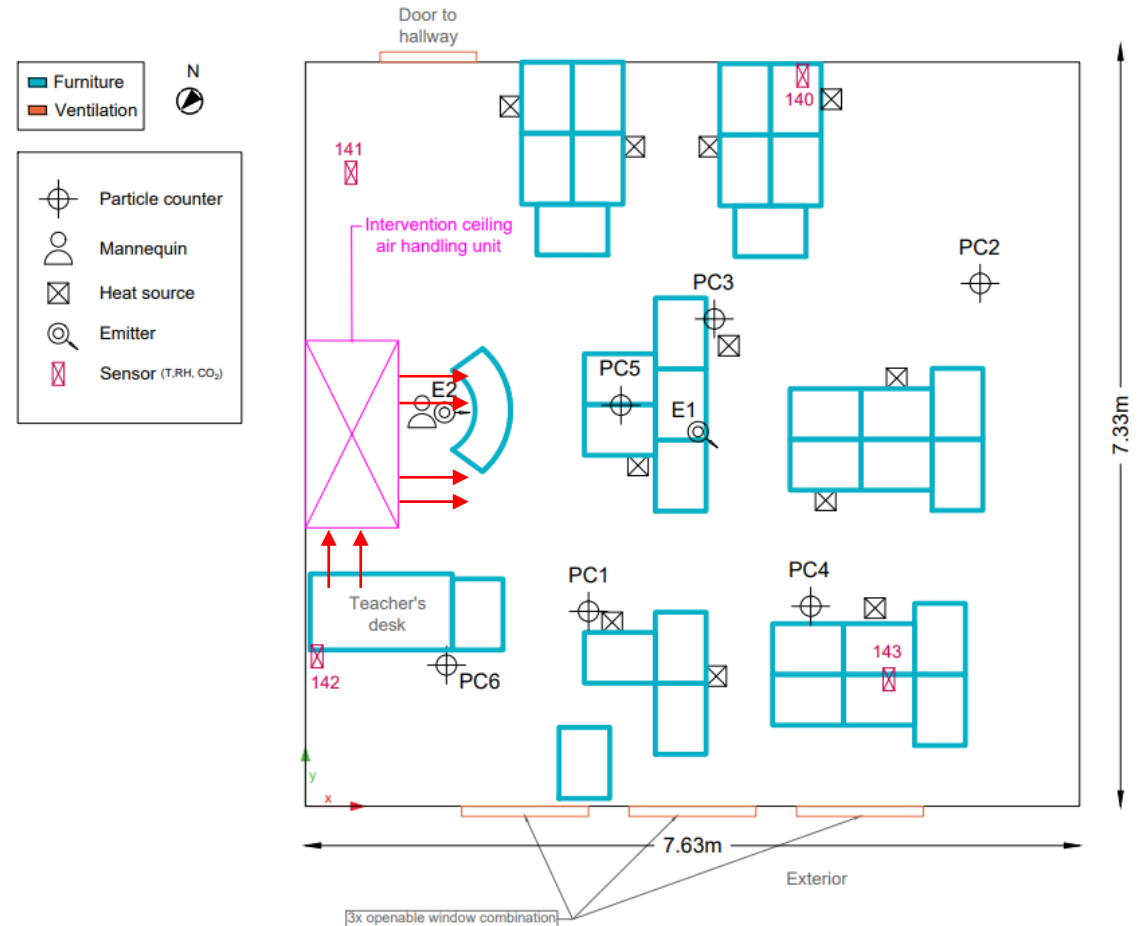
Voorbeeld 1

Klaslokaal 5

Voor meting (systeem D) – mechanische toe- en afvoer



Na meting (systeem D) – mechanische toe- en afvoer



Voorbeeld 1

Klaslokaal 5

Voor meting (systeem D) – mechanische toe- en afvoer



Na meting (systeem D) – mechanische toe- en afvoer

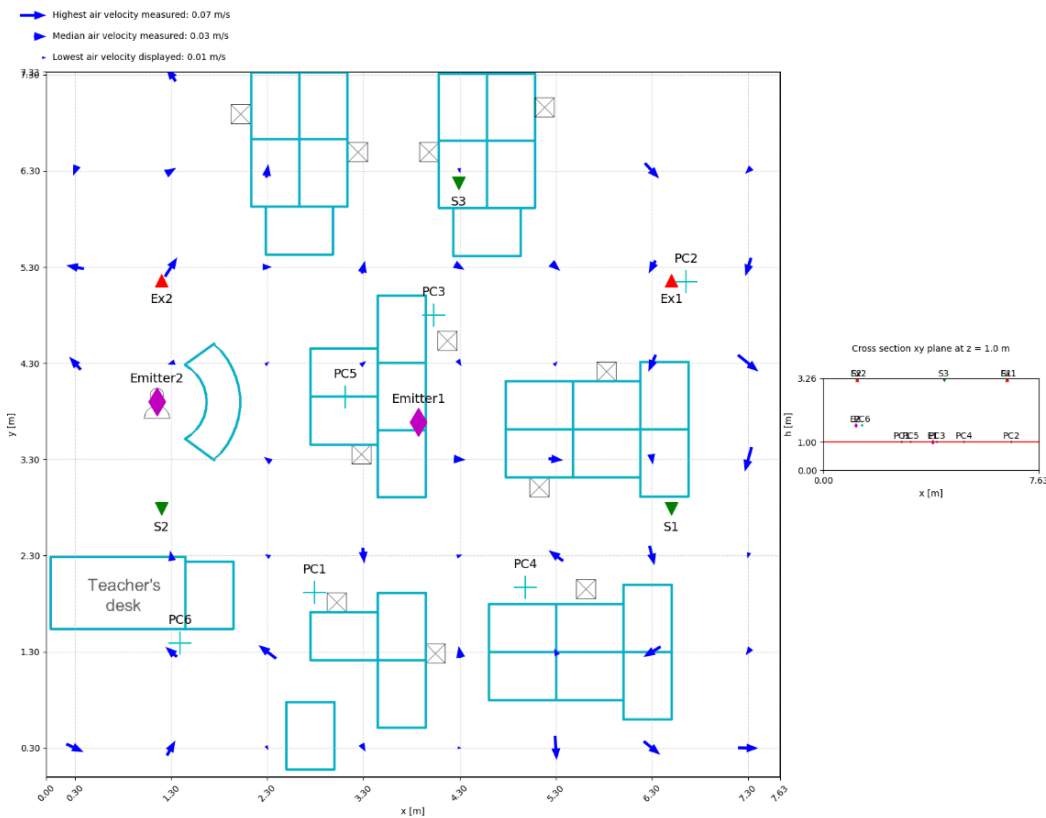


Voorbeeld 1

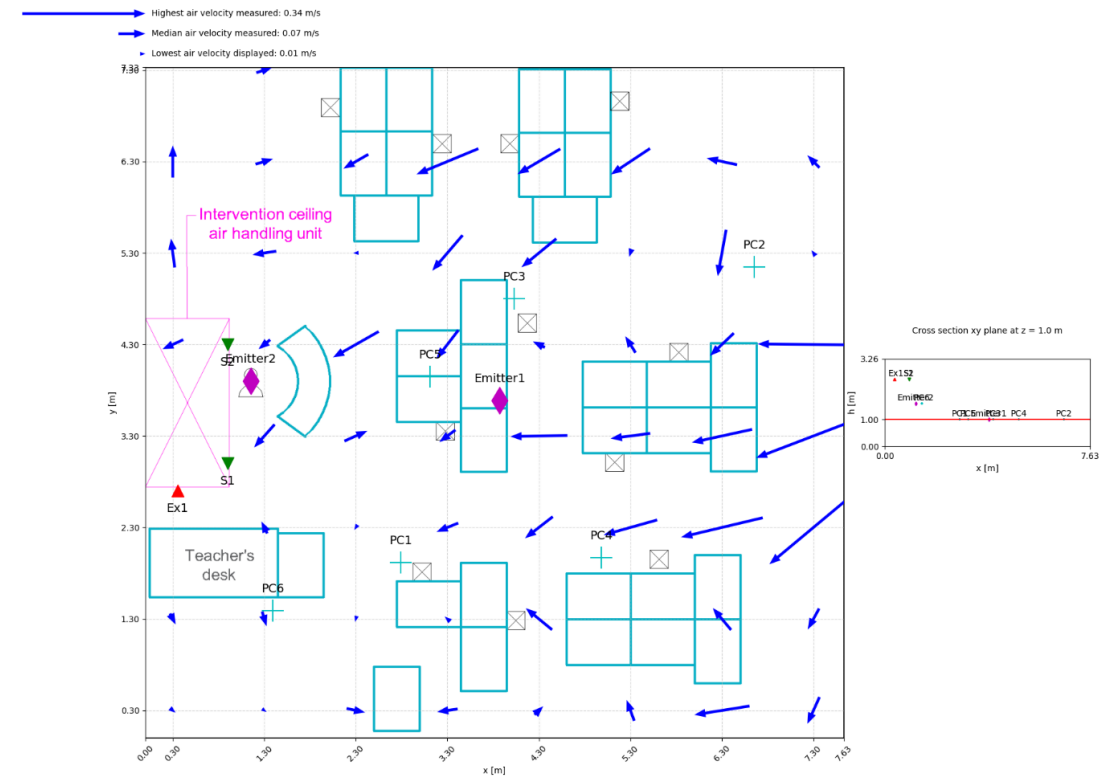
Klaslokaal 5

Luchtstroommetingen – hoogte 1.0 m

Voor meting (bereik luchtsnelheid: 0.01 – 0.07 m/s)



Na meting (bereik luchtsnelheid: 0.01 – 0.34 m/s)



Voorbeeld 1

Klaslokaal 5

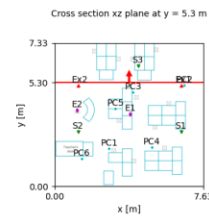
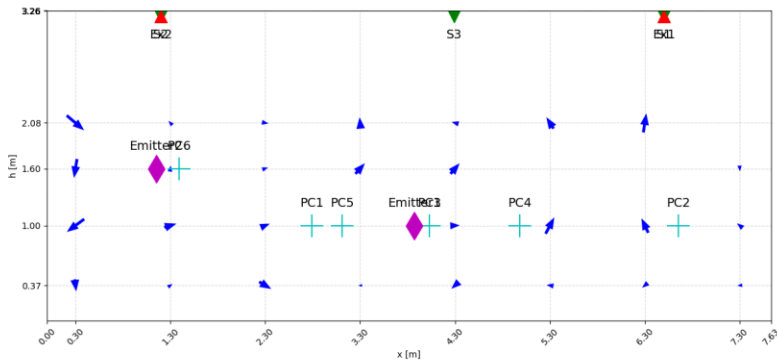
Luchtstroommetingen $y = 5.3$ m.

Voor meting (bereik lichtsnelheid: 0.01 – 0.06 m/s)

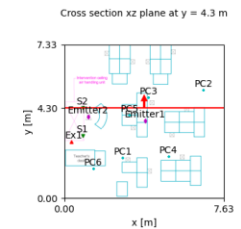
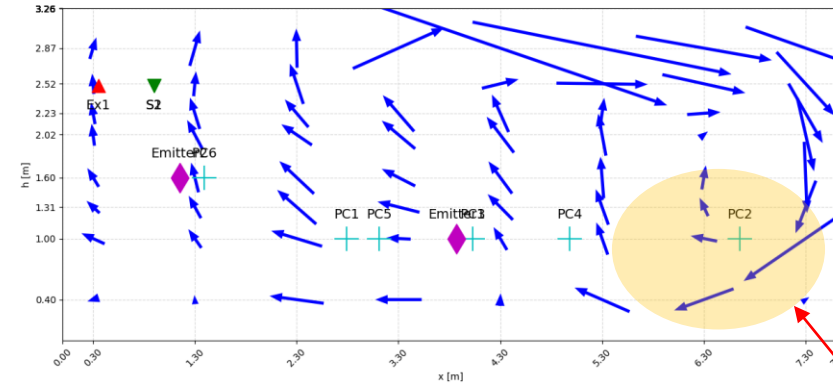
$y = 4.3$ m

Na meting (bereik lichtsnelheid: 0.02 – 0.87 m/s)

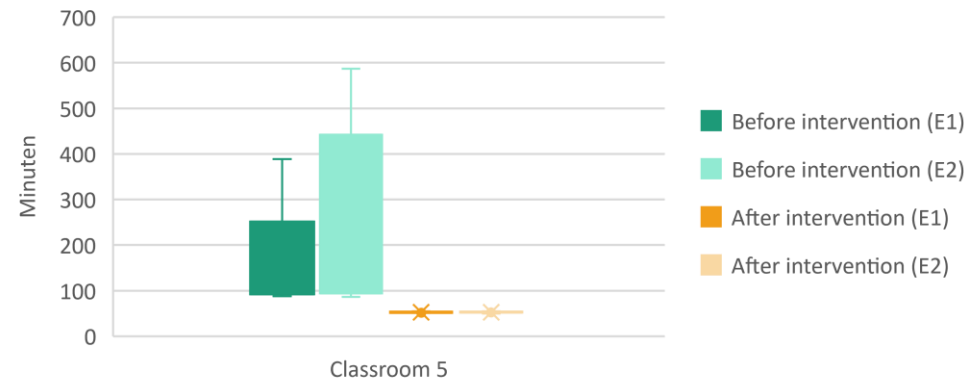
- Highest air velocity measured: 0.06 m/s
- Median air velocity measured: 0.03 m/s
- Lowest air velocity displayed: 0.01 m/s



- Highest air velocity measured: 0.87 m/s
- Median air velocity measured: 0.09 m/s
- Lowest air velocity displayed: 0.02 m/s



100-voudige hersteltijd

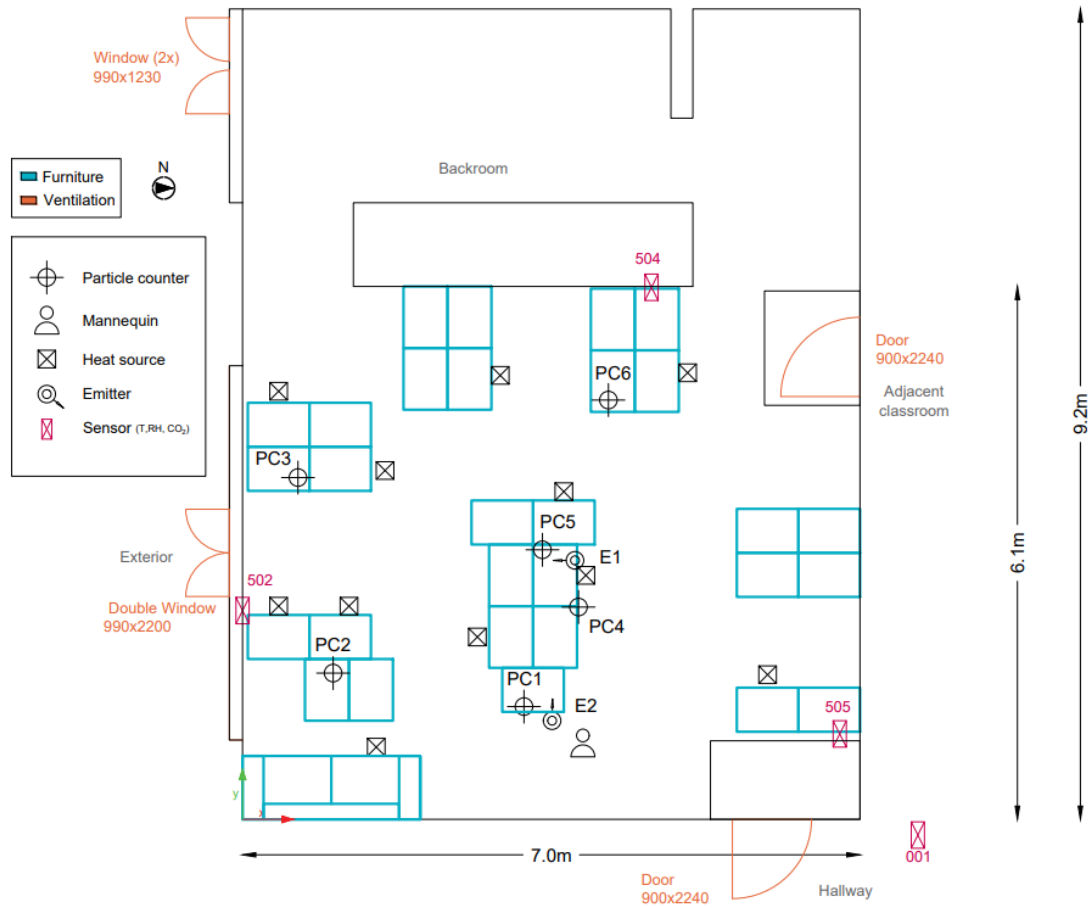


Kans op discomfort
Hoge plaatselijke
lichtsnelheid

Voorbeeld 2

Klaslokaal 8

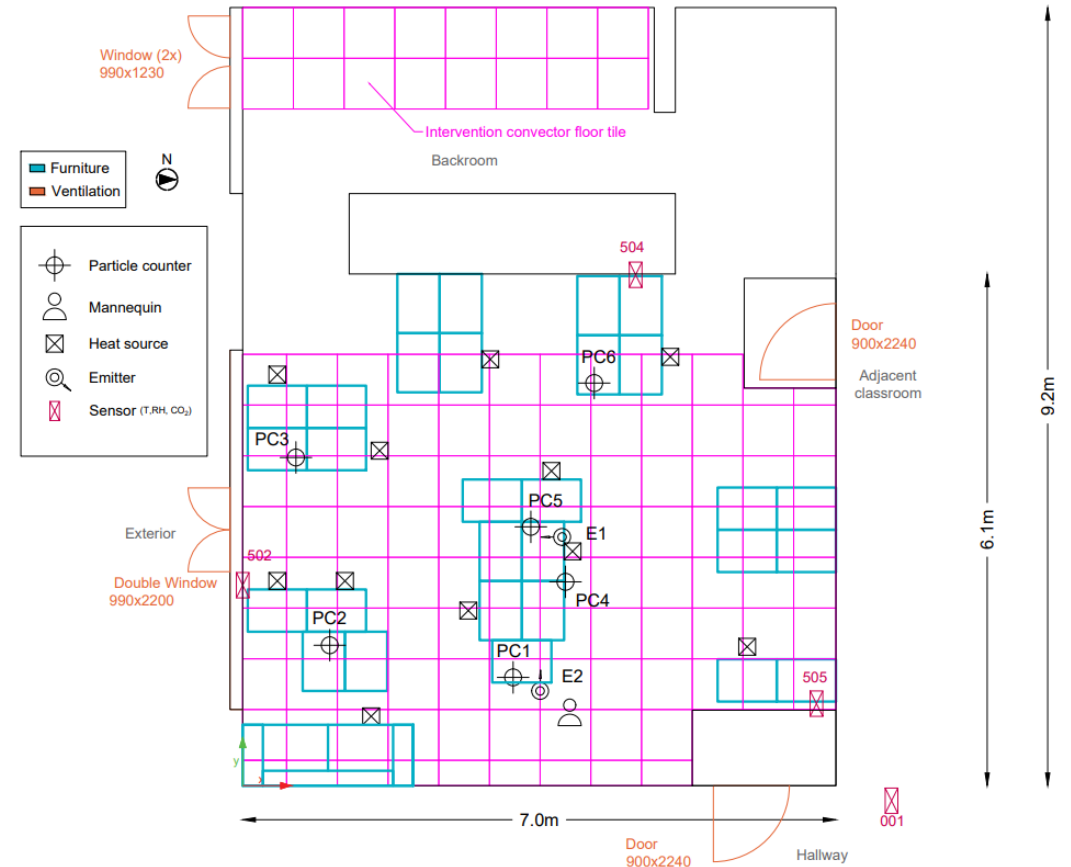
Voor meting (systeem A) – natuurlijke toe- en afvoer



CLAIRE

CLEAN AIR FOR EVERYONE

Na meting (systeem D) – mechanische toe- en afvoer



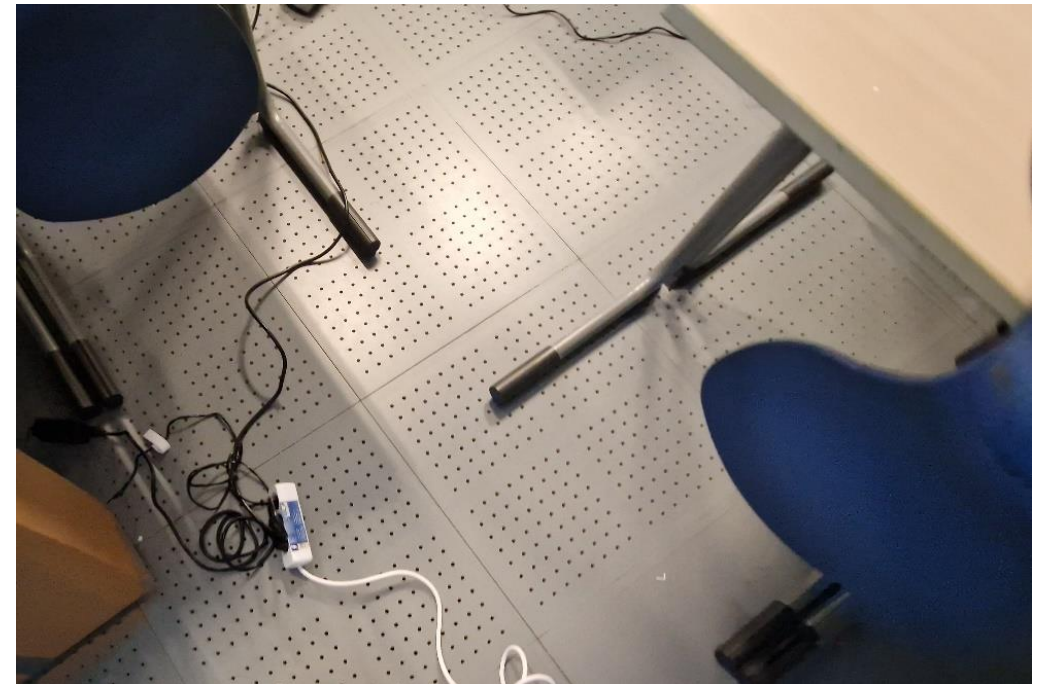
Voorbeeld 2

Klaslokaal 8

Voor meting (systeem A) – natuurlijke toe- en afvoer



Na meting (systeem A) – mechanische toe- en afvoer



Voorbeeld 2

Klaslokaal 8

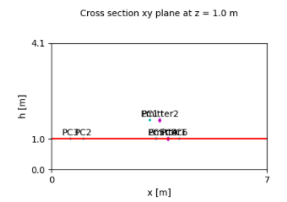
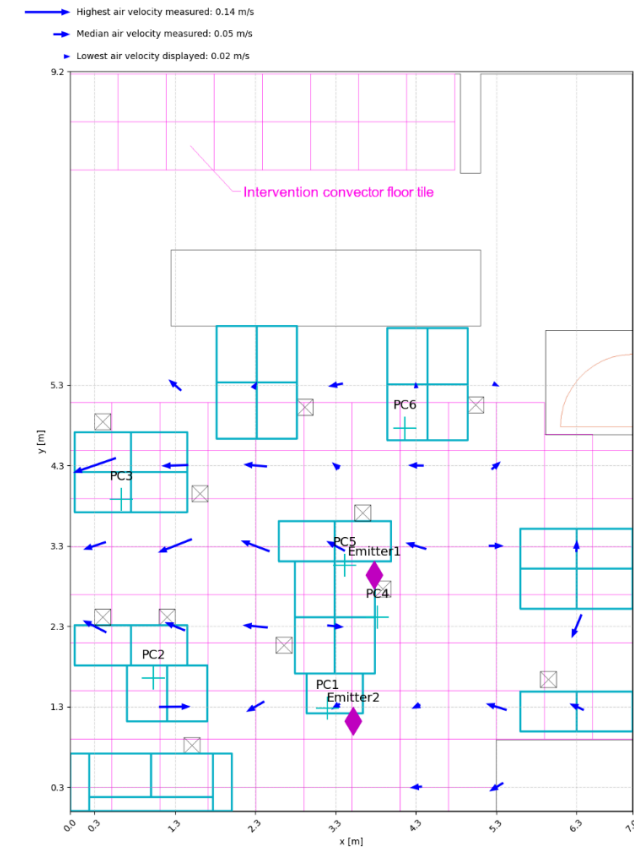
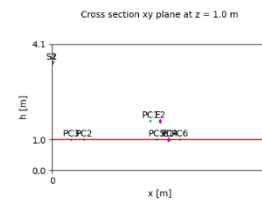
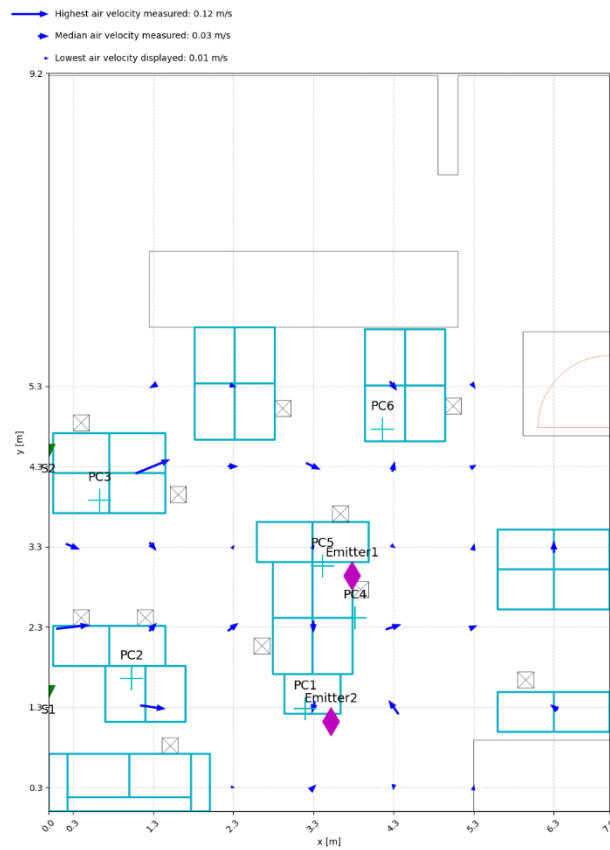
Luchtstroommetingen – hoogte 1.0 m

CLAIRE

CLEAN AIR FOR EVERYONE

Voor meting (bereik luchtsnelheid: 0.01 – 0.12 m/s)

Na meting (bereik luchtsnelheid: 0.01 – 0.14 m/s)



Voorbeeld 2

Klaslokaal 8

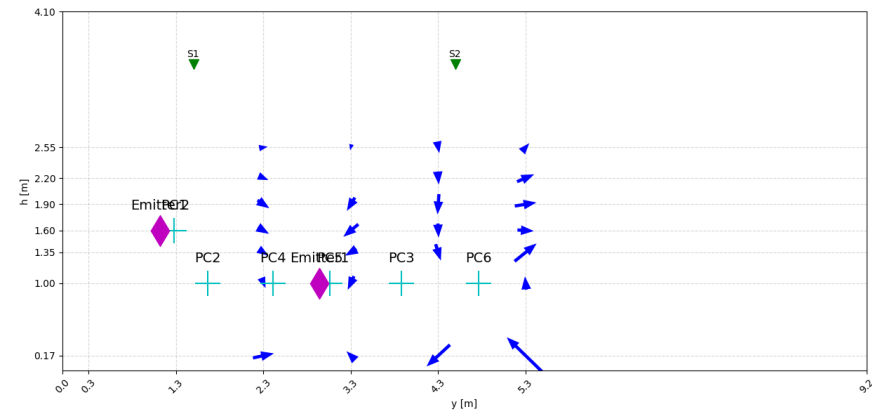
Luchtstroommetingen $x = 0.3$ m.

Voor meting (bereik luchtsnelheid: 0.02 – 0.15 m/s)

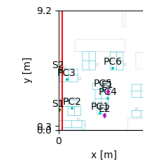
$y = 1.3$ m

Na meting (bereik luchtsnelheid: 0.01 – 0.14 m/s)

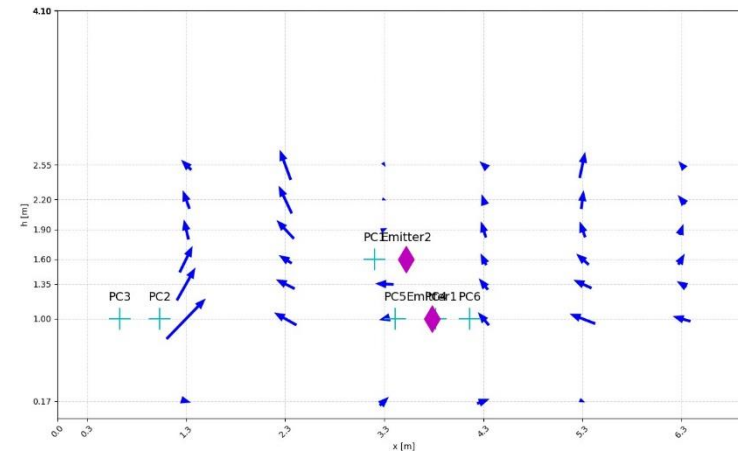
- Highest air velocity measured: 0.15 m/s
- Median air velocity measured: 0.04 m/s
- Lowest air velocity displayed: 0.02 m/s



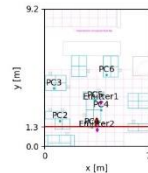
Cross section yz plane at $x = 0.3$ m



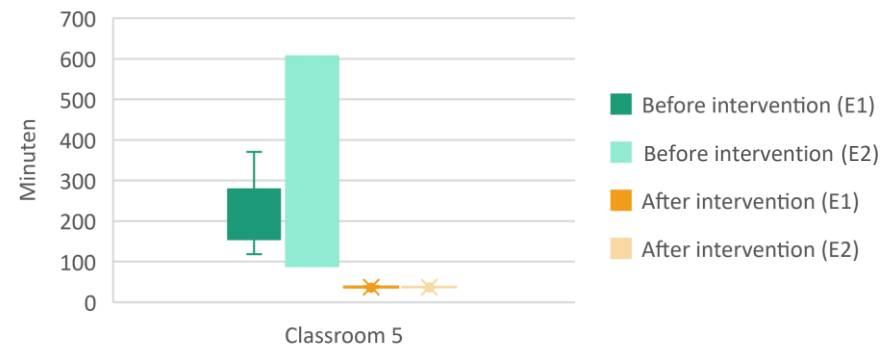
- Highest air velocity measured: 0.14 m/s
- Median air velocity measured: 0.04 m/s
- Lowest air velocity displayed: 0.01 m/s



Cross section xz plane at $y = 1.3$ m



100-voudige hersteltijd



Eerste conclusies resultaten

- Na interventie niet meer afhankelijk van externe condities zoals weer en wind
- Interventies zorgen voor snellere deeltjesafvoer in de ruimte
- Interventies zorgen voor homogener menging van deeltjes door de ruimte
- Luchtreiniger als interventie minder effectief dan vervanging ventilatiesysteem
- Ook met lage luchtsnelheden kan een goede deeltjesafvoer in de ruimte worden bereikt

CLAIRE

CLEAN AIR
FOR EVERYONE

Credits (TU Eindhoven)



We zijn de subsidiegever zeer erkentelijk voor het mogelijk maken van het genoemde onderzoek. Daarnaast spreken we onze grote waardering uit naar alle partijen die middels (in-kind) bijdragen aan het CLAIRE (Health~Holland) project dit project mogelijk heeft gemaakt.

WP3 Luchtreinigers in klaslokalen in scholen

(samen met WP5 [bio-aerosolen] en WP7 [gebruikersperceptie])

Doel: Effect bepalen van luchtreinigers op deeltjesconcentraties en bio-aerosol concentraties in de klas ten opzichte van een klas zonder luchtreiniger.

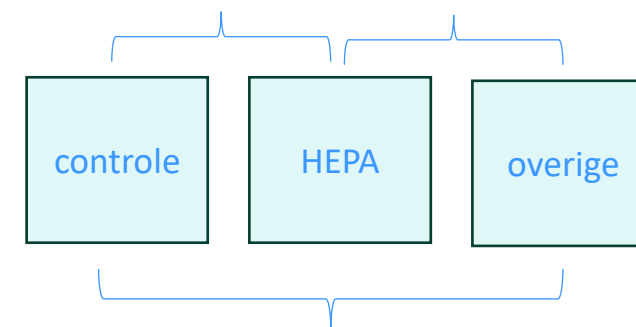
Belangrijke opmerkingen:

- Het is niet het doel om vast te stellen welke CADR (minimaal) noodzakelijk is in een klaslokaal.
- Het onderzoek is erop gericht dat we statistisch onderbouwd het effect kunnen aantonen.
- We veranderen niets aan de aanwezige ventilatie in de klaslokalen. Dit is een gegeven.

WP3 Luchtreinigers in klaslokalen in scholen

1. We veronderstellen **drie 'armen'**

- *Een controle arm (geen luchtreiniging - referentie)*
- *Een HEPA-arm*
- *Een overige technieken arm*



2. Alle 'armen' worden in een school meegenomen. De geselecteerde klaslokalen hebben een (zoveel als mogelijk) vergelijkbare opzet (bouw, ventilatie, oriëntatie,...). Dus per school 3, 6, 9, ... lokalen.
3. We gaan ervan uit een effect van **tenminste 20% reductie** op de gemeten concentratie aan te kunnen tonen. Daarvoor zijn in totaal tenminste *60 - 80 klaslokalen per arm* benodigd¹ (180 - 240 klaslokalen in totaal). Meer is altijd goed.

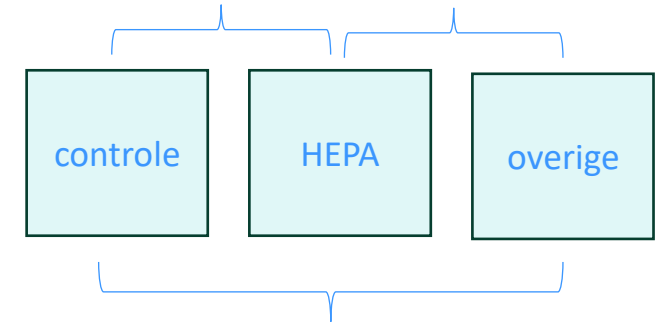
1: op basis van een zogenaamde Power berekening.

WP3 Luchtreinigers in klaslokalen in scholen

Waarom 20% reductie?

Uitgangspunt optimale situatie scholen: Klasse B volgens PvE Frisse Scholen

	Klasse C	Klasse B	Klasse A
Debiet per persoon	21,6 m ³ /h	30,6 m ³ /h	43,2 m ³ /h
Klas 25 personen	540 m ³ /h	765 m ³ /h	1080 m ³ /h



Voor 20% reductie concentratie is ~200 m³/h CADR nodig bij Klasse B uitgangspunt

> dit is de daadwerkelijke werking die verwacht wordt van de luchtreiniging!

CADR_{theorie} (volgens standaard) ≠ CADR_{praktijk} (lokatie, combinatie met ventilatie, ...)

> Meer nodig dan 200 m³/h (theoretisch) > aanname minimaal verdubbeling wenselijk, dan ~400 m³/h

WP3 Luchtreinigers in klaslokalen in scholen

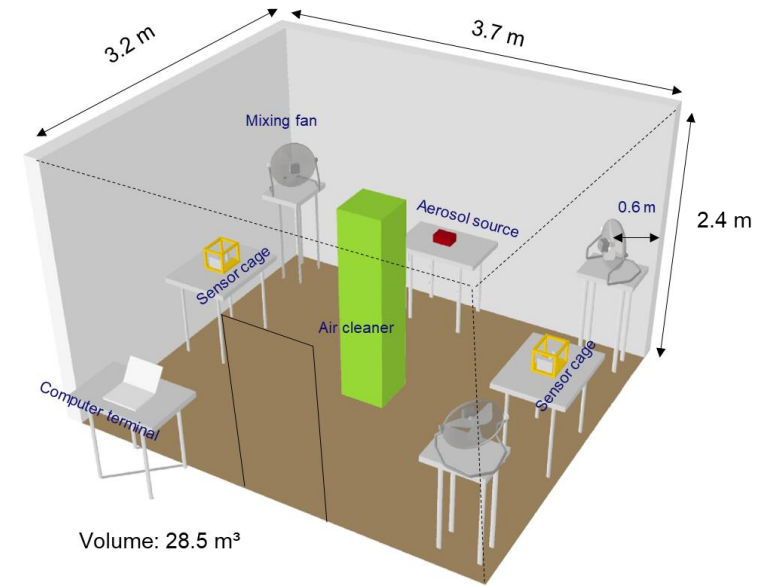
Bepaling CADR (Clean Air Delivery Rate)

Method for Measuring Performance of Portable Household Electric Room Air Cleaners

ANSI/AHAM AC-1-2020

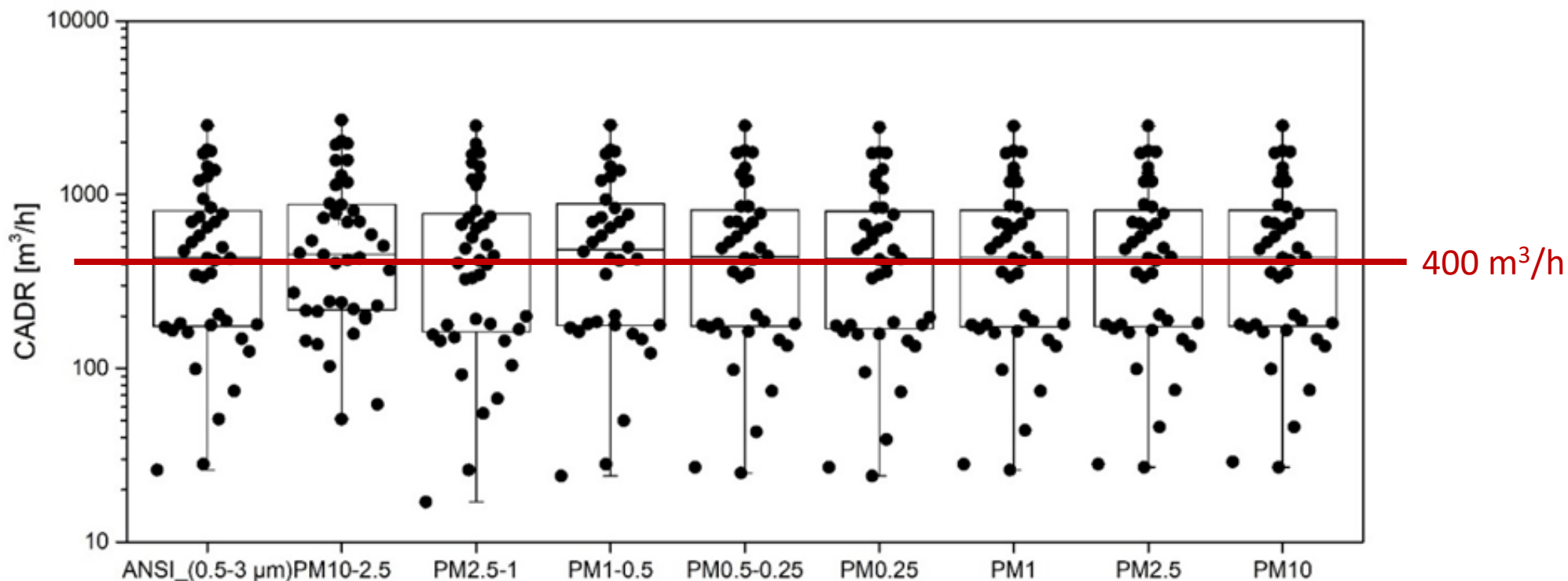


1111 18th Street NW • Suite 402 • Washington, DC 20036
(202) 872-5905 / (202) 872-0054 www.aham.org



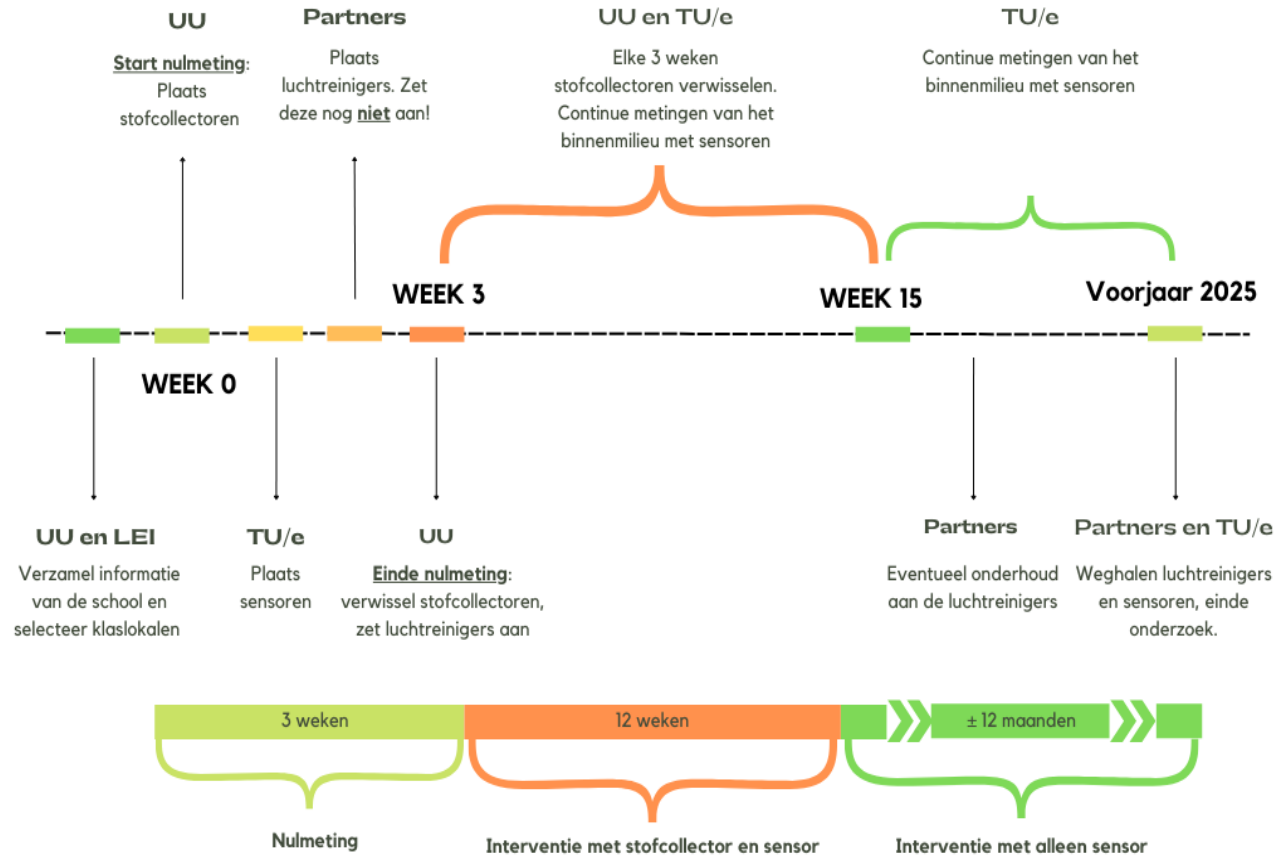
WP3 Luchtreinigers in klaslokalen in scholen

Waarom 20% reductie?



WP3 Luchtreinigers in klaslokalen in scholen

Uitvoering



Tijdslijn onderzoek per school/klaslokaal

Unversiteit Leiden neemt tijdens de interventieperiode interviews bij scholen af.

WP3 Luchtreinigers in klaslokalen in scholen

Wat wordt gemeten in de klaslokalen?

- Binnenklimaat parameters (T, RV, CO₂, PM1/2.5/10, TVOC)
- (micro-) biologische parameters (bacterie- en virusdeeltjes)



WP3 Luchtreinigers in klaslokalen in scholen

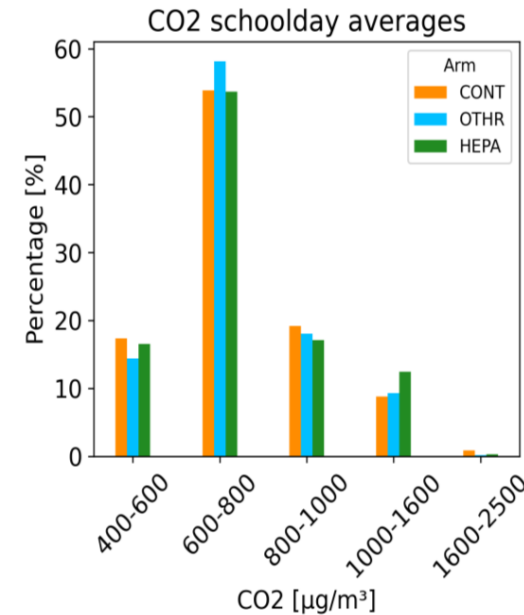
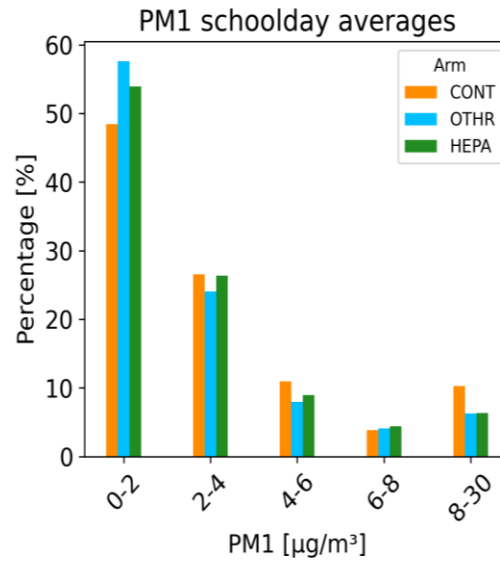
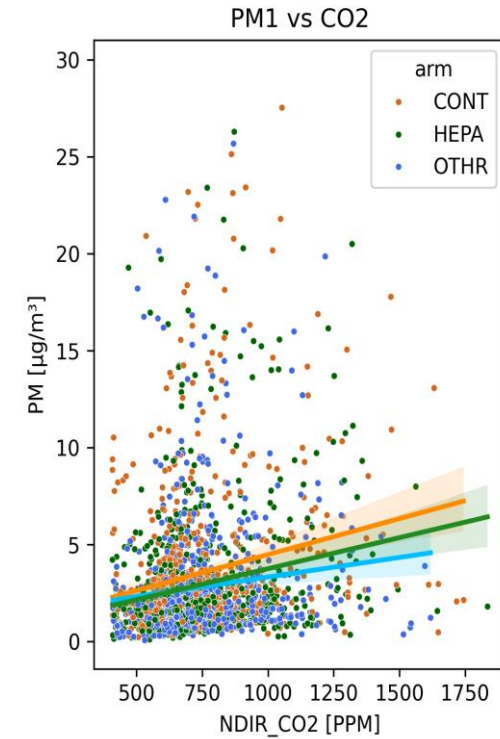
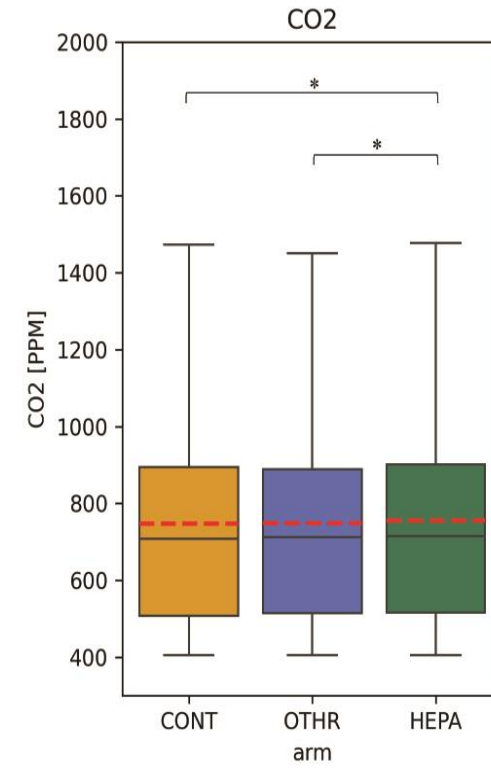
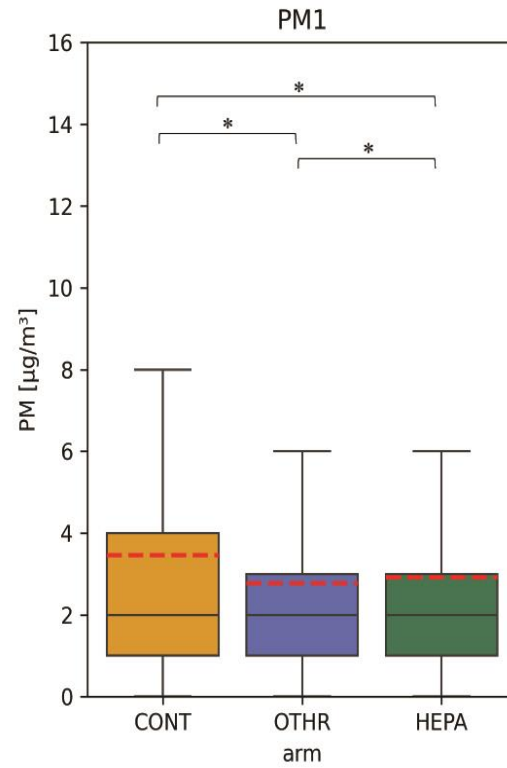
Stand van zaken

- Voorjaar 2024 gemeten in 10 scholen, 66 Klassen (22 klassengroepen) – tussenstand
- Data verzameld voor periode van interventie
- Eerste analyse op PM_x en CO₂ – vergelijking tussen ‘armen’

WP3 Luchtreinigers in klaslokalen

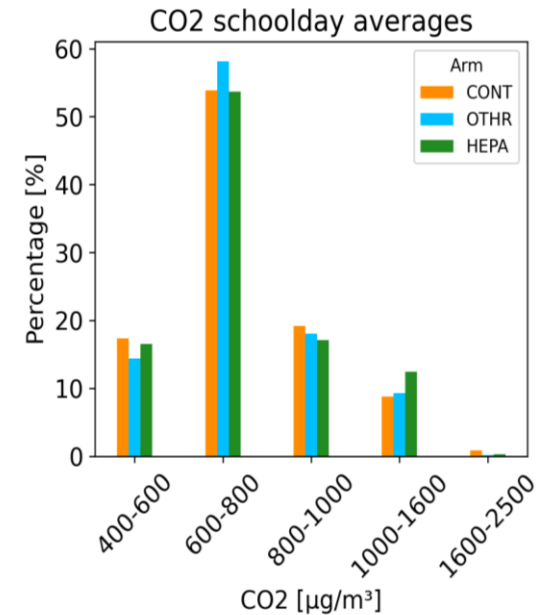
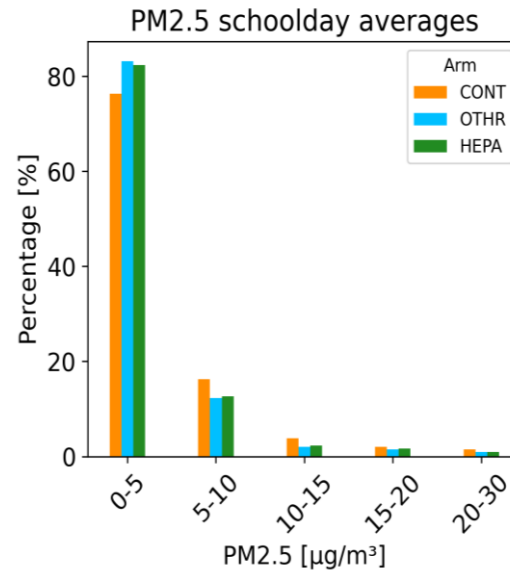
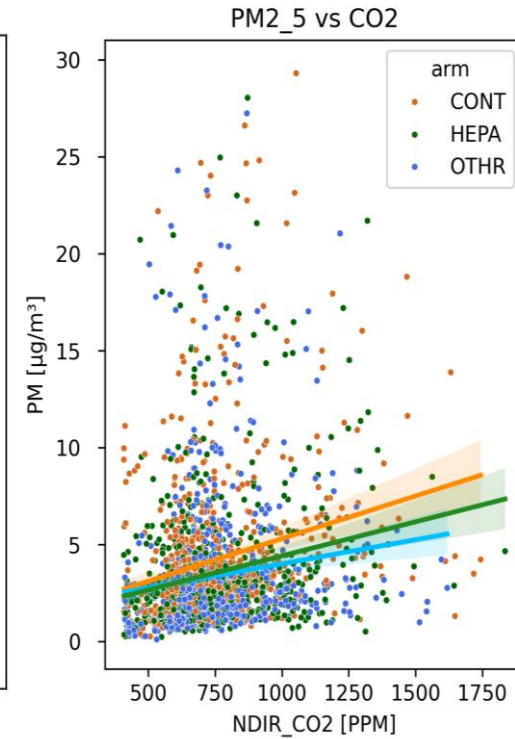
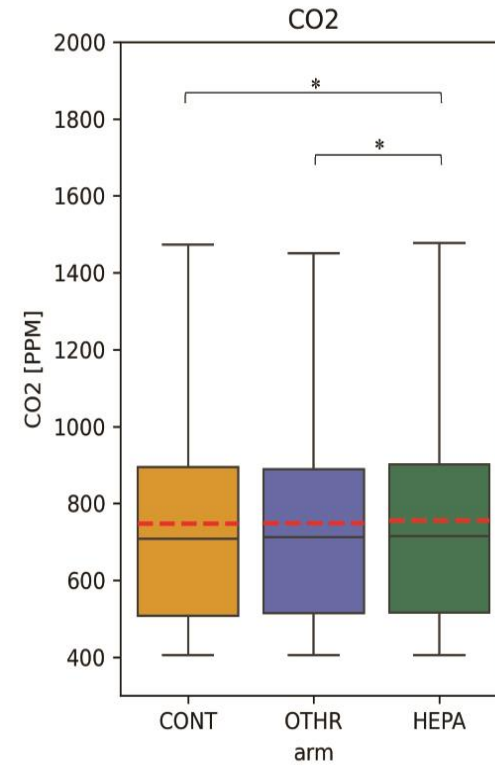
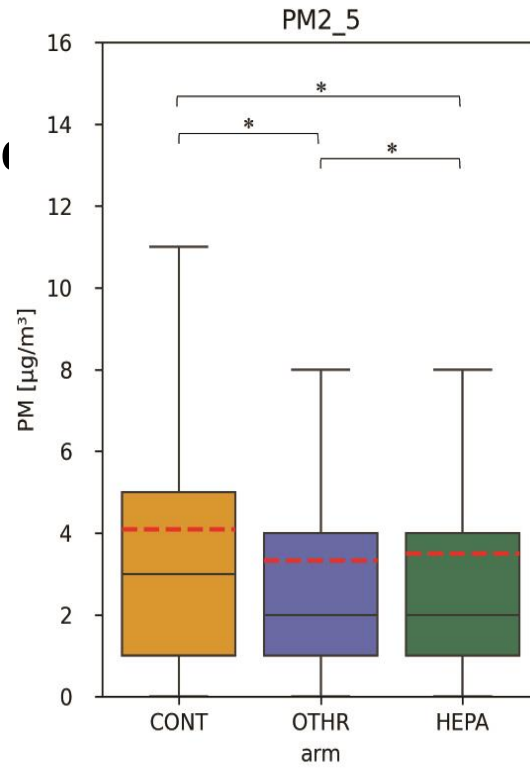
Stand van zaken

10 scholen gecombineerd



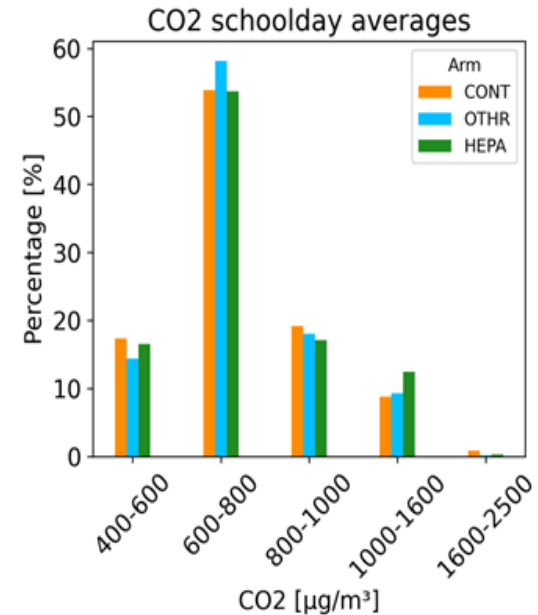
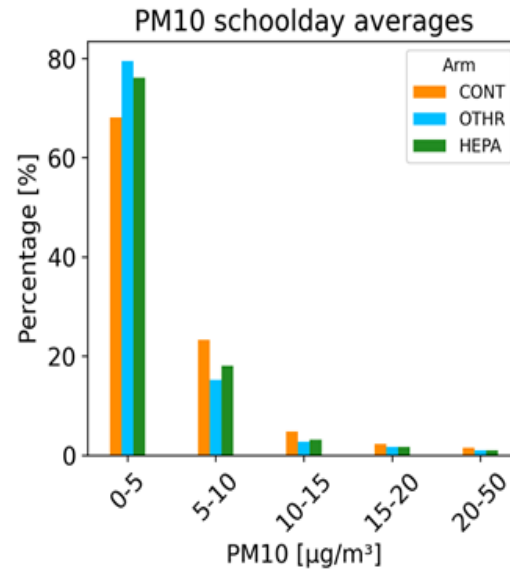
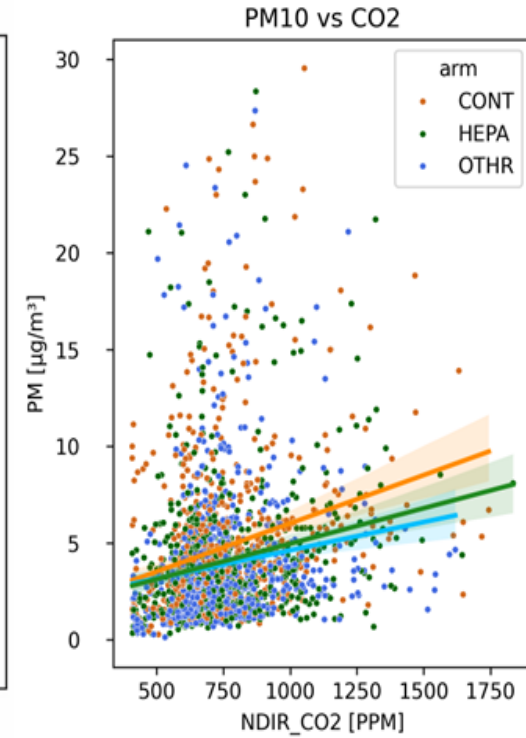
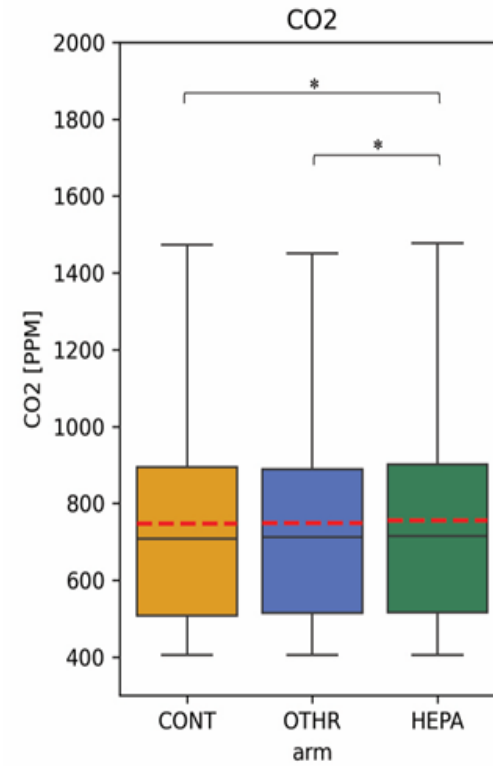
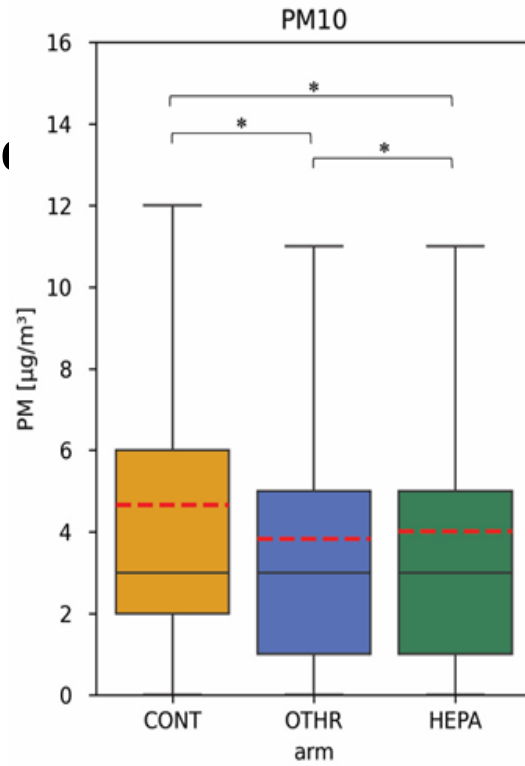
WP3 Luchtreinigers in klaslokalen

Stand van zaken



WP3 Luchtreinigers in klaslokalen

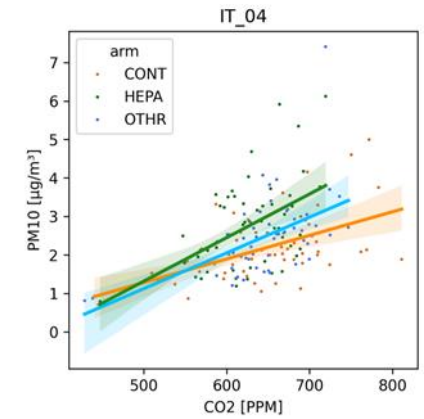
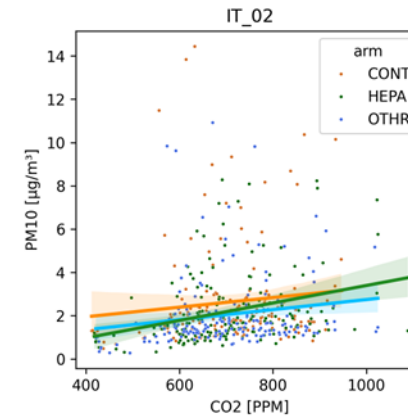
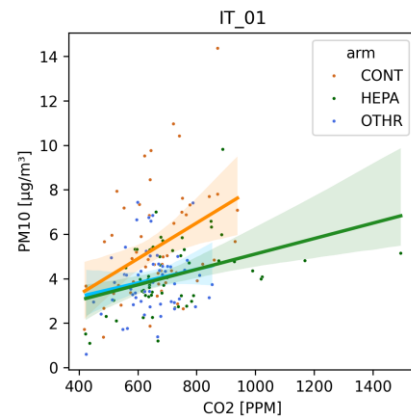
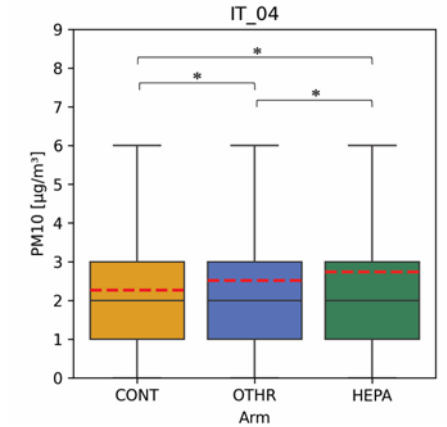
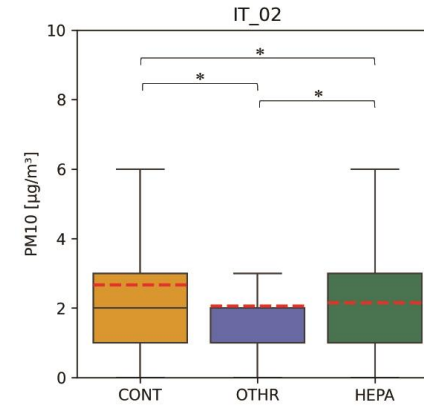
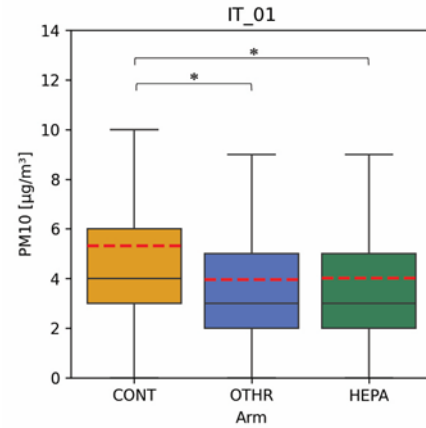
Stand van zaken



WP3 Luchtreinigers in klaslokalen in scholen

Stand van zaken

Enkele voorbeelden van individuele scholen



WP3 Prestatie luchtreinigers – theorie versus praktijk

Theorie

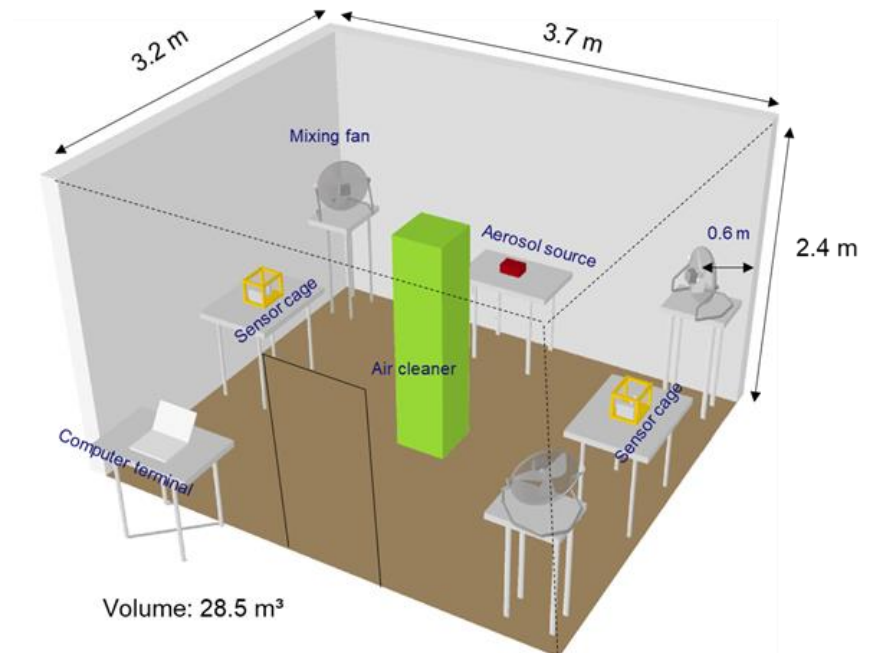
Wat is de prestatie als

- ...de ruimte groter is?
- ...de luchtreiniger aan een wand of in een hoek staat?
- ...er een ventilatie concept wordt gebruikt

Method for Measuring Performance of Portable Household Electric Room Air Cleaners
ANSI/AHAM AC-1-2020

1111 19th Street NW • Suite 402 • Washington, DC 20036
202.872.2800 / 202.872.2004 www.aham.org

Licensed to Eindhoven University of Technology user: ANS1 store order # K_071115. Downloaded 03/26/2023. Single user license only. Copying and networking prohibited.

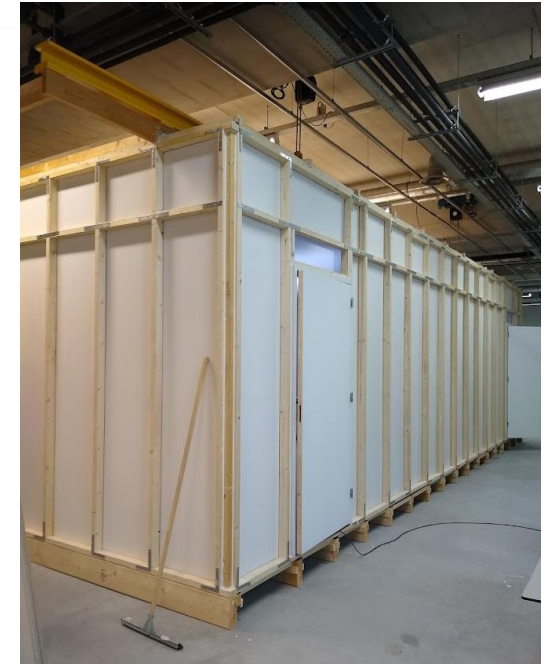
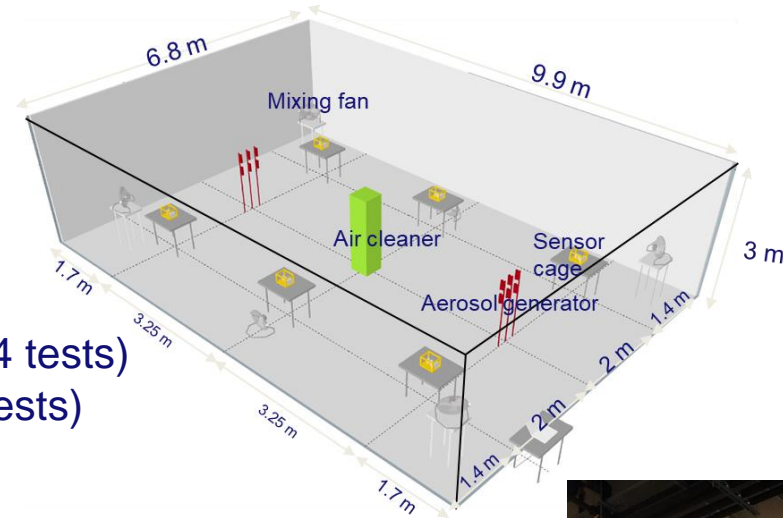


WP3 Prestatie luchtreinigers – theorie versus praktijk

Nieuwe testfaciliteit

Aanvullende tests van enkele luchtreinigers

- 400-700 m³/h CADR kleine ruimte <15% lager grote ruimte (4 tests)
- ~200 m³/h CADR kleine ruimte ~50% lager groter ruimte (2 tests)



WP3 Prestatie luchtreinigers – theorie versus praktijk

Hygienic Air Delivery Rate (HADR)

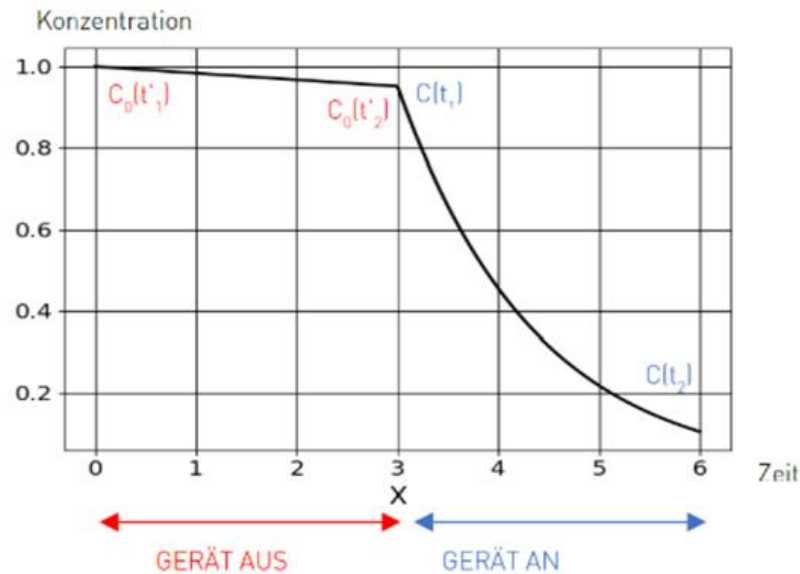
Intentie om prestatie luchtreiniger bij werkelijke opstelling (wand, hoek) te bepalen

HADR (Hygienic Air Delivery Rate), Developed by DIN 67506 & VDI 4300

$$HADR = \frac{V_R}{\Delta t} \ln \frac{\left[\frac{c(t_1)}{c(t_2)} \right]}{\left[\frac{c_0(t'_1)}{c_0(t'_2)} \right]}$$

HADR: Hygienic Air Delivery Rate:

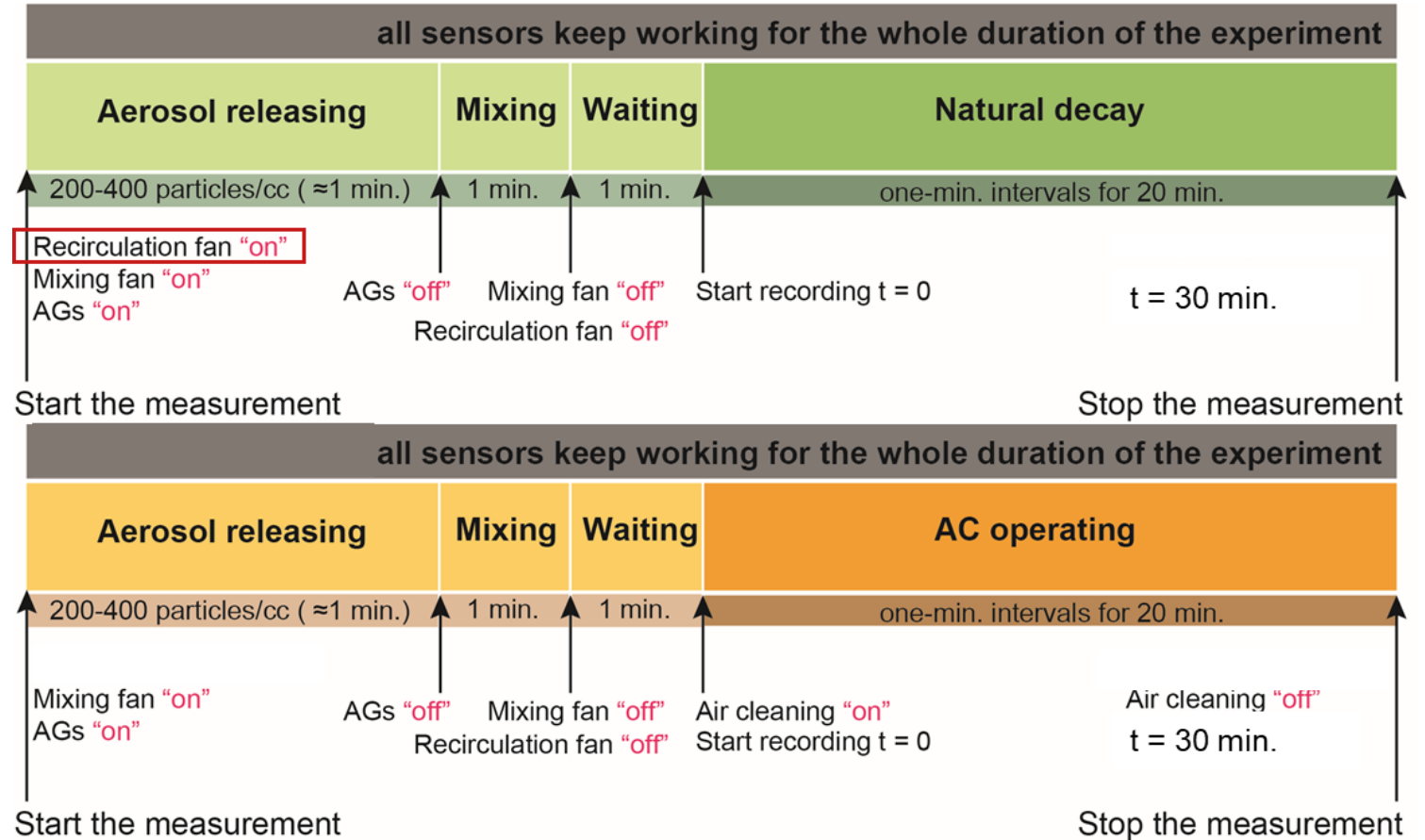
- VR = Volume Test Room (m3)
- Δt = time between sampling t1 and t2 (hrs)
- C(t1) = initial concentration device switched on
- C(t2) = final concentration device switched on
- C0(t'1) = initial concentration device switched off at natural deposition
- C0(t'2) = final concentration device switched off at natural deposition



[1] Mitigation Strategies for Infection Prevention Development in Germany

WP3 Prestatie luchtreinigers – theorie versus praktijk

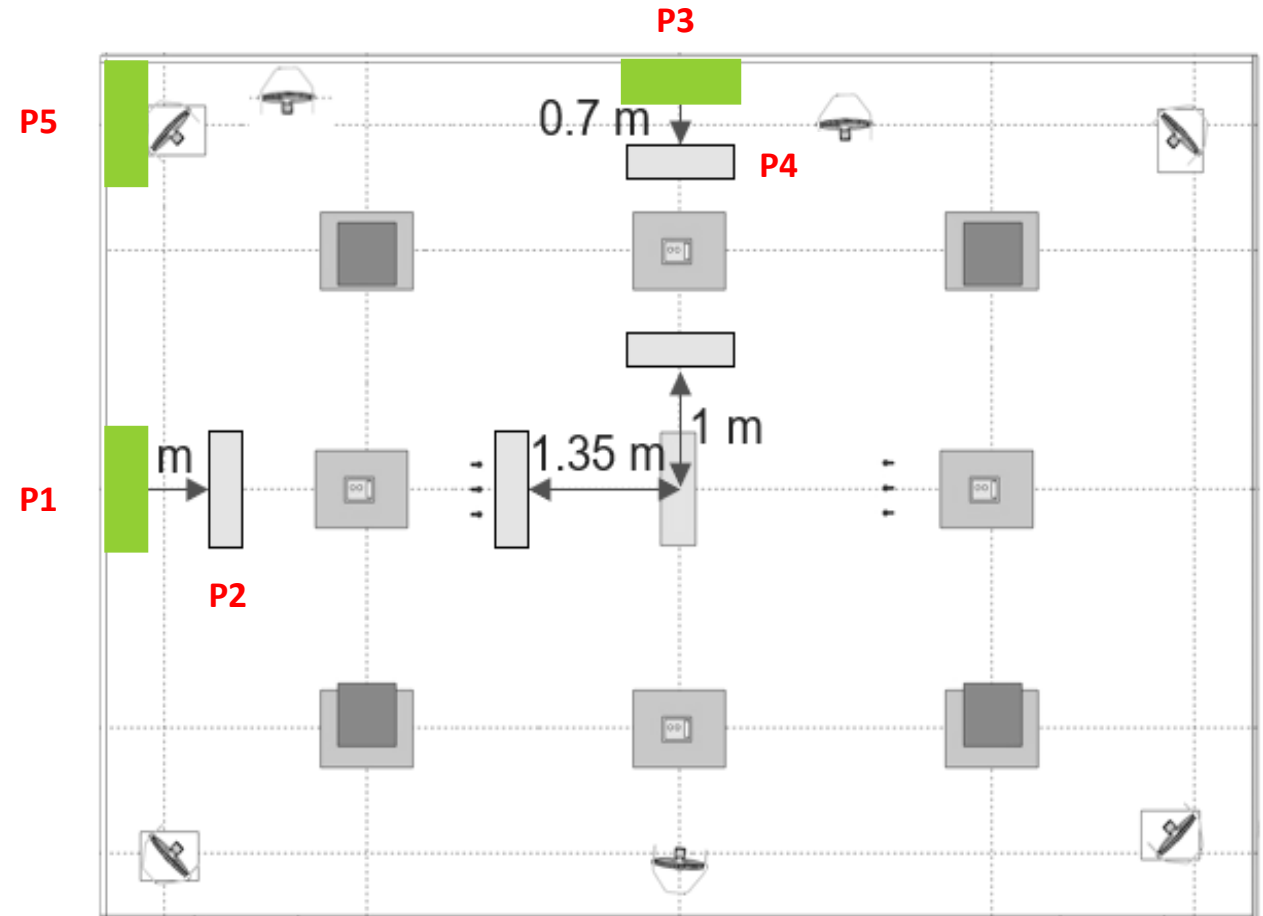
Hygienic Air Delivery Rate (HADR)



WP3 Prestatie luchtreinigers – theorie versus praktijk

Hygienic Air Delivery Rate (HADR)

	AC position
Natural	1
	1
Air cleaner	Mode III P1
	Mode III P1
	Mode III P1
	Mode I P1
	Mode I P1
	Mode III P3
	Mode I P3
	Mode III P5
Mode I P5	



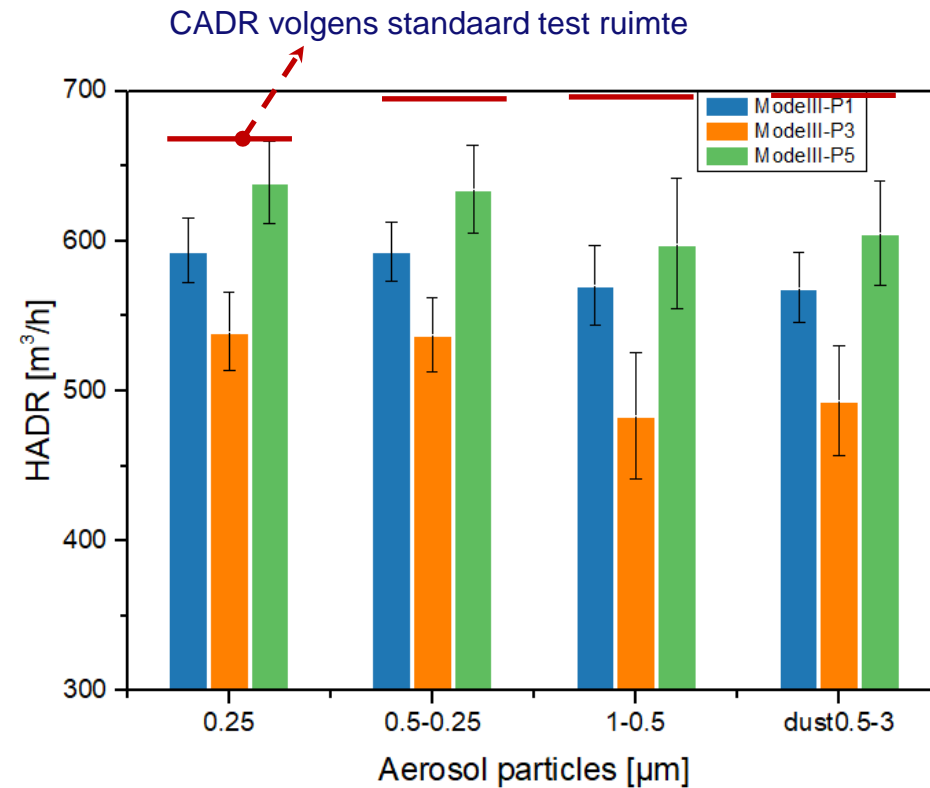
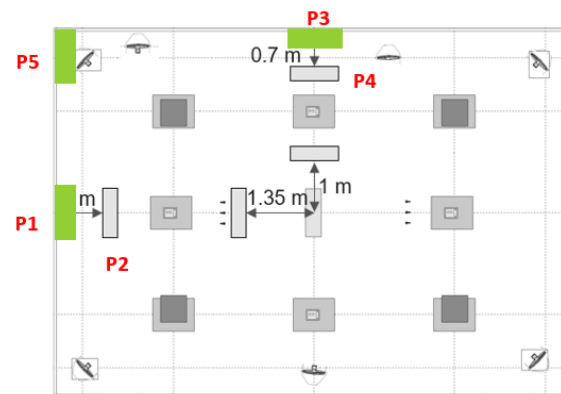
WP3 Prestatie luchtreinigers – theorie versus praktijk

Hygienic Air Delivery Rate (HADR)

Verschil HADR tussen posities P1 en P3, P1 en P5 (Mode III)

$$D_{\text{avg.-P1-P3-in totaal}} = 20.7\%$$

$$D_{\text{avg.-P1-P5-in totaal}} = 11.8\%$$



Opmerking: in de hier gepresenteerde resultaten is geen ventilatie aanwezig. Dit is vervolgonderzoek.

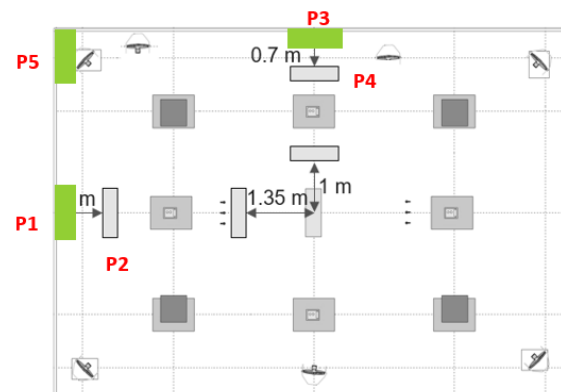
WP3 Prestatie luchtreinigers – theorie versus praktijk

Hygienic Air Delivery Rate (HADR)

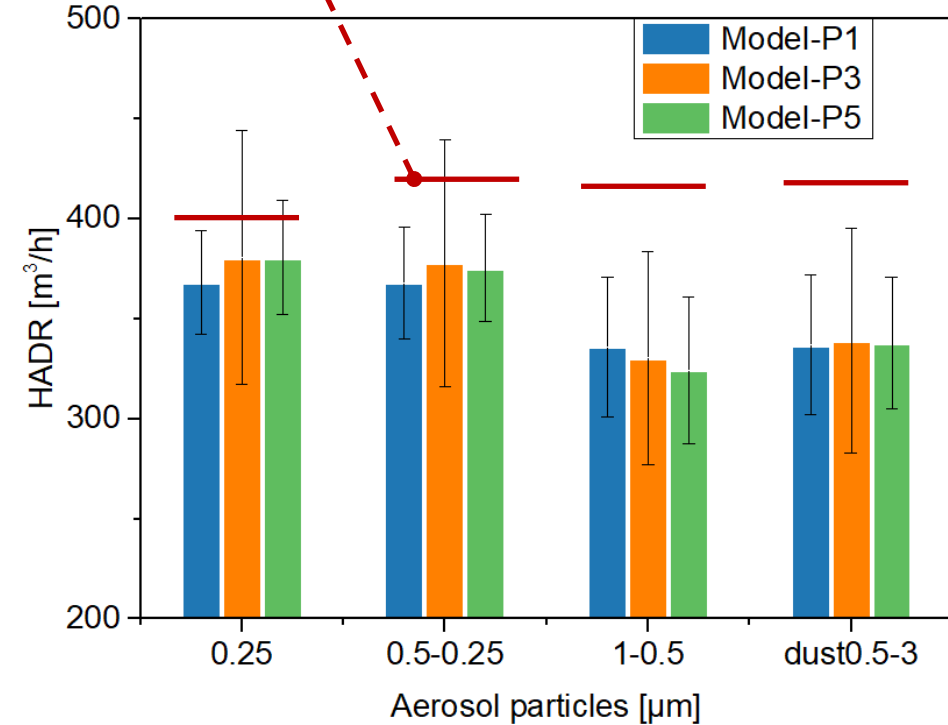
Verschil HADR tussen posities P1 en P3, P1 en P5 (Mode I)

$$D_{\text{avg.-P1-P3-in totaal}} = 2.1\%$$

$$D_{\text{avg.-P1-P5-in totaal}} = 0.8\%$$



CADR volgens standaard test ruimte



WP3 Prestatie luchtreinigers – theorie versus praktijk

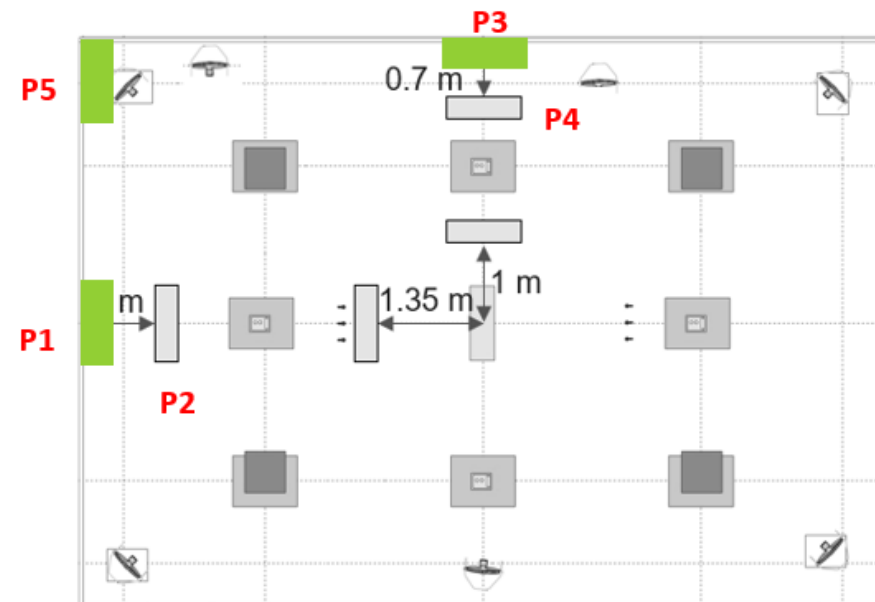
Hygienic Air Delivery Rate (HADR)

- HADR is kleiner dan CADR
- Positie luchtreiniger heeft effect op de prestatie. Verschil tot 21%
- Effect groter bij een hoger debiet (voor de onderzochte luchtreiniger)

Vervolg

HADR voor scenarios:

- Enkel luchtreiniger,
- Enkel mechanische ventilatie (concept),
- Combinatie mechanische ventilatie + luchtreiniger



Discussie

- **Scholenonderzoek**
 - Levert de opzet het gewenste resultaat?
 - Kunnen we ontwerprichtlijnen afleiden voor luchtreinigers in klaslokalen?
- **Lab studies**
 - HADR (+ventilatie) ‘eerlijker’ dan CADR?
 - Kan het nog ‘eerlijker’?

Mede mogelijk gemaakt door Health~Holland Topsector Life Sciences & Health.