

## ONDERZOEKSSAMENVATTING

# Metingen in een mock-up van een schoollokaal naar het effect van het GoFlow-systeem op blootstelling aan aerosolen

## OPDRACHTGEVER

GoFlow Technology  
Wattstraat 56  
2171 TR Sassenheim  
www.goflow-technology.com

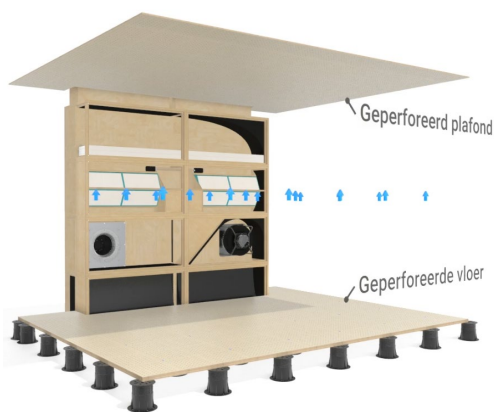
## RAPPORTNUMMER

TNO 2021 R11091  
Datum: 18 juni 2021

## CONTACT TNO

Robert Bezemer  
robert.bezemer@tno.nl  
Postbus 6012  
2600 JA Delft

GoFlow Technology heeft een ventilatiesysteem ontwikkeld, het GoFlow-systeem, dat in een ruimte een luchtstroom genereert vanuit de vloer (via geperforeerde vloerplaten) naar het plafond. In opdracht van GoFlow Technology heeft TNO van 18 t/m 20 mei 2021 onderzocht in hoeverre dit systeem in een mock-up van een schoollokaal de aerosolconcentratie reduceert en wat de blootstelling is van personen in de ruimte aan geëmitteerde aerosolen.



Het onderzoek is gerapporteerd in rapport TNO 2021 R11091 met de titel "Metingen in een mock-up van een schoollokaal naar het effect van het GoFlow-systeem op blootstelling aan aerosolen". Hieronder volgt de samenvatting van het onderzoek.

De hoofdvraag binnen het onderzoek is als volgt:

*Wat is ten opzichte van een gangbaar mengend ventilatiesysteem het effect van het GoFlow-systeem op de reductie en verspreiding van en blootstelling aan aerosolen in de ruimte?*

**Aanpak**

In een mock-up van een schoollokaal zijn op één kritische plaats, die is bepaald op basis van rookproeven, met een aerosolgenerator deeltjes geproduceerd. Deze aerosolen hebben afmetingen van 0,2  $\mu\text{m}$  tot ca. 5,0  $\mu\text{m}$  waarbij op zes vaste plaatsen in het lokaal de concentratie is gemeten. Daarbij is ook de concentratie op de positie van de docent gemeten.

De mock-up stond tijdens de metingen in de bedrijfsruimte van het bedrijf GoFlow te Sassenheim. De opstelling in het schoollokaal gaat uit van 30 leerlingen, waarvan in verband met COVID-19 de helft aanwezig is. De effectiviteit van het GoFlow-systeem in het afvoeren van aerosolen is vergeleken met een gangbaar mengend ventilatiesysteem bij een luchthoeveelheid van 1.350  $\text{m}^3/\text{uur}$ , een typische luchthoeveelheid voor klasse A conform het RVO Programma van Eisen frisse scholen (referentiesysteem). In beide systemen werd buitenlucht door een F9 filter geleid. Tijdens de metingen is de inblaastemperatuur niet geregeld. In het GoFlow-systeem vindt de luchttoevoer plaats via een geperforeerde vloer; de afvoer verloopt via het geperforeerde plafond.

Gemeten is de concentratie van deeltjes groter dan of gelijk aan 0,5  $\mu\text{m}$ . De metingen zijn uitgevoerd met het referentiesysteem en met het GoFlow-systeem, met en zonder ruimteverwarming door convectoren. Bij het GoFlow-systeem is bij een aantal metingen een aangepaste ventilatie toegepast in het gebied van de docent.

## Resultaten en conclusies

Toepassing van het onderzochte GoFlow-systeem leidt ten opzichte van het mengend referentiesysteem bij een debiet van 1.350 m<sup>3</sup>/uur, aanwezigheid van 15 leerlingen en een leerkracht en zonder ruimteverwarming tot een reductie van de blootstelling aan aerosolen van zittende leerlingen (gemeten op 1,00 meter hoogte) van gemiddeld 97% of meer.



Voor de docent, zittend aan het bureau (gemeten op ademhoogte: 1,15 m hoogte), hangt de reductie af van de GoFlow-opstelling:

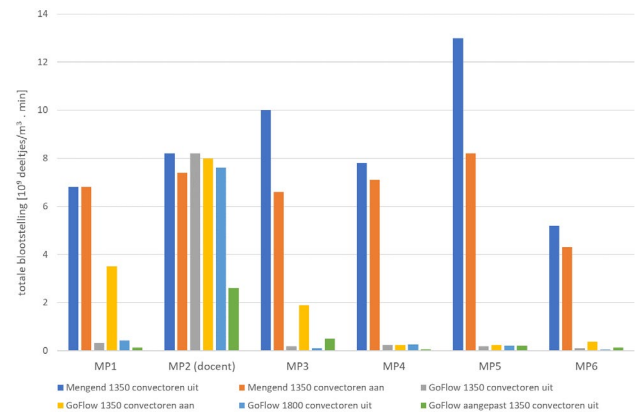
- bij gebruik van gesloten vloerplaten ter plaatse van de docent is er geen verschil geconstateerd tussen het GoFlow-systeem en het referentiesysteem;
- bij gebruik van het aangepaste GoFlow-systeem met geperforeerde vloerplaten ter plaatse van de docent is de blootstelling van de docent 68% lager dan bij gebruik van het referentiesysteem.

Mogelijk wordt het verschil tussen de blootstellingen voor de leerlingen en de docent veroorzaakt door het verschil in hoogte van de meetpunten voor docent en leerlingen. Boven ca. 1 m hoogte stagneert de naar boven gerichte luchtstroming en is er horizontale menging waarneembaar.

Verhogen van het debiet tot de voor het GoFlow-systeem geadviseerde waarde van 1.800 m<sup>3</sup>/uur leidt voor het GoFlow-systeem niet tot een significante verandering van de blootstelling van zittende leerlingen en docent.

Bij gebruik van drie verwarmingsconvectoren met ieder een vermogen van 1 kW leidt toepassing van

het GoFlow-systeem met gesloten vloerplaten ten opzichte van het referentiesysteem bij een debiet van 1.350 m<sup>3</sup>/uur tot een blootstellingsreductie van de leerlingen van gemiddeld 81%. Bij de docent is voor deze situatie een blootstellingstoename geconstateerd van 8%. De blootstelling per meetpunt bij gebruik van het GoFlow-systeem met convectoren varieert sterker dan zonder convectoren. Dit is vermoedelijk toe te schrijven aan grillige en minder stabiele luchtstromingen.



Ten opzichte van het referentiesysteem reduceert het GoFlow-systeem in de vier onderzochte situaties de tijd die nodig is om de aerosolconcentratie met een factor 100 te verlagen (de 100-voudige hersteltijd) met gemiddeld 36% tot 52% voor de leerlingen en 54% tot 67% voor de docent.

## Aanbevelingen

De metingen suggereren dat de hoogte van de deeltjestellers, waarmee de ademzone wordt gesimuleerd, een sterke invloed op de gemeten blootstelling heeft. Aanbeveling is om vervolgonderzoek uit te voeren waarbij op meerdere hoogtes, ook op stahoogte, de blootstelling wordt gemeten. Dit is met name van belang voor de blootstelling van de docent die mogelijk ook een groot deel van de tijd staand doorbrengt. Het verdient de aanbeveling om hierbij ook de volle klas bezetting van 30 leerlingen mee te nemen.

Aangezien inschakeling van de verwarming, afhankelijk van de positie van het meetpunt, tot een sterke verhoging van de blootstelling kan leiden, wordt aanbevolen om dit effect te onderzoeken en het GoFlow-systeem bij toepassing in het stookseizoen verder te verbeteren. Mogelijk leidt het vervangen van verwarmingsconvectoren door voorverwarming van de ventilatielucht op basis van lagetemperatuurverwarming tot minder grillige luchtstromingen, tot een lagere blootstelling ook van de docent, en tot een lager energieverbruik. Het is

daarom raadzaam om het effect van voorverwarming van de ventilatielucht nader te onderzoeken.

### **Beperkingen en discussie**

De resultaten van dit onderzoek zijn alleen van toepassing op de mock-up met daarbij het gekozen referentiesysteem en de indeling van het schoollokaal. Bij de mock-up is een aantal aspecten buiten beschouwing gelaten, zoals bewegingen in het schoollokaal en koudeval langs de ramen. De mock-up van het schoollokaal is inpandig in een gebouw gelegen. Hierdoor kon het effect van koudeval van de gevel op het luchtstromingspatroon niet worden beproefd. Wel is het effect van verwarming gesimuleerd. Er is uitgegaan van het verwarmingsvermogen benodigd voor een matig geïsoleerd schoollokaal en het gebruik van convectoren in plaats van radiatoren, wat meer verticale en horizontale luchtbeveging en daardoor meer menging genereert.

Bij de eerste opstelling was in verband met de beperkt beschikbare ruimte het meetpunt bovenop het bureau van de docent geplaatst, wat vrij dicht tegen de achterwand was geplaatst. Mogelijk blokkeerde deze opstelling deels de ventilatietoeverlucht. Bij de aangepaste opstelling van het GoFlow-systeem is naast de aanpassing van de vloerplaten onder de docent ook de positie van de docent en van twee tafels uit de eerste rij leerlingen gewijzigd. Deze gewijzigde opstelling heeft mogelijk ook effect op de blootstelling van en 100-voudige hersteltijd bij de docent.

Het gebruikte meubilair voor de leerlingen is representatief voor de middenbouw van een basisschool. Om deze reden is verondersteld dat de ademzone zich 100 cm boven de vloer bevindt. Indien uitgegaan zou worden van meubilair en leerlingen van middelbare scholen zal de ademzone zich hoger bevinden, op een vergelijkbaar niveau als de docent. Mogelijk wordt hierdoor de blootstelling van de leerlingen verhoogd. Het is echter ook mogelijk dat door het hogere meubilair de stroming tot op een grotere hoogte verdringend is en het effect van een grotere ademhoogte voor de leerlingen daardoor teniet wordt gedaan.

Een beperking van de meetopzet is dat verondersteld is dat de docent aan zijn bureau zit. Vermoedelijk zal de blootstelling van de docent hoger zijn als hij/zij voor de klas staat omdat dan de ademzone hoger, op circa 1,5 m hoogte is gesitueerd.

Voor de opstelling is uitgegaan van de regels die ten tijde van de metingen golden voor middelbare scholen. De metingen zijn uitgevoerd voor de situatie dat de halve klas aanwezig is en de leerlingen 1,5 m afstand houden, behalve in het eigen tweetal. Voor deze situatie is de meetmethodiek representatief voor de blootstelling aan aerosolen (deeltjes met een diameter tot ca. 5 µm), die de luchtstroming volgen. Indien leerlingen zich op kortere afstand van elkaar bevinden, biedt een ventilatiesysteem geen bescherming tegen de zogenaamde druppelbesmetting via "aanhoesten". Om deze besmettingsroute te voorkomen zouden kuchschermen of mondkapjes kunnen worden toegepast. Onderzoek hiernaar viel buiten de scope van het onderzoek.

Bij de experimenten is wat betreft interne warmtelast de aanwezigheid van de helft van de klas gesimuleerd. Bij volledige bezetting verdubbelt de interne warmtelast. Het is onduidelijk welk effect dit heeft op het luchtstromingspatroon en daarmee de blootstelling en 100-voudige hersteltijd.

Op de meet- en analyseresultaten en op de vergelijkingen van de blootstelling en de hersteltijd tussen verschillende situaties is geen statistische analyse uitgevoerd. Daarmee zijn de significanties van de verschillen tussen het GoFlow-systeem en het referentiesysteem niet bekend, dus niet gerapporteerd.

Het vloeroppervlak van de mock-up bedraagt 46 m<sup>2</sup>. Dit is ca. 10% kleiner dan de gangbare ontwerpwaarde<sup>1</sup> van 50 m<sup>2</sup> voor lokalen in het basisonderwijs en 28% kleiner dan wat de Arbocatalogus voor het middelbaar onderwijs<sup>2</sup> voorschrijft (uitgaande van 30 leerlingen). Om voor een 'standaard' schoollokaal met het GoFlow-systeem dezelfde luchtsnelheid als bij de testen te behalen, zou het toegevoerde luchtdebiet voor basisscholen circa 10% en voor middelbare scholen circa 30% hoger moeten zijn.

<sup>1</sup> [https://bk.nijsnet.com/04050\\_Klaslokalen.aspx](https://bk.nijsnet.com/04050_Klaslokalen.aspx)

<sup>2</sup> <https://www.arbocatalogus-vo.nl/lokalen/theorielokaal-algemene-eisen/>