



FACTSHEET VENTILATIE FIELDLAB EVENT

Clubevent Shelter Amsterdam – versie 9-6-2021

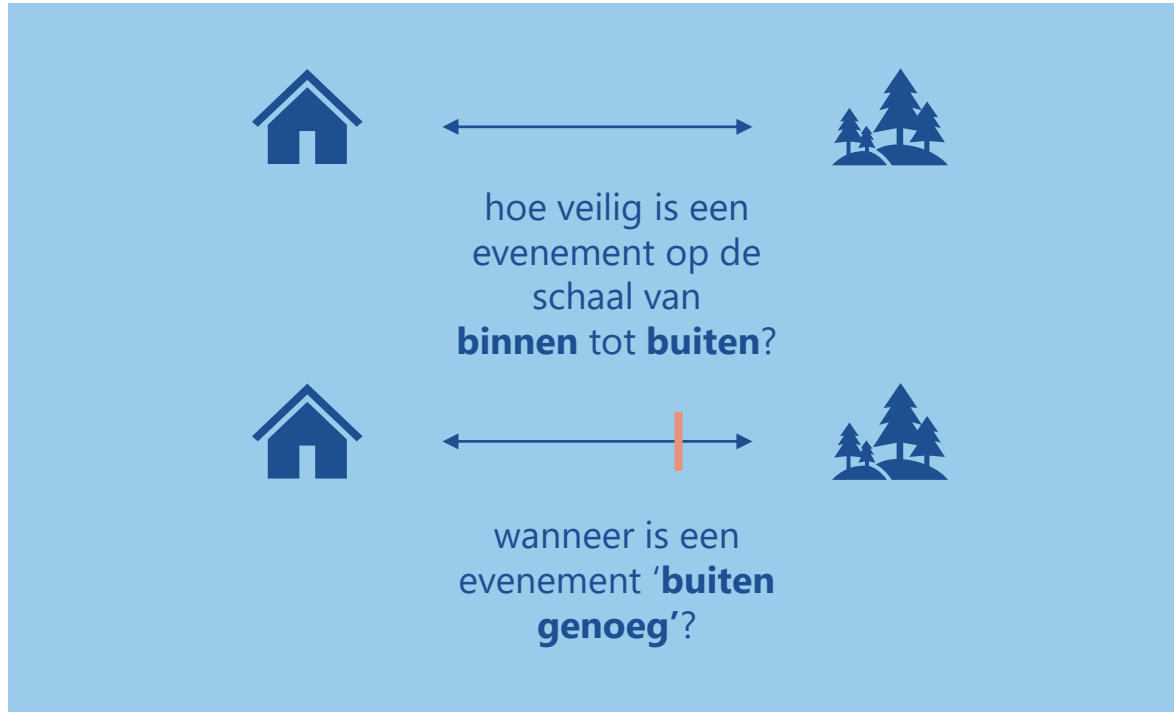
ir. Tim Beuker, Harm van Dijk, dr. ir. Atze Boerstra
Contactinformatie: 088 222 94949, tb-bba@binnenmilieu.nl

bba building
health &
comfort
binnenmilieu

1.1 Introductie

Als het gaat om de relatie tussen COVID-19 en ventilatie wordt vaak verwezen naar het verschil tussen het aantal besmettingen dat herleid kan worden naar binnen situaties versus buitensituaties. Hoe 'buiten' moet de ventilatie van een evenement zijn om de kans op besmettingen tot een minimum te beperken?

Tijdens de Fieldlab experimenten heeft bba binnenmilieu onderzoek gedaan naar de relatie tussen ventilatie / luchtkwaliteit enerzijds en de kans op overdracht van het coronavirus via de lucht over afstanden groter dan 1,5m (via de zogenaamde 'aerosolroute') anderzijds. In een voortraject is hiervoor een Ventilatierichtlijn Evenementen (zie bijlage A) opgesteld. In de richtlijn is de relatie tussen ventilatie en de kans op overdracht van het coronavirus onderzocht en is een voorstel gedaan voor een minimum ventilatie-eis (grens die hoort bij 'buiten genoeg'). Verder zijn in de richtlijn bepalingmethoden gegeven om voorafgaand en tijdens een evenement te bepalen of er voldaan wordt aan de ventilatie-eis. Tijdens de pilot evenementen is de methode uit de richtlijn toegepast en is aan de hand daarvan bekeken of een evenement 'buiten genoeg' is.



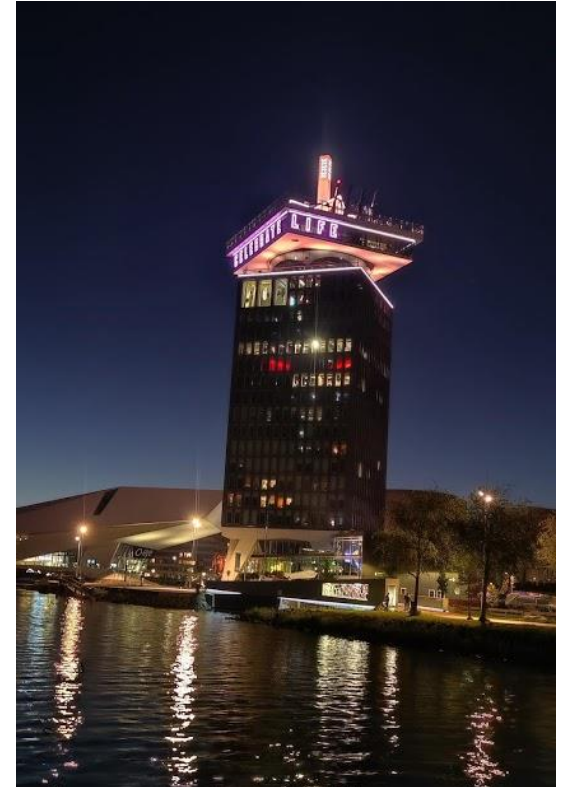
1.2 Doel onderzoek

Het onderzoek had tot doel om de volgende vragen te beantwoorden:

1. Werd er **voorafgaand** aan het Fieldlab event in Shelter voldaan aan de verse luchttoevoer eis uit de Ventilatierichtlijn Evenementen (zie bijlage A)?
2. Werd er **tijdens** het Fieldlab event in Shelter aan de verse luchttoevoer eisen uit de Ventilatierichtlijn Evenementen voldaan (zie bijlage A)?
3. Welke **lessen** zijn er verder te trekken t.a.v. de aspecten ventilatie en luchtkwaliteit tijdens grote events? En welke implicaties heeft dit voor de richtlijn (zie bijlage A)?

Opmerking 1: ten aanzien van vraag 1 is voorafgaand aan het event bekeken wat de ventilatiecapaciteit zou zijn met de voor het event geplande instellingen.

Opmerking 2: in dit rapport wordt niet ingegaan op de onderbouwing van de ventilatie-eis of de rol van ventilatie / luchtkwaliteit bij de verspreiding van het coronavirus. Zie voor een uitgebreide toelichting hierop de Ventilatierichtlijn Evenementen en het bijbehorende Achtergronddocument (opvraagbaar bij Fieldlab Evenementen of bba binnenmilieu).



Figuur 1: Buitenaanzicht Shelter Amsterdam

2. Methode

Het onderzoek bestond uit 4 stappen:

- a. **Analyse gebouwdocumentatie.** Principeschema's en installatietechnische tekeningen zijn geanalyseerd om relevante gegevens van het ventilatiesysteem te verzamelen. Denk bijvoorbeeld aan de theoretische ventilatiecapaciteit, type inblaasroosters en de aan- of afwezigheid van recirculatie.
- b. **Inspectie vooraf op locatie.** Ter plekke is in kaart gebracht wat de instellingen van het ventilatiesysteem waren en is onderzocht hoeveel verse lucht er daadwerkelijk door het toevoerkanaal stroomt. Tegelijkertijd is de meetapparatuur voor monitoring tijdens het evenement geplaatst.
- c. **Monitoring tijdens de evenementen.** Tijdens het evenement is de hoeveelheid ventilatie gemonitord met CO₂-sensoren. Onderzoekers van bba hebben relevante gebeurtenissen tijdens het evenement geregistreerd.
- d. **Analyse data.** De resultaten van het onderzoek zijn vergeleken met de grenswaarden uit de Ventilatierichtlijn Evenementen. Met de verzamelde data is de ventilatie in de zaal berekend.

2.1 De meetopstelling

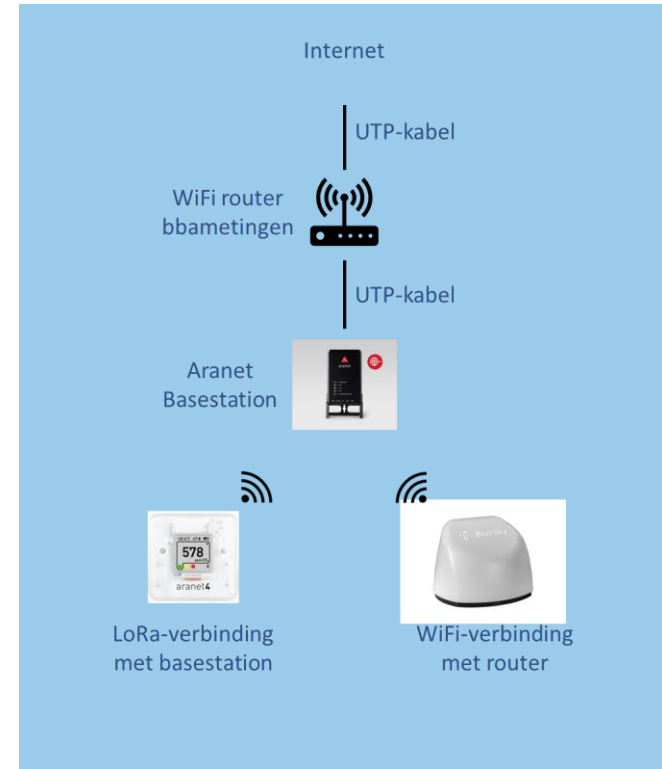
Een schematische weergave van het toegepaste sensornetwerk is hiernaast te zien. Er is gewerkt met in totaal 10 sensoren in Shelter.

De sensoren hebben de volgende grootheden continu gemonitord gedurende de events:

- Koolstofdioxide (CO₂) [ppm] - ±50 ppm
- Temperatuur [°C] - ±0.3 °C
- Relatieve vochtigheid [%] - ±3%

Vooraf en na afloop van de events is de nauwkeurigheid van de sensoren gecontroleerd met behulp van gekalibreerde standaardapparatuur van bba.

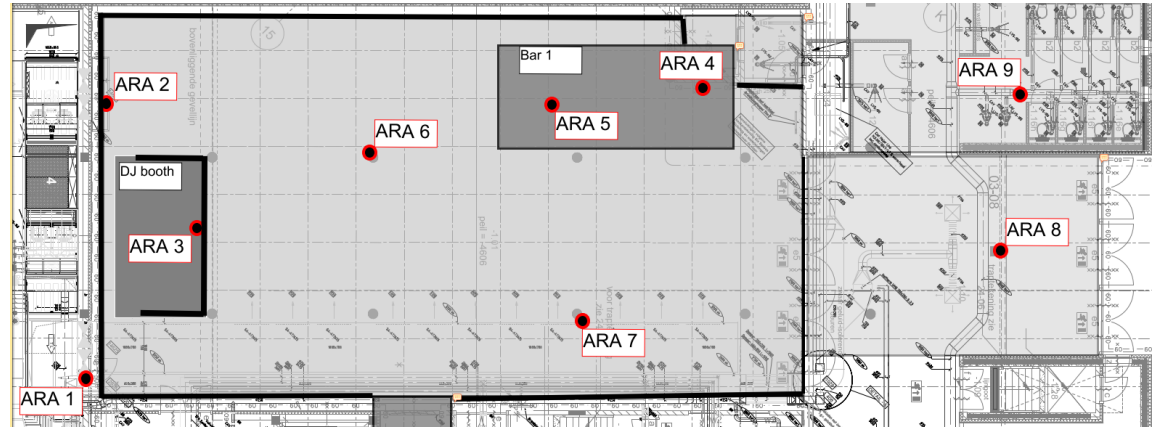
Op de volgende bladzijde is aangegeven waar de 10 sensoren waren gepositioneerd.



2.2 Locatie sensoren

Op de plattegrond hiernaast is aangegeven waar de sensoren in Shelter zijn geplaatst. Merk op dat de sensoren niet alleen in de zaal zelf zijn geplaatst maar ook in omliggende ruimten. Concreet zijn de sensoren op de volgende locaties geplaatst:

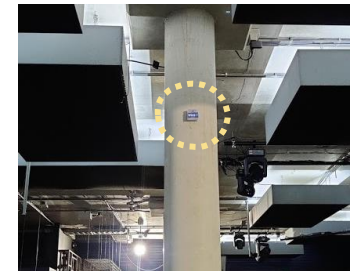
- Sensor 1 is in het luchttoevoerkanaal geplaatst.
- Sensor 2 is bij het luchtafzuigrooster geplaatst.
- Sensor 3 is in de DJ-booth geplaatst.
- Sensor 4 en 5 zijn boven de bar geplaatst, zie figuur 3.
- Sensor 6 en 7 zijn bovenaan de kolommen in de zaal bevestigd, zie figuur 4.
- Sensor 8 is in de lounge ruimte geplaatst.
- Sensor 9 is in de toiletten geplaatst.



Figuur 2: Locatie sensoren in de zaal, lounge ruimte en de toiletten



Figuur 3: Sensor 4 en 5 boven bar 1



Figuur 4: Sensor 6 op de kolom in de zaal

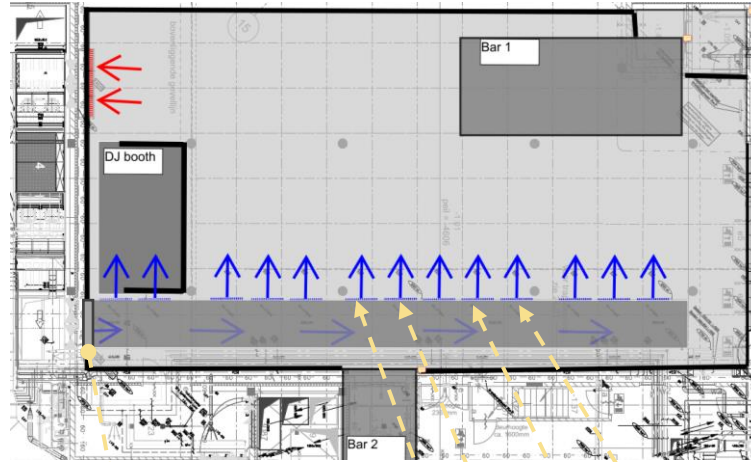
3. Uitkomst inspectie ventilatiesysteem

3.1 Omschrijving ventilatiesysteem

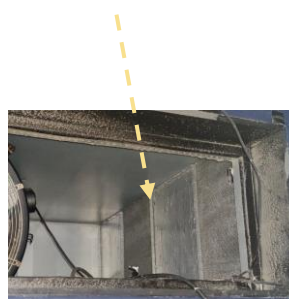
Alle ruimtes van Shelter worden geventileerd door één luchtbehandelingskast (LBK). De LBK is voorzien van een kruisstroomwisselaar voor warmteterugwinning en beschikt ook over een recirculatieklep.

In de zaal stroomt de verse lucht via een luchtkanaal met 13 openingen de ruimte binnen, zie figuur 5. De oorspronkelijke roosters, welke voor deze openingen zaten, zijn verwijderd omdat ze tijdens de evenementen rammelden. Om de verloren luchtweerstand van deze roosters te compenseren zit aan het begin van de schacht een geperforeerde wand (zie figuur 6) die ervoor moet zorgen dat er net zoveel lucht in de zaal stroomt als voor de aanpassing.

Volgens de ontwerptekeningen werd er vroeger in de zaal 1.100 m³/uur lucht toegevoerd per inblaasrooster. In totaal zou er via de 13 roosters **14.600 m³/uur** lucht toegevoerd moeten worden **in de zaal** (bij een kanaaldruk van 170 Pa). Verder laten de ontwerptekeningen zien dat er 14.625 m³/uur lucht uit de zaal wordt afgezogen via één afzuigrooster (rode pijlen figuur 5). Wanneer we uit gaan van 14.600 m³/uur ventilatie, dan zou er volgens de Ventilatie richtlijn Evenementen (zie bijlage A) voldoende ventilatiecapaciteit zijn voor maximaal 600 personen (o.b.v. min. 24 m³/uur pp).



Figuur 5: Ventilatie punten en luchtstromen in de zaal van nachtclub Shelter



Figuur 6: Geperforeerde wand in toevoerkanaal



Figuur 7: Openingen in het luchttoevoerkanaal in de zaal

3.1 Omschrijving ventilatiesysteem (vervolg)

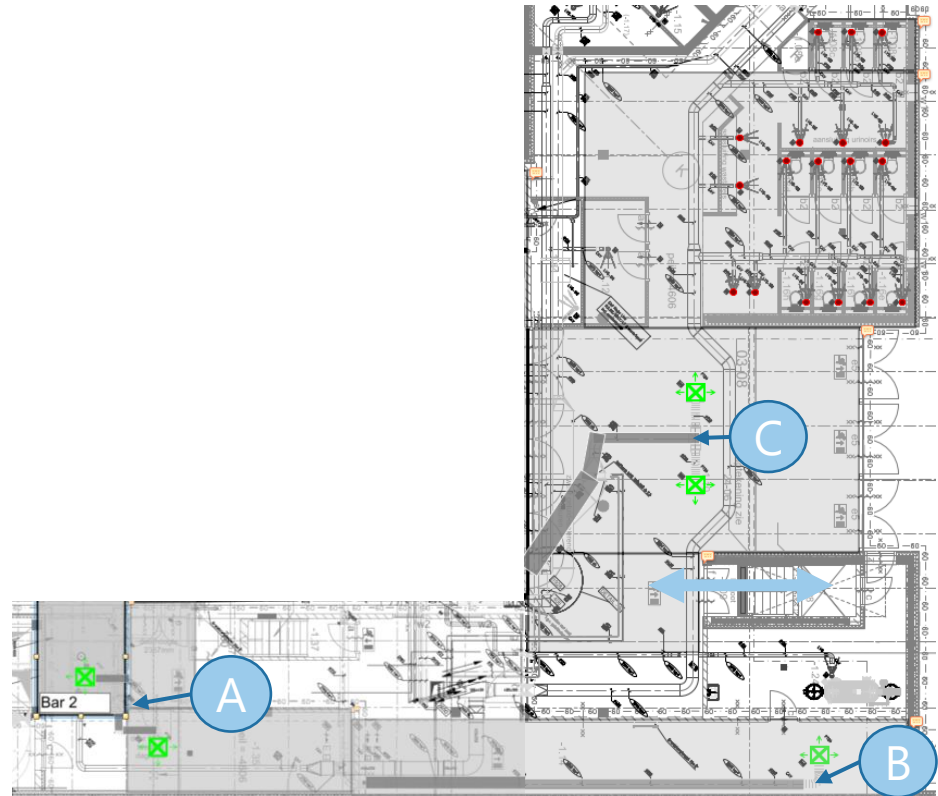
Vanaf de LBK takt een deel van het luchttoevoerkanaal af naar de welkomstruimtes van Shelter. Figuur 8 laat zien waar de ventilatievoorzieningen in de welkomstruimten zitten.

Vanuit **A** worden de gang bij de kluisjes en Bar 2 geventileerd met in totaal een ontwerpdebiet van **500 m³/uur**.

Punt **B** ventileert de ingang bij de kluisjes en de gang naar de zaal met een ontwerpdebiet van **540 m³/uur**.

Vanuit **C** worden de loungergeimte en de toiletten voorzien van ventilatie (**1.000 m³/uur**).

De rode punten bij de toiletten geven de afzuiging in de toiletten weer. Per toilet wordt 50 m³/uur afgezogen. In totaal wordt volgens ontwerp **900 m³/uur afgezogen bij de toiletten**.



Figuur 8: Ventilatie in de welkomstruimtes van Shelter.

Punt A, B en C presenteren de punten waar de ventilatiehoeveelheid is gemeten, zie volgende bladzijde.

3.2 Metingen – dag 1

Om te bepalen of de ventilatiehoeveelheden in de praktijk overeen komen met de ontwerpwaardes, zijn op 6 mei 2021 metingen uitgevoerd van de luchttoevoerhoeveelheden.

Het verloop van de luchtkanalen in de zaal liet geen directe kanaalmetingen toe. Om indicatief de hoeveelheid luchttoe- en luchtafvoer te bepalen zijn metingen uitgevoerd van de luchtsnelheid over de ventilatieopeningen. Hierbij is gebruik gemaakt van een TSI 9565-P met anemometer. De gemeten waardes zijn weergegeven in tabel 1.

De debietmetingen kwamen 91% lager uit dan de ontwerpwaardes, de totaal gemeten luchttoevoerhoeveelheid bedroeg 1.300 m³/uur.

Vervolgens is onderzocht waarom de ontwerpwaarde niet werd gehaald. Hiervoor bleken twee oorzaken te zijn:

1. De LBK bleek op een te lage stand te staan: 50% verse buitenlucht, 50% recirculatie en een laag druksetpoint (75 Pa).
2. Het luchtzuigrooster was deels afgedekt met een plaat en het andere deel was sterk vervuild. Deze combinatie zorgde ervoor dat er weinig lucht werd afgezogen.

Gezien de uitkomsten van de metingen en inspecties is Shelter geadviseerd om:

- Het luchtzuigrooster te reinigen en de plaat te verwijderen.
- Te controleren of het ventilatiesysteem in de juiste stand stond: maximale capaciteit, 100% verse luchttoevoer, 0% recirculatie.
- De roosterplaat uit het luchttoevoerkanaal te verwijderen en de inblaasroosters terug te plaatsen.

Na deze aanpassingen zijn nieuwe metingen uitgevoerd om te controleren of de verbetermaatregelen voldoende effect hadden, zie volgende bladzijde.

Tabel 1: Hoeveelheid luchttoevoer volgens ontwerp versus de gemeten hoeveelheid in de praktijk (6 mei)

Zaal	Ontwerp	Gemeten
Gemiddeld debiet per rooster	1.100 m ³ /uur	≈ 100 m ³ /uur
Totaal debiet zaal	14.600 m ³ /uur	1.300 m ³ /uur
Vershil ontwerp en praktijk	-91%	



Figuur 9: Vervuild en deels afgeblind afzuigrooster zaal.

3.3 Metingen – dag 2

Op 12 mei 2021 heeft bba binnenmilieu de metingen en inspectie bij Shelter herhaald om te bepalen of de verbetermaatregelen voldoende effect hadden.

Na het vooronderzoek op 6 mei heeft Shelter de weerstanden in het ventilatiesysteem gereduceerd door het afzuigrooster schoon te maken en de platen te verwijderen (zie figuur 10). Verder zijn de ventilatiestanden van de LBK als volgt aangepast in het gebouwbeheersysteem:

- 100% buitenlucht.
- 0% recirculatie.
- Ventilator op 100% waarbij een toevoerdruk van 175 Pa ontstond.

Vervolgens zijn de (indicatieve) debietmetingen in de zaal herhaald. In tabel 2 worden de resultaten weergegeven. Na de aanpassingen lag de luchttoevoerhoeveelheid in de zaal 11% hoger dan de ontwerpwaarde. In totaal werd er **ca. 16.000 m³/uur** lucht toegevoerd.

Tabel 2: Hoeveelheid luchttoevoer volgens ontwerp versus de gemeten hoeveelheid in de praktijk na aanpassing van het ventilatiesysteem (12 mei)

Zaal	Ontwerp	Gemeten
Totaal debiet zaal	14.600 m ³ /uur	16.000 m ³ /uur
Vershil ontwerp en praktijk	+11%	



Figuur 10: Afzuigrooster in de zaal na schoonmaak en zonder plaat aan de rechter helft.

3.4 Luchttoevoer per persoon

Op basis van de totaal beschikbare ventilatiecapaciteit is vooraf ingeschat wat de hoeveelheid verse luchttoevoer per persoon zou zijn tijdens het event. Hierbij is uitgegaan van een bezetting van 500 personen in de zaal van Shelter (bezoekers & organisatie).

Zoals te zien is in tabel 3, zou er **32 m³/uur per persoon** verse luchttoevoer beschikbaar zijn tijdens het event in Shelter. Dit ligt ruim **boven de minimum waarde van 24 m³/uur/pp** die in de concept Ventilatierichtlijn staat (zie bijlage A).

Op basis van de genoemde waardes (luchttoevoer per persoon) is vervolgens bepaald wat (als het ventilatiesysteem daadwerkelijk in de geplande stand gezet zou worden) de theoretische CO₂-'evenwichtsconcentratie' zou worden tijdens het event. Dit is de CO₂-concentratie waarbij de aanwezigen net zoveel CO₂ genereren als er wordt afgevoerd via het ventilatiesysteem. O.b.v. het aantal aanwezigen kan dan teruggerekend worden hoeveel ventilatie er is. Op deze manier kan in real time worden bepaald of er voldoende ventilatie is.

3.4 CO₂ evenwichtsconcentratie

Op basis van de standaard massabalans formule uit o.a. NEN-EN 16798-2 is uit te rekenen wat de CO₂ evenwichtsconcentratie is:

$$C_{\text{binnen, steady state}} = \frac{G \times 10^6}{(Q/3,6)} + C_{\text{buiten}}$$

Waarbij G staat voor de gemiddelde CO₂ productie per individu (in l/s pp); Q staat voor de verse luchttoevoer per person (in m³/uur) en C(buiten) de CO₂ achtergrondconcentratie in de buitenlucht is.

Gaan we uit van de inputparameters zoals vermeld in tabel 4 en 5 dan komen we tot de **theoretische CO₂ evenwichtsconcentratie van 1530 ppm** voor het evenement in de zaal van nachtclub Shelter.

Tabel 3: verse luchttoevoer per persoon voorafgaand aan het pilot event

Verse luchttoevoer	Aantal aanwezigen	Luchttoevoer per persoon
16.000 m ³ /uur	500	32 m ³ /uur/pp

Tabel 4: uitgangspunten t.b.v. CO₂ evenwichtsconcentratie berekeningen. Zie het Achtergronddocument Ventilatierichtlijn Evenementen voor een toelichting en onderbouwing van deze uitgangspunten.

Aspect	Aanname
Metabolisme dansend persoon	3 met
CO ₂ productie dansend persoon	0,01 l/s pp
CO ₂ concentratie buiten	420 ppm

4. Resultaten duurmetingen Shelter

4.1 Verloop CO₂-concentratie in de tijd

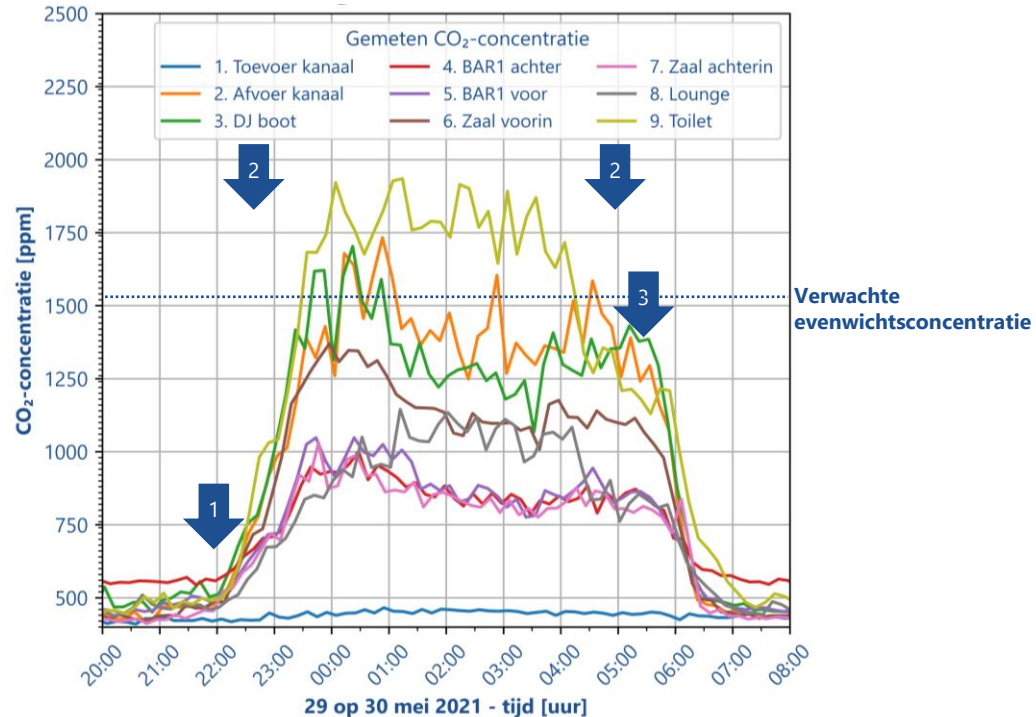
Hiernaast wordt de gemeten CO₂-concentratie voor alle sensoren weergegeven en vergeleken met de verwachte CO₂-evenwichtsconcentratie. In tabel 5 worden de relevante gebeurtenissen tijdens het event weergegeven. De nummers van de gebeurtenissen verwijzen naar de genummerde pijlen in figuur 11.

De blauwe lijn (sensor 1) geeft de CO₂-concentratie in het luchttoevoerkanaal weer. De min of meer horizontale lijn wijst erop dat er tijdens het evenement 100% buitenlucht is toegevoerd.

Sensor 3 t/m 7 tonen de gemeten CO₂-concentraties in de zaal. Sensor 8 en 9 tonen de CO₂-concentraties gemeten in de lounge area en bij de toiletten. Wat opvalt is dat er grote verschillen zijn tussen de CO₂-concentratie voorin de zaal (sensor 2, 3 en 6) en achterin de zaal (sensor 4, 5 en 7).

Tabel 5: Relevante gebeurtenissen tijdens het event in nachtclub Shelter.

	Tijd	Gebeurtenis
1.	22:00	Gasten stromen langzaam binnen.
2.	22:00 – 05:00	Event
3.	05:00	Eind event



Figuur 11: Verloop CO₂-concentratie tijdens het event in Shelter.

4.2 Werkelijke CO₂-concentraties vs. berekende CO₂-evenwichtsconcentratie

In de tabel hiernaast is te zien dat als we kijken naar de gemiddelde waarde over alle sensoren in de zaal (exclusief sensor 1 in het luchttoevoerkanaal, sensor 8 bij de lounge en sensor 9 bij de toiletten) dat tijdens de het event in Shelter de **gemiddeld gemeten P50, respectievelijk de P95 waarde 1049 / 1251 ppm bedroeg.**

Deze waardes **liggen een stuk lager dan de berekende evenwichtsconcentratie van 1530 ppm.** De meest waarschijnlijke verklaring is dat het activiteitsniveau van de gemiddelde bezoeker is overschat door uit te gaan van 3 Met – 0,01 l/s pp CO₂-productie. Als we de CO₂-productie retrospectief berekenen o.b.v. 566 aanwezigen (werkelijk aantal aanwezigen volgens Fieldlab), dan zou de werkelijke CO₂-productie eerder rond de 0,006 l/s pp liggen wat overeen komt met een activiteitsniveau van 1,5 Met.

Tabel 6: samenvatting gemeten waarden per sensor tijdens de het event in Shelter. Ten aanzien van de overall gemiddelde waarden in de laatste kolom geldt dat de uitkomsten van de sensoren 1, 8 en 9 niet zijn meegenomen omdat deze sensoren de lucht in het toevoerkanaal en de ruimtes om de zaal heen hebben gemeten.

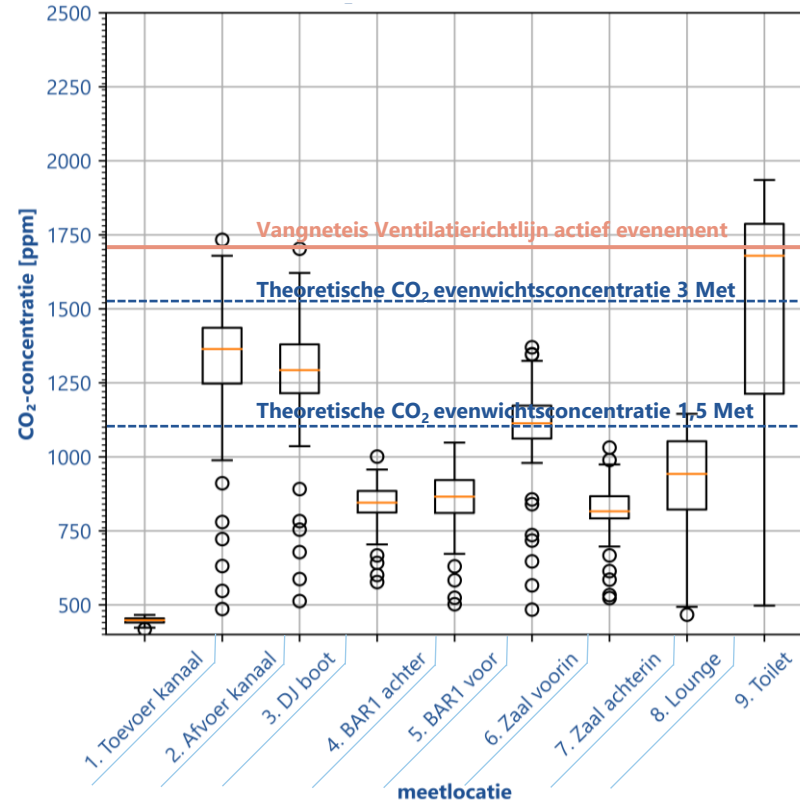
	1. Toevoer kanaal	2. Afvoer kanaal	3. DJ booth	4. Bar1 achter	5. Bar1 voor	6. Zaal voorin	7. Zaal achterin	8. Lounge	9. Toilet	Overall Gemiddeld
Gem.	446	1291	1256	833	852	1085	814	902	1500	1021
P50	448	1364	1292	845	865	1113	816	942	1679	1049
P95	459	1626	1612	951	1025	1337	956	1116	1918	1251
Max	466	1733	1703	1001	1048	1370	1031	1145	1935	1314

4.3 Boxplot weergave

De door iedere sensor gemeten CO₂-concentratie tijdens het event in Shelter is hiernaast weergegeven in een boxplot. Dit geeft een duidelijker beeld van de spreiding van de meetwaarden per sensor. In de grafiek is ter referentie ook de verwachte evenwichtsconcentratie (blauwe lijnen) bij verschillende activiteitsniveaus (zie vorige bladzijde) en de vangnetis uit de Ventilatie richtlijn (rode lijn) weergegeven.

Sensor 1 geeft de gemeten CO₂-concentraties in het luchttoevoerkanaal weer. De lage CO₂-concentratie wijst erop dat er tijdens het event 100% buitenlucht toegevoerd is.

Figuur 12 laat verder zien dat de in de zaal gemeten CO₂-concentraties beter passen bij een activiteitsniveau van 1,5 Met dan bij 3 Met. Als we de CO₂-evenwichtsconcentratie van 1,5 Met als referentie aanhouden, dan zien we dat er voorin de zaal (sensor 2, 3 en 6) net wat hogere CO₂-concentraties waren terwijl er achterin de zaal (4, 5 en 7) net wat lagere CO₂-concentraties waren.



Figuur 12: Boxplot CO₂-concentratie per sensor tijdens pilot event in Shelter

4.4 Analyse verschillen

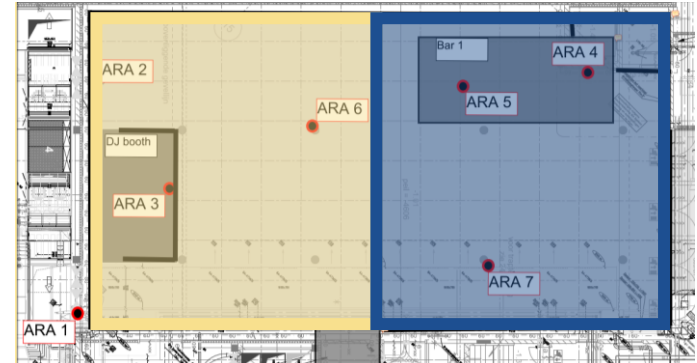
Paragraaf 4.1 t/m 4.3 laten zien dat er duidelijke verschillen waren tussen de CO₂-concentratie voorin de zaal van Shelter (hoge concentratie) en achterin de zaal (lage concentratie). Dit kan erop duiden dat er voorin in de zaal minder ventilatie is dan achterin de zaal. De meetdata is opnieuw geanalyseerd om te bepalen of dit waarschijnlijk is of dat er een andere verklaring voor de verschillen is.

Bij de debietmetingen voorafgaand aan het event (na uitvoering van de aanpassingen aan de installatie) is gebleken dat de lucht niet gelijkmatig wordt toegevoerd in de zaal maar dat er achterin de zaal meer luchttoevoer is dan voorin de zaal, zie figuur 13.

Bij de voorcontrole is er vanuit gegaan dat dit geen probleem is omdat er zoveel lucht in de zaal wordt geblazen dat bba er vanuit ging dat de lucht zich zou mengen in de hele ruimte en er geen verschillen in luchtverversing binnen de zaal op zouden treden.

In de figuur hiernaast is toch gekeken of de verschillen in de gemeten CO₂-concentratie het gevolg kunnen zijn van de lokale verschillen in luchtverversing.

Figuur 13: Analyse verschillen voor en achterin zaal Shelter.



	Zone voorin zaal	Zone achterin zaal
Hoeveelheid luchttoevoer	6.300 m ³ /uur	9.900 m ³ /uur
Aantal personen	250	250
Verwachte CO ₂ -evenwichtsconcentratie:		
- o.b.v. 3 Met – 0,01 l/s CO ₂ pp	1830 ppm	1310 ppm
- o.b.v. 1,5 Met – 0,006 l/s CO ₂ pp	1260 ppm	945 ppm
P50 <u>gemeten</u> CO ₂ -concentratie	1250 ppm	840 ppm

4.4 Analyse verschillen (vervolg)

Hiervoor is de CO₂-evenwichtsconcentratie uitgerekend voor iedere helft van de ruimte op basis van de luchttoevoer in de helft van de zaal en een bezetting van 250 personen per helft (in de praktijk waren er voorin de zaal meer mensen dan achterin de zaal). Wanneer we corrigeren voor het werkelijke activiteitsniveau van 1,5 Met, dan zien we dat de CO₂-evenwichtsconcentratie goed overeen komt met de gemeten P50 CO₂-concentratie voor- en achterin de zaal. Dit betekent dat het waarschijnlijk is dat de verschillen in gemeten CO₂-concentratie voor en achterin de zaal worden verklaard doordat de hoeveelheid luchtverversing in beide zones verschilt. Of met andere woorden: er lijkt inderdaad minder ventilatie aan de voorkant van de zaal dan achterin.

6.

Overall conclusies & aanbevelingen

1

Werd er **voorafgaand** aan de pilot events voldaan aan de Ventilatie-richtlijn Evenementen?

Onderzoeksvraag 1 was:

*Werd er **voorafgaand** aan het Fieldlab event in Shelter voldaan aan de verse luchttoevoer eis uit de Ventilatie-richtlijn Evenementen (zie bijlage A)?*

Antwoord:

Tijdens de voorcontrole op 6 mei werd nog niet voldaan aan de eisen van de Ventilatie-richtlijn Evenementen. Hierop heeft Shelter de luchtafzuigroosters gereinigd en de instellingen aangepast. Op 12 mei is opnieuw gecontroleerd of de maatregelen voldoende effect hadden. Na aanpassingen was er **32 m³/uur per persoon luchttoevoer** in de zaal. Hiermee werd voorafgaand aan het event **wel** voldaan aan de Ventilatie-richtlijn Evenementen.

Toelichting:

- Volgens de Ventilatie-richtlijn Evenementen moet de verse luchttoevoer minimaal 24 m³/uur per persoon bedragen.

2

Werd er **tijdens** de pilot events voldaan aan de Ventilatie richtlijn Evenementen?

Onderzoeksvraag 2 was:

*Werd er **tijdens** het event in Shelter aan de verse luchttoevoer eisen uit de Ventilatie richtlijn Evenementen voldaan (zie bijlage A)?*

Antwoord:

Ja. Tijdens het event lag de gemeten CO₂-concentratie in de zaal onder de vooraf berekende CO₂-evenwichtsconcentratie (<1500 ppm). Dit betekent dat er voldoende verse lucht werd toegevoerd tijdens het event.

Toelichting:

Of de verse luchttoevoer tijdens het event daadwerkelijk was zoals vooraf vastgesteld is gecontroleerd met CO₂-duurmetingen. Hierbij is gebruik gemaakt van een CO₂-evenwichtsconcentratie die berekend is op basis van de gemeten ventilatiehoeveelheid en het verwachte aantal bezoekers. Tijdens het event werd gebruik gemaakt van een sensornetwerk met 10 sensoren dat de CO₂-concentratie meette en vergeleek met de vooraf berekende evenwichtsconcentratie. Zo lang de CO₂-concentratie onder de berekende evenwichtsconcentratie lag, was er sprake van voldoende ventilatie.

3

Lessen en implicaties?

Onderzoeksvraag 3 was:

*Welke **lessen** zijn er verder te trekken t.a.v. de aspecten ventilatie en luchtkwaliteit tijdens grote events? En welke implicaties heeft dit voor de richtlijn (zie bijlage A)?*

Antwoord:

Uit het onderzoek komen sterke aanwijzingen naar voren dat de luchtverversing in de zaal van Shelter niet gelijkmatig verdeeld is. Juist in het gebied waar de meeste mensen staan, voorin de zaal, is er het minste luchtverversing. Advies voor Shelter is om toch inblaasroosters (terug) te plaatsen zodat de luchttoevoer gelijkmatig verdeeld kan worden over de zaal.

Verder is tijdens het onderzoek gebleken dat het ventilatiesysteem in eerste instantie niet op de goede stand stond ingesteld. Advies aan Shelter is om één persoon verantwoordelijk te maken voor de ventilatie tijdens evenementen. Deze hoofdverantwoordelijke zal voorafgaand aan ieder event moeten controleren of het ventilatiesysteem op de juiste stand staat ingesteld.

Met het oog op het Fieldlab onderzoek en de Ventilatie richtlijn heeft het onderzoek bij Shelter de volgende lessen en aanbevelingen opgeleverd:

- Het onderzoek bij Shelter laat wederom zien waarom het belangrijk is om van tevoren te controleren of er voldoende ventilatie is. Men kan er niet vanuit gaan dat de ventilatiesystemen op de goede stand draaien, zeker niet nadat ze maanden uit hebben gestaan / in een lage stand stonden.
- Één van de vragen bij het opstellen van de Ventilatie richtlijn was het uitgangspunt voor het activiteitsniveau (en daarmee de CO₂-productie) van dansende bezoekers. Het event bij Shelter levert op dit punt waardevolle data en laat zien dat er in werkelijkheid een lager metabolisme / CO₂-productie is dan het uitgangspunt in de richtlijn (1,5 Met / 0,006 l/s pp CO₂ in plaats van 3 Met / 0,010 l/s pp CO₂). Advies is om het uitgangspunt in de richtlijn aan te passen en de vangneteis voor CO₂-monitoring tijdens actieve evenementen te verlagen. Vervolgens zal bij toekomstige evenementen gecontroleerd moeten worden of het nieuwe uitgangspunt klopt met de praktijk of dat verdere verfijning nodig is.

BIJLAGE A: SAMENVATTING INHOUD CONCEPT RICHTLIJN

In opdracht van Mojo heeft bba binnenmilieu eind 2020 - begin 2021 een concept richtlijn ontwikkeld betreffende 'covid-proof' ventilatie bij evenementen. Het document (getiteld 'Ventilatie-richtlijn Evenementen') is o.a. gebaseerd op een analyse van bestaande eisen uit het Bouwbesluit, een literatuursurvey en indicatieve berekeningen m.b.v. de Wells-Riley methode. De richtlijn omschrijft een methode waarmee vooraf én tijdens een evenement gecontroleerd kan worden of de verse luchttoevoer voldoende is. De insteek is dat wanneer er aan de ventilatie-richtlijn wordt voldaan, dat de kans om besmet te raken via de 'aerosolroute' op een acceptabel laag niveau ligt. Wanneer er in een situatie niet voldaan wordt aan de eisen vermeld in de richtlijn, dan is er sprake van een verhoogde kans op overdracht via de lucht.

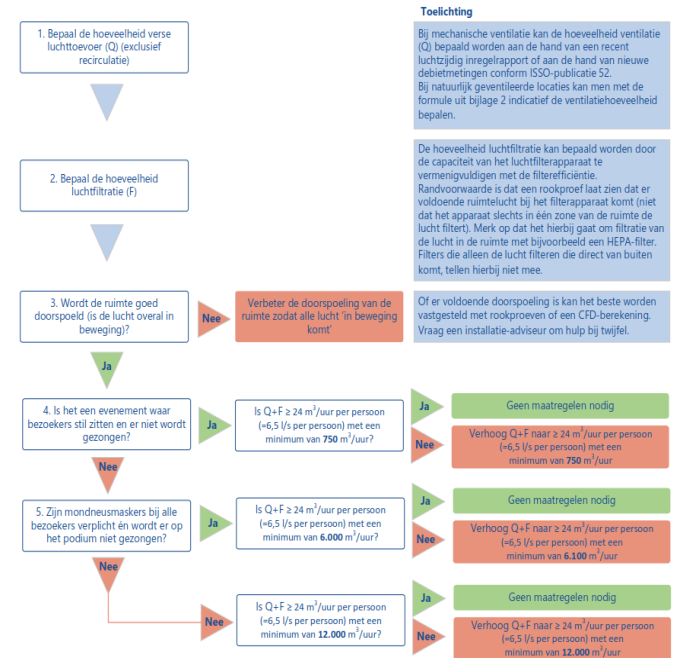
Met de richtlijn is het mogelijk om onderscheid te maken tussen risicovolle en minder risicovolle situaties, specifiek kijkend naar ventilatie. De richtlijn stelt dat de verse luchttoevoer minimaal $24 \text{ m}^3/\text{h}$ per persoon dient te zijn.

Zie het ook het stroomdiagram rechts. Basisuitgangspunt hierbij is dat er niet meer dan 1 besmet persoon per 666 bezoekers aanwezig; iets dat ofwel gewaarborgd is door het gebruik van (snel)testen hetzij doordat de momentane, landelijke besmettingsgraad onder de 150:100.000 ligt.

Controleren of aan genoemde minimum luchttoevoer eis voldaan wordt dat kan men doen door ofwel vooraf luchtdebieten te meten (werkt alleen bij mechanische ventilatiesystemen) en die te relateren aan het aantal verwachte personen, ofwel door tijdens het event de CO_2 evenwichtsconcentratie te bepalen en die terug te rekenen naar de verse luchttoevoer per persoon. In de concept richtlijn staat verder ook nog een vangnet-eis omschreven t.a.v. de maximaal aanvaardbare CO_2 concentratie (respectievelijk 1000 ppm bij passieve, zittende activiteiten en 1700 ppm bij actieve, staande activiteiten).

Meer informatie:

- Boerstra & Beuker, 2021. Voorstel Ventilatie-richtlijn Evenementen.
- Boerstra & Beuker, 2021. Achtergrond voorstel Ventilatie-richtlijn Evenementen.



Toelichting
Bij mechanische ventilatie kan de hoeveelheid ventilatie (Q) bepaald worden aan de hand van een recent luchtzijdig inregelrapport of aan de hand van nieuwe debietmetingen conform ISO-publicatie 52. Bij natuurlijk geventileerde locaties kan men met de formule uit bijlage 2 indicatief de ventilatiehoeveelheid bepalen.

De hoeveelheid luchtfiltratie kan bepaald worden door de capaciteit van het luchtfilterapparaat te vermenigvuldigen met de filterefficiëntie. Randvoorwaarde is dat een rookroef/laat zien dat er voldoende ruimtelucht bij het filterapparaat komt (niet dat het apparaat slechts in één zone van de ruimte de lucht filtert). Merk op dat het hierbij gaat om filtratie van de lucht in de ruimte met bijvoorbeeld een HEPA-filter. Filters die alleen de lucht filteren die direct van buiten komt, tellen hierbij niet mee.

Of er voldoende doorspoeling is kan het beste worden vastgesteld met rookproeven of een CFD-berekening. Vraag een installatie-adviseur om hulp bij twijfel.

Stroomdiagram uit de richtlijn; bedoeld om voorafgaand aan een evenement te bepalen of er sprake is van voldoende ventilatie.