



Vlaanderen
is omgeving



Ventilatieprestaties in culturele centra in Vlaanderen

DEPARTEMENT
OMGEVING

omgeving.vlaanderen.be

Ventilatieprestaties in culturele centra in Vlaanderen

Deze studie vond plaats in 2022, tijdens de coronapandemie, en richt zich op cultuurhuizen. VPO gebruikte voor dit onderzoek sensorboxen, die ontwikkeld werden in samenwerking met VITO, de indoor@boxen om de luchtkwaliteit en ventilatie-effectiviteit op te volgen. De focus in dit onderzoek ligt op het meten van de CO₂-concentratie, aangezien dit een goede proxy is voor luchtkwaliteit. Complementair hieraan, werd ook een doorlichting van het ventilatiesysteem door een gespecialiseerde firma uitgevoerd. Uit de studie blijkt dat bij de meeste cultuurhuizen in ruimtes waar mensen langdurig verblijven vaak waarden gemeten worden hoger dan 900 ppm, de gezondheidsrichtlijn, en indicator voor voldoende ventilatie. De combinatie van CO₂-metingen en technische screenings vullen elkaar goed aan en tonen concreet waar verbeteringen mogelijk en/of nodig zijn.

De verantwoordelijkheid voor de inhoud van dit rapport ligt bij de auteurs.

COLOFON

Verantwoordelijke uitgever

Toon Denys

Departement Omgeving

Koning Albert II-laan 15 bus 553, 1210 Brussel

www.omgevingvlaanderen.be

Een uitgave van het Departement Omgeving, **Vlaams Planbureau voor Omgeving**

vpo.omgeving@vlaanderen.be

Auteurs team Omgeving & Gezondheid, Vlaams Planbureau voor Omgeving, Departement Omgeving

Team Omgeving & Gezondheid, Departement Omgeving

Publicatiedatum

oktober 2024

Depotnummer

D/2024/3241/354



SAMENVATTING

Ventilatie beïnvloedt de kwaliteit van het binnenmilieu. De kwaliteit van de binnenlucht (IAQ¹) draagt bij aan de totale persoonlijke blootstelling van bewoners van een gebouw aan bepaalde verontreinigende stoffen en is daarom een belangrijke milieudeterminant van gezondheid. Onderzoek toont aan dat Europese burgers gemiddeld 90% van hun tijd binnen doorbrengen. De Vlaamse overheid, en meer bepaald Departement Omgeving, voert sinds 2007 onderzoek uit naar IAQ in woningen en scholen om het beleid te informeren en te ondersteunen. In 2019 ontwikkelde het Vlaams Planbureau voor Omgeving van Departement Omgeving, samen met VITO een sensorbox met innovatieve en hoogwaardige sensortechnologie — de indoor@box genaamd — waarmee een aantal verontreinigende stoffen en parameters continu en in realtime kunnen worden gemeten. Dit maakt het mogelijk om resultaten realtime te communiceren, om veel gegevens over langere periodes te verzamelen en om verbanden te leggen met andere gegevens (bv. het weer, vragenlijsten, bezettingsgraden).

Met deze indoor@boxen voert Departement Omgeving sinds 2020 verschillende meetcampagnes uit in (semi-)openbare gebouwen waar mensen samenkomen of verblijven, zoals scholen, sportcentra, woonzorgcentra en culturele centra. De analyse richt zich vooral op CO₂-metingen en ventilatieprestaties. De rapporten geven concrete adviezen die rekening houden met de specifieke situatie van het gebouw, zodat de ventilatie verbetert. Daarnaast is het onderzoek beleidsondersteunend: de bestaande richtlijnen voor IAQ, meer bepaald de CO₂-waarden, werden tijdens de COVID-19 pandemie belangrijk in (semi)publieke gebouwen. Het onderzoek en de metingen laten toe om na te gaan of die richtlijnen haalbaar en effectief zijn voor de verschillende sectoren. De ventilatieprestaties worden beoordeeld dankzij een grondige technische doorlichting van de aanwezige ventilatiesystemen.

In de meest recente campagnes — die bij woonzorgcentra en bij cultuurhuizen — zijn er twee meetperiodes per locatie. Tussendoor is er bij de cultuurhuizen een technische doorlichting van het aanwezige ventilatiesysteem. Dit rapport gaat dieper in op de meetcampagne in tien verschillende culturele centra in Vlaanderen en Brussel, die varieerden in grootte, gebouwtype, ventilatiesysteem en publiekscapaciteit. Over het algemeen kunnen de ventilatiesystemen van de culturele centra bij hogere bezettingsgraden, niet voldoen aan de CO₂-richtlijnen, die van kracht waren tijdens de COVID-19 pandemie. De aanwezigheid van een ventilatiesysteem met voldoende debietimpuls, in verhouding tot de maximale capaciteit van de evenementenruimte, garandeert niet altijd gewenste CO₂-waarden. Bijkomende parameters hebben een invloed, bv. instellingen van het ventilatiesysteem, activiteitsgraad en debiet per persoon (m³/uur/persoon), samenstelling van het publiek, onderhoud en beheer van het systeem... De combinatie van CO₂-metingen en technische screenings vullen elkaar goed aan en tonen precies aan waar verbeteringen nodig zijn. In de toekomst zouden de bevindingen van dit onderzoek kunnen worden samengevat en opgenomen in technische richtlijnen.

¹ IAQ staat voor Indoor Air Quality.

INHOUDSTAFEL

1	Inleiding	5
2	Eerder onderzoek	5
3	Materiaal en methode.....	7
3.1	Onderzoek in 10 culturele centra in Vlaanderen en Brussel	7
3.2	Metingen met de indoor@box: ventilatie-efficiëntie op basis van CO ₂ -waarden	9
3.3	Nazicht van de ventilatieinfrastructuur	10
3.4	Nazicht van de effectiviteit van de ventilatiesystemen via debietsmetingen en bezettingsgraad	11
4	Resultaten.....	11
4.1	Vergelijking globale CO ₂ resultaten en advieswaarden	12
4.2	ventilatie en maximale zaalbezetting	13
4.3	Ventilatiesystemen gelinkt aan de publiekscapaciteit en gemeten CO ₂ waarden	13
5	Besluit	15
6	Bedanking	15
7	Bibliografie.....	15

Mulder et al., 2023). De algemene richtlijnwaarden tijdens de COVID-19 pandemie waren als volgt: als de CO₂-concentratie lager is dan 900 ppm (of niet meer dan 500 ppm hoger dan de buitenconcentratie), beschouwen we de ruimte als goed geventileerd (Taskforce Ventilatie van het coronacommissariaat, 2021). In de praktijk komt 900 ppm voor een volwassene met een standaard lichte activiteit overeen met een ventilatiedebiet van 40 m³/u/persoon verse buitenlucht. Bij waarden boven 900 ppm moeten maatregelen worden genomen om onder de 900 ppm te komen (Taskforce Ventilatie van het coronacommissariaat, 2021). CO₂-waarden worden beschouwd als een goede proxy om de kwaliteit van de binnenlucht, de ventilatie en de beluchting te controleren, en als een belangrijke preventieve maatregel om potentiële besmetting door overdracht van virussen via de lucht te beperken (Geyskens & Stranger, 2016). Sinds 2020 gebruikt Departement Omgeving in haar onderzoek de CO₂-waarden van 900 ppm en 1.200 ppm als richtlijnen om een beeld te krijgen van de ventilatieprestaties.

Tijdens de COVID-19 pandemie hadden openbare binnenlocaties waar veel mensen samenkamen, snel inzicht nodig in de situatie van CO₂-niveaus, en meer bepaald hoe de ventilatie verliep en of deze verbeterd kon worden. Locaties met kwetsbare bevolkingsgroepen en/of waar veel mensen samenkomen, zoals scholen, woonzorgcentra voor ouderen, sporthallen en centra voor concerten of culturele evenementen, waren interessante locaties bij uitstek. Daarom startte Departement Omgeving samen met andere overheidspartners (van verschillende beleidssectoren zoals gezondheid, onderwijs, en sport en cultuur) meerdere meetcampagnes in 2020; de laatste is gepland in scholen tijdens de winter van 2024. De meetcampagnes varieerden van 2 weken (voor sporthallen) tot 4 maanden (voor woonzorgcentra) en vonden zowel in de zomer als in de winter plaats. De verschillende meetcampagnes maakten het mogelijk om te onderzoeken of de CO₂-richtwaarden van 900 ppm en 1200 ppm werden gehaald door de verschillende sectoren en indien niet wat mogelijke verbeterpunten zijn. Er zijn rapporten beschikbaar voor de resultaten in scholen (Mampaey et al., 2021) en voor woonzorgcentra (De Kempeneer et al., 2024).

Tot nu toe heeft het onderzoek geleid tot verschillende overkoepelende inzichten:

- Ventilatiegedrag speelt bijvoorbeeld een belangrijke rol als het gaat om binnenluchtkwaliteit.
- Daarnaast zijn de technische aspecten van de ventilatie en kennis hierover primordiaal. Tijdens het installeren van de sensorboxen merkten we dat mensen op locatie - ongeacht het type sector - vaak weinig kennis hebben over de aanwezigheid van een ventilatiesysteem, de manier waarop het werkt of wanneer het laatste onderhoud heeft plaatsgevonden.
- Op basis van onze bevindingen concluderen we dat investeren in vraag gestuurde (mechanische) ventilatie - een systeem dat CO₂-waarden meet en bewaakt - bijdraagt aan een betere luchtkwaliteit. Het verlaagt consistent de CO₂-concentraties in het binnenmilieu, en helpt dus om de overdracht van virussen door de lucht te verminderen. Maar ook andere technische factoren van de ventilatie blijven belangrijk, zoals onderhoud en een juiste dimensionering en beheer van het ventilatiesysteem, met een adequate relatie tot bezetting en activiteit.

In dit rapport richten we ons op de metingen die werden uitgevoerd in culturele centra, en meer specifiek op de relatie tussen de CO₂-metingen tijdens evenementen, het ventilatiesysteem, de instellingen ervan, en de feitelijke bezetting van de ruimte. Deze meetcampagne gaat verder dan eerdere campagnes in woonzorgcentra en scholen omdat er tussen twee meetperiodes een technische screening van het mechanische ventilatiesysteem werd uitgevoerd. Elk cultureel centrum ontving een gedetailleerd ventilatierapport met concrete aanbevelingen. De bedoeling was dat

3.4 NAZICHT VAN DE EFFECTIVITEIT VAN DE VENTILATIESYSTEMEN VIA DEBIETSMETINGEN EN BEZETTINGSGRAAD

Aan culturele centra werd informatie gevraagd over de maximale bezetting van de ruimtes, alsook de effectieve bezetting per activiteit. Met deze informatie kan men bepalen of het ventilatiesysteem voldoende debiet levert voor de nominale capaciteit (N) en de werkelijke bezetting van de zaal. Het gemeten debiet van het mechanische ventilatiesysteem (Q_{mech} bepaald in m^3/hr verse lucht) werd gebruikt om, op basis van zowel de werkelijke als de maximaal mogelijke bezetting, het debiet per persoon ($m^3/hr/persoon$) te berekenen. Om 900 ppm (N900) te bereiken is een debiet van 40 $m^3/hr/persoon$ (V900) nodig voor 1.200 ppm (N1200) wordt dit 25 $m^3/hr/persoon$ (V1200), deze waarden zijn voor een MET (activiteitsgraad) gelijk aan 1,63 (Taskforce Ventilatie van het coronacommissariaat, 2021):

$$N_{900} = \frac{Q_{mech}}{V_{900}} \text{ or } N_{1200} = \frac{Q_{mech}}{V_{1200}} \quad (1)$$

Als niet aan deze waarden is voldaan, wordt de mogelijke maximale bezetting bepaald via het gemeten ventilatiedebiet. Daarnaast wordt het debiet bepaald dat nodig is om 900 of 1200 ppm te bereiken met de werkelijke bezetting. In deze analyse wordt rekening gehouden met de efficiëntie van de luchtuitwisseling.

4 RESULTATEN

In tien culturele centra is onderzocht of (1) het ventilatiesysteem van elke ruimte technisch in staat is om te voldoen aan de richtlijnen van 900 en 1200 ppm bij volledige capaciteit van de ruimte (berekend met een luchtstroom van 40 $m^3/u/pp$ voor 900 ppm, en 25 $m^3/u/pp$ voor 1200 ppm), en of (2) de CO₂-waarden die werden gemeten met de indoor@boxen tijdens evenementen overeenkwamen met de technische specificaties van de ventilatiesystemen.

Tabel 2: Voornaamste resultaten van de CO₂ metingen, de bezetting en de debieten per ruimte (in relatie tot de algemene gezondheidswaarden)

(1) Nr. Ruimte en locatie	(2) Percentage van de tijd waar CO ₂ >900ppm tijdens evenementen (Min. /Max.), gemeten met indoor@box	(3) Max. bezetting van de zaal	(4) Nominale capaciteit (N900 / N1.200), volgens debietsmetingen	(5) Voldoende debiet bij max zaal-bezetting (900 ppm / 1.200 ppm)	(6) Min. aantal mensen bij CO ₂ >900 ppm ⁶	(7) Percentage van de evenementen met CO ₂ >900 ppm, gemeten met indoor@box	(8) P1/P99 van de CO ₂ metingen, gemeten met indoor@box
1.1	0 / 74	2000	1558/2493	No / Yes	1312	79	552 / 2940
1.2	0 / 68	300	333 / 533	Yes / Yes	35	31	541 / 1672
1.3	0 / 81	NA	159 / 255	NA	653	96	547 / 2571
2.1	0 / 77	428	394 / 630	No / Yes	151	50	622 / 1182
2.2	0 / 94	NA	NA	NA	NA	54	879 / 1104

⁶ Enkel bij evenementen met gekende effectieve bezetting.

gebeurtenissen de drempelwaarde van 900 ppm tussen 5 en 68% van hun duur. Overschrijdingen van 900 ppm werden al gemeten bij een publiek van slechts 35 mensen. Deze resultaten kunnen worden verklaard doordat de instellingen van het ventilatiesysteem niet optimaal zijn, in het bijzonder de spoeling (zie tabel 1).

Een ander voorbeeld van een theoretisch goede dimensionering van het ventilatiesysteem is voorstellingsruimte 10.1. Met een maximale publiekscapaciteit van 650 en een nominale capaciteit van 745 om onder de 900 ppm CO₂-waarden te blijven, is er een overmaat van 13%. Tijdens de meetperioden, met ongeveer 635 verkochte kaartjes, zat de voorstellingsruimte bijna op de maximale capaciteit, maar ruim onder de nominale capaciteit. De CO₂-metingen geven echter aan dat er in 80% van de evenementen een overschrijding van 900 ppm is, variërend tussen 0 en 75% van de duur van het evenement. In bijna 50% van de gevallen zijn er ook overschrijdingen van 1200 ppm. Overschrijdingen van 900 ppm komen zelfs voor bij een werkelijke capaciteit van 70 personen. Volgens de technische gegevens is het ventilatiesysteem optimaal wat betreft de spoeling (zie tabel 1). Dit komt niet overeen met de verwachtingen, waardoor nader onderzoek nodig is, onder andere naar de activiteitsgraad en de behoefte aan verse lucht per persoon.

Van de 16 voorstellings- en combineruimten (met een bekend mechanisch ventilatiesysteem) hebben er volgens de berekeningen 11 onvoldoende debiet bij maximale bezetting voor 900 ppm. Er wordt verwacht dat ze bij een hoge bezetting van de ruimte gedurende langere perioden hoge CO₂-waarden zullen geven. Over het geheel genomen lijkt dit het geval te zijn, 3 voorstellings- en combineruimten (5.2, 8.1, 8.2) hebben overschrijdingen van de 900 ppm grenswaarde bij 100% van hun evenementen, en 6 ruimten (1.3, 4.1, 5.2, 8.2, 9.3, 10.3) hebben ten minste één evenement met meer dan 80% van de duur van het event die 900 ppm overschrijdt. Drie ruimten die beter presteren dan de andere zijn het waard om kort besproken te worden. De eerste voorstellingsruimte, 6.2, heeft een mechanisch gebalanceerd ventilatiesysteem, een maximale zitcapaciteit van 940 en een nominale capaciteit van 644. Helaas zijn er geen technische gegevens over de capaciteit van de ruimte en geen technische gegevens over de efficiëntie van de spoeling. Tijdens de meetperiodes waren verschillende evenementen volgeboekt. Het is echter pas bij een capaciteit van 850 personen dat overschrijdingen van de 900-ppm waarde werden vastgesteld. Hoewel het ventilatiesysteem dus niet voldoende presteert bij de maximale capaciteit van 940 mensen, lijkt het erop dat het ventilatiesysteem zichzelf aanpast aan de bezetting van het publiek. We kunnen besluiten dat een technische screening van het ventilatiesysteem en CO₂-metingen lijken elkaar aan te vullen om een goed beeld te krijgen van de ventilatieprestaties. De tweede voorstellingsruimte is 6.4, die al kort besproken is. Het is uitgerust met een mechanisch gebalanceerd ventilatiesysteem en is de enige voorstellingsruimte zonder overschrijdingen van het 900-ppm niveau. Dit is waarschijnlijk te wijten aan het gebrek aan publiek: deze ruimte heeft een capaciteit van 803 mensen, en een nominale capaciteit van 613, maar tijdens de meetperiodes werden er slechts maximaal 400 tickets per evenement verkocht. Dit toont echter aan dat een verminderde publiekscapaciteit in bepaalde gevallen gunstig kan zijn voor de CO₂-niveaus. Deze bevinding staat in contrast met de vorige paragraaf, waar sommige ruimtes nog steeds overschrijdingen van de CO₂-niveaus hadden, zelfs als de maximale capaciteit niet werd bereikt. De derde voorstellingsruimte tenslotte (8.1) heeft een mechanisch gebalanceerd ventilatiesysteem en vertoont overschrijdingen van 900 ppm CO₂-niveau bij alle evenementen, maar slechts gedurende een korte tijd (slechts 3-21% van de duur van het evenement), wat, vergeleken met de andere ruimten, opmerkelijk korter is. Dit suggereert dat het ventilatiesysteem pas na enige tijd begint te werken. Het is echter de moeite waard om op te merken dat deze ruimte niet op maximale capaciteit was met slechts 85 mensen die koperinstrumenten bespelen, terwijl de maximale capaciteit 480 is en de nominale capaciteit 220.

5 BESLUIT

Over het algemeen heeft het onderzoek aangetoond dat de meeste culturele centra moeite hebben om te voldoen aan de algemene gezondheidsrichtlijnen om CO₂-concentraties onder de 900 ppm te houden. Zelfs als de maximale publiekscapaciteit van de ruimte niet wordt gehaald, wordt de richtlijn van 900 ppm vaak overschreden. Dit betekent dat er duidelijk ruimte is voor verbetering als het gaat om ventilatieprestaties. Elk cultuurhuis ontving een individueel rapport met aanbevelingen uit het onderzoek, waarmee ze verder aan de slag kunnen.

Het meten van CO₂-waarden blijft een goede en eenvoudige indicator om te bepalen of een voorstellingsruimte voldoende geventileerd wordt -- zeker omdat in culturele centra de intensiteit van de activiteit en de samenstelling van het publiek (kinderen/volwassenen, zittend/staand) sterk kunnen variëren. Dit onderzoek toonde tegelijkertijd aan dat een ventilatiesysteem met voldoende debietpulsie, in verhouding tot de maximale capaciteit van de ruimte, niet altijd de gewenste CO₂-waarden garandeert. Andere parameters die van invloed kunnen zijn — en dus niet mogen worden verwaarloosd — zijn bijvoorbeeld de instellingen van het ventilatiesysteem, de intensiteit van de activiteit in de ruimte, de samenstelling van het publiek, het onderhoud van het systeem, enzovoort. Een aspect om verder te onderzoeken is het bepalen van de activiteitsgraad en de behoefte aan verse lucht per persoon.

Om te bepalen of een ventilatiesysteem goed presteert, biedt het doorlichten van de ventilatie-infrastructuur een grote toegevoegde waarde. Verschillende parameters bepalen de goede werking: installatie en instelling (bv. debietpulsie), correct gebruik en onderhoud. Een screening identificeert deze parameters en waar nodig kunnen concrete verbeteringen worden aangebracht (bv. onderhoud van ventilatieroosters).

6 BEDANKING

We willen Joris Pieters, data scientist bij Keyrus, hartelijk bedanken voor zijn hulp bij de data-analyse, het ingenieursbureau AirX, voor de technische doorlichting, en de tien deelnemende culturele centra.

7 BIBLIOGRAFIE

Atkinson, J., Chartier, Y., Pessoa-Silva, C., & et al (eds), (2009). *Natural Ventilation for Infection Control in Health-Care Settings*. World Health Organization.

De Mulder, S., Goethals, M., Verlaek, M., Gommé, L., De Kempeneer, N., Van Hoof, T., Mampaey, M., Van Haver, P., Teughels, C., Van Haute, G., & Van Campenhout, K. (2023). Living and Working in a Healthy Environment: How Sensor Research in Flanders can Help Measure and Monitor Exposure to Certain Environmental Factors. *KEEP ON PLANNING FOR THE REAL WORLD Climate Change Calls for Nature-Based Solutions and Smart Technologies*, 10.

