

p3 venti



**Technische en gebruiksinventarisatie ventilatiesystemen
in bestaande maatschappelijk urgente sportgebouwen,
op basis van een taxonomie en vragenlijst**

- Eindrapportage -

Colofon

Datum 31 juli 2025
Versie 2
Afdeling Lectoraat Sustainable Building Technology (SBT - Saxion)
Auteurs A.M.S. Weersink, C. Struck, R. Meester (Saxion), F.G.H. Koene (TNO)

Samenvatting

Achtergrond

Het onderzoeksprogramma Pandemische Paraatheid en Ventilatie (P3Venti) van het ministerie van VWS is opgezet om toepasbare kennis op te bouwen over de rol van verspreiding door de lucht (aerogene route) van virussen en andere pathogenen, de effectiviteit van inzet van ventilatie als mitigatiemaatregel te vergroten en methoden en instrumenten te ontwikkelen om de overheid en maatschappelijke partners bij vaak complexe en gevoelige besluitvorming te ondersteunen.

In hoeverre is het zinvol en noodzakelijk om in bestaande maatschappelijk urgente sport (MUS) gebouwen te investeren in maatregelen op het gebied van ventilatie en andere luchtbehandelingssystemen in het kader van pandemische paraatheid? Voor het beantwoorden van die vraag hebben Hogeschool Saxion en TNO in het kader van onderzoekslijn IV van het onderzoeksprogramma P3Venti een inventarisatie uitgevoerd van ventilatiesystemen en het gebruik daarvan in MUS-gebouwen.

Onderzoeksvragen

De volgende onderzoeksvragen liggen ten grondslag aan het onderzoek:

1. Wat zijn de relevante kenmerken van ventilatiesystemen in MUS-gebouwen?
2. Wat zijn de risico's voor/zwakke punten met betrekking tot pandemische paraatheid in de effectiviteit van ventilatiesystemen, onderscheiden naar technische aspecten en bediening/gebruik van de systemen.
3. Welke aanbevelingen zijn met betrekking tot pandemische paraatheid te geven ter verbetering van de effectiviteit zowel technisch als vanuit het gebruik?

Aanpak

Saxion heeft in totaal ruim 70 MUS-gebouwen bezocht, waarvan 45% medische fitness (fysiogymruimtes, M), 45% reguliere fitness (kleine fitnessruimtes, F) en ruimtes waar yoga/pilates wordt beoefend (Y) en 10% groepskleedruimtes van zwembaden (Z). Additioneel zijn vijf wijkcentra bezocht waar yoga/pilates wordt gegeven voor ouderen (Yw).

Bij de 70 gebouwbezoeken zijn de technische karakteristieken van de ventilatiesystemen geïnterviewd aan de hand van een door TNO opgestelde taxonomie en is het gebruik in kaart gebracht middels interviews met therapeuten, docenten en sportinstructeurs.

Daarnaast zijn er CO₂-metingen uitgevoerd voor het vaststellen van het gebruik/bezetting van de ruimten en is met de CO₂-decay methode een inschatting gemaakt van het ventilatievoud. In enkele gebouwen met balansventilatie zijn er balometingen (luchtdebietmetingen) uitgevoerd ter vergelijking met de resultaten van de CO₂-decay methode. Daarbij bleken de verschillen meestal beperkt tot 15%.

Relevante technische kenmerken van de ventilatiesystemen

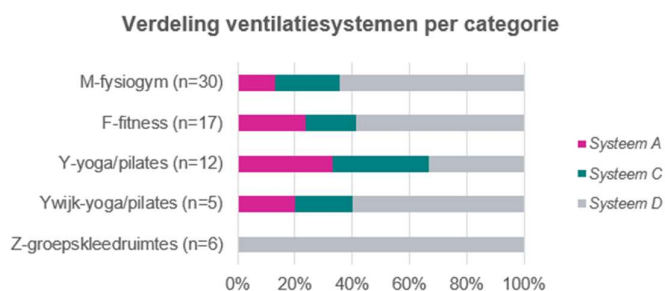
De meest relevante technische kenmerken die uit het onderzoek naar voren zijn gekomen, worden hieronder kort besproken.

Ventilatiesysteem, de wijze van luchttoevoer en luchtafvoer (natuurlijk of mechanisch):

Voorkomende ventilatiesystemen in de onderzochte MU -gebouwen zijn;

- A (natuurlijke ventilatie),
- C (natuurlijke toevoer, mechanische afzuiging)
- D (mechanische toe- en afvoer, ook balansventilatie genoemd)
- additionele voorzieningen voor spuiventilatie (te openen ramen) (in 85% aanwezig).

Het relatieve voorkomen van de verschillende ventilatiesystemen in de onderzochte MUS-gebouwen is in onderstaande figuur weergegeven.



Figuur S1: Voorkomen van de verschillende ventilatiesystemen in de onderzochte MUS- gebouwen

Ventilatie-debiet:

Er bestaan geen specifieke normen of richtlijnen voor ventilatie in sportgebouwen vanuit pandemisch oogpunt. De ventilatie van de onderzochte gebouwen is daarom in het onderzoek gespiegeld aan de eisen voor nieuwbouw sportgebouwen (BBL Besluit Bouwwerken Leefomgeving 2018) van 6,5 dm³/s per persoon; andere normen van (sport)organisaties zijn niet beschouwd.

Het ventilatie-debiet verkregen uit de CO₂-decay methode of de balometingen is in onderstaande tabel vergeleken met de minimum eis volgens BBL.

Tabel S1: Toetsing van het ventilatiedebiet aan de BBL-eis bij gemiddelde en maximale bezetting voor de verschillende MUS- gebouwen

Resultaat toetsing MUS-gebouwtypes aan BBL-eis (6,5 dm³/s.persoon) bij gemiddelde en maximum bezetting en per systeemtype

	Voldoet aan BBL-eis bij Gemiddelde bezetting				Voldoet aan BBL-eis bij Maximum bezetting		
	M-gebouw	F-gebouw	Y-gebouw		M-gebouw	F-gebouw	Y-gebouw
Systeem A	Bijna nooit	Vaak wel soms niet	Bijna nooit		Bijna nooit	Vaak wel soms niet	Bijna nooit
Systeem C	Bijna nooit	Soms wel soms niet	Bijna nooit		Bijna nooit	Bijna nooit	Bijna nooit
Systeem D	Vaak wel soms niet	Vaak wel soms niet	Bijna nooit		Soms wel soms niet	Soms wel soms niet	Bijna nooit

De tabel toont aan dat het ventilatiedebiet, vooral bij de maximum gerapporteerde bezetting niet aan de BBL-eis voldoet. Dit speelt vooral in fysiogym en yoga/pilatesruimtes gebouwen, zowel bij gemiddelde als maximale bezetting. Vaak is infiltratie door het ontbreken van een mechanisch ventilatiesysteem een wezenlijk onderdeel van de verse luchtvoorziening.

De luchtverversing in kleedkamers van zwembaden voldoet doorgaans wel aan de eis, maar schiet soms tekort bij de opgegeven maximum bezetting. Goede doorspoeling van kleedruimtes verdient nader onderzoek.

Spuiventilatie voorzieningen

In bijna alle gebouwen waren te openen ramen aanwezig, maar die werden niet overal gebruikt. In de M-gebouwen (fysiogym) waren in 87% van de ruimtes ramen die open kunnen. Bij de F-gebouwen (reguliere fitness) gold dat voor 83% van de ruimtes en in de Y-gebouwen (yoga-pilates) voor 97%. In de bezochte groepskleedkamers van zwembaden zijn geen te openen ramen aangetroffen.

Positionering van de inblaas- en afzuigopeningen

De aangetroffen mechanische luchttoevoer- en luchtafvoerornamenten in de gebouwen waren grotendeels ventilatieventielen of roosters in het plafondvlak. Slechts in enkele gebouwen zijn luchtkanalen met ingebouwde roosters of airsocks aangetroffen.

De positie en aantallen luchttoevoer- en luchtafvoerornamenten in het plafond zijn geschematiseerd weergegeven (zie par 5.5). Bij de medische fitness ruimten (M) kwam vaak een configuratie voor met weinig ventilatieventielen/roosters (1x toevoer 1x afvoer), maar ook systeem D met 2 à 3 toe- en afvoerroosters.

Bij kleine fitnessruimtes (F) kwamen vaak meerdere toe/afvoerpunten voor. Daarentegen had de meest voorkomende configuratie bij yoga/pilates (Y) weinig toevoerpunten.

De zes onderzochte zwembaden hadden in drie gevallen een configuratie voor met meerdere toe- en afvoerroosters en in drie gevallen een centrale toevoer of centrale afvoer.

Regeling van mechanische ventilatiesystemen

Systemen zijn vaak handbediend en hebben een constant volumesysteem, automatische regelingen op basis van CO₂ zijn weinig aangetroffen.

Relevante kenmerken van het gebruik van de ventilatiesystemen

De meest relevante kenmerken t.a.v. het gebruik zijn:

- Welke activiteiten worden uitgevoerd. Er wordt vaak intensief gesport, behalve bij meditatieve yogavormen.
- Door hoeveel mensen tegelijkertijd de activiteiten worden uitgevoerd gedurende de dag/week. Groepslessen zijn vaak voor 10-15 mensen.
- Wanneer de sportactiviteiten worden uitgevoerd gedurende de dag/week. Activiteiten zijn vooral in de ochtend en avond bij yoga en fitness. Bij fysiogym is het gebruik verspreid over de dag.
- Hoe intensief en hoe lang wordt geventileerd tussen verschillende activiteiten. Lessen worden vaak strak achter elkaar gepland waardoor spui ventilatie tussendoor beperkt mogelijk is.
- Ervaren thermisch comfort (te warm, te koud, ervaren tocht) door cliënt en personeel, als reden om ventilatievoorzieningen, zoals te openen ramen, wel of niet te gebruiken en/of een airco in te zetten voor extra koeling. Bij ventilatiesysteem A en C kan tocht of kou een reden zijn om ramen te sluiten, met name in de winter.
- Bij meditatieve yoga is lawaai van het ventilatiesysteem als reden genoemd om niet maximaal te ventileren.

Risico's voor/zwakke punten in de effectiviteit van ventilatiesystemen

Ontbrekende normen minimaal vereist ventilatiedebiet

Zoals opgemerkt bestaan er geen specifieke normen of richtlijnen voor ventilatie in sportgebouwen vanuit pandemisch oogpunt. Gezien de aantallen sporters en de intensiteit van de inspanning, vormt het ontbreken van (voldoend hoge) ventilatienormen of richtlijnen een risico op onvoldoende ventilatie.

Ventilatiedebiet schiet vaak tekort

Veel MUS-voorzieningen zijn gehuisvest in een ouder gebouw dat oorspronkelijk een andere gebruiksfunctie had, bijvoorbeeld een fabriekshal, garage of kerk. Dit heeft als risico dat de ventilatie onvoldoende/niet toereikend is voor de beoogde MUS-functie. In het onderzoek hebben met name yoga-gebouwen met natuurlijke ventilatie te weinig verse luchttoevoer.

Positief werkt bij hoge, oude gebouwen de relatief hoge luchtdoorlatendheid, die significant kan bijdragen aan de luchtverversing.

Slechts een deel van de geïnventariseerde 70 gebouwen in oost-Nederland voldoet aan de BBL-eisen. Vanwege de door Mulier verwachte hogere gebruiksintensiteit in Randstedelijk gebied, zullen daar mogelijk nog minder gebouwen voldoen aan de BBL-eis dan in Oost-Nederland waar het onderzoek is uitgevoerd.

Ventilatie-efficiëntie

Als er weinig toe- en afvoerpunten zijn (vaak in oudere gebouwen), in combinatie met diepe vertrekken of L-vormige vertrekken en hoge (fitness) ruimtes bestaat het risico dat de ruimte slecht wordt doorspoeld met verse lucht.

Spuiventilatie

Er zijn niet overal te openen ramen voor extra (spui)ventilatie. In ca. 15% van de fysio-gym resp. reguliere fitnessruimtes zijn ramen er niet of zijn ze moeilijk te openen.

Er ontstaan met name piekmomenten van uitgedemde stoffen in de binnenlucht als veel mensen de lessen bijwonen, of wanneer lessen vlak achter elkaar geprogrammeerd zijn. Uit CO₂-metingen blijkt dat de pauze tussen de lessen vaak te kort is om de ruimte goed te kunnen doorspoelen.

Gebruik van airco en plafondventilatoren

Bij gebruik van plafondventilatoren voor luchtcirculatie en airco's voor koeling bestaat het gevaar dat ramen worden gesloten en onvoldoende ventilatie niet wordt opgemerkt.

Regeling

Soms was de ventilatie via een digitaal kastje instelbaar. Dat vonden therapeuten en instructeurs vaak complex, en ze wisten niet zeker of ze het kastje goed hadden ingesteld om voldoende ventilatie te krijgen.

Handmatige uitschakeling van systemen na werktijd zorgt er voor dat nachtventilatie achterwege blijft na een lange avond met intensief sportende mensen.

Comfort gaat vaak ten koste van ventilatie

Ramen en ventilatieroosters in ramen worden nogal eens dichtgezet vanwege tocht (vooral bij meditatieve yoga).

Bij mechanische ventilatiesystemen is er op hogere ventilatiestanden regelmatig een geluidsprobleem, waardoor die stand niet wordt gebruikt. Ook buitengeluiden kunnen ertoe leiden dat ramen worden gesloten. Dat kan bijvoorbeeld bij meditatieve vormen van yoga aan de orde zijn, wat een risico op te weinig ventilatie oplevert.

Andersom kan bij fitness of actieve yoga/Pilates vormen harde muziek worden gedraaid die geluidsoverlast naar de omgeving kan veroorzaken. Dat kan ook een reden zijn om ramen en deuren te sluiten.

Afstand tussen gebruikers en afvoerpunten

Sporttoestellen voor intensief sportende gebruikers staan vaak op een rij. Daarbij komen bij intensief sporten meer aerosolen vrij en is de ademhaling dieper. Vooral als de afvoeropeningen zich op enige afstand van de sporters bevinden, is het risico op onvoldoende verse lucht groot.

Ook in yoga/Pilates liggen de sporters soms matje aan matje en wordt de ruimte nabij het raam vermeden vanwege tocht.

Aanbevelingen met betrekking tot pandemische paraatheid ter verbetering van de ventilatie - effectiviteit zowel technisch als vanuit het gebruik

Ventilatierichtlijn ontwikkelen met handelingsperspectief, gebaseerd op monitoring luchtkwaliteit

Ontwikkel een sport-intensiteitsafhankelijke ventilatierichtlijn en stel een relatie vast met de resulterende CO₂-concentratie om de ventilatiekwaliteit te kunnen monitoren.

Plaats één of meerdere CO₂-monitoren in de ruimte om te zien wanneer extra (spui) ventilatie nodig is.

Knelpuntinventarisatie ventilatiesysteem

Introduceer een verplichte periodieke keuring van het ventilatiesysteem om potentiële knelpunten van het ventilatiesysteem en het gebruik daarvan te inventariseren en om te waarborgen dat de ventilatie functioneert zoals die bedoeld is.

Techniek

- Ontwikkel tochtvrije / geluidarme ventilatievoorzieningen, zoals een airsock, waarmee veel ventilatielucht kan worden toegevoerd en overlast van koudeval voorkomt (met name bij yoga/meditatie, of bij bezweet lichaam)
- Zorg voor spuiventilatievoorzieningen zoals (draaikiep) ramen voor een snelle doorspoeling van een lege ruimte ("ventilatieboost"), bijvoorbeeld om tussen twee lessen door snel een ruimte te kunnen doorluchten
- Zorg voor nachtelijke ventilatie (doorventileren tot het gewenste lage CO₂-concentratieniveau is bereikt), bijvoorbeeld met inbraakvrije ventilatievoorzieningen die ventilatie, ook buiten gebruikstijd, mogelijk maken

Gebruik

- Instrueer de gebruikers (therapeuten, docenten en sportinstructeurs) in het correcte gebruik van de ventilatievoorzieningen, bijvoorbeeld dat roosters open moeten staan en niet worden afgeplakt en dat airco's niet bijdragen aan verse luchttoevoer.
- Zorg dat sporters die intensief trainen op voldoende afstand van elkaar zijn geplaatst, liefst met directe afvoer boven intensief sportende personen.

Samenvatting	3
1 Inleiding	11
1.1 Aanleiding	11
1.2 Onderzoeksvragen	12
1.3 Uitvoering	12
2 Onderzoeksmethode	13
2.1 Aanpak op hoofdlijnen	13
2.2 Opnameprotocol en dataverwerking	14
3 Theoretische achtergrond	16
3.1 Typering ventilatiesystemen A t/m D	16
3.2 Ventilatievoud herleid uit CO ₂ -metingen (CO ₂ -decay methode)	16
3.3 Vergelijking ventilatievoud uit CO ₂ -metingen en balometingen	17
3.4 Dagelijks verloop van de CO ₂ -concentratie	17
4 Relevante kenmerken onderzochte gebouwen	19
4.1 Geografische ligging	19
4.2 Bouwjaar	20
4.3 Voorheen andere gebouwfunctie	20
4.4 vloeroppervlak, volume en vertrekhoogte	21
5 Relevante <i>technische</i> kenmerken ventilatiesystemen	22
5.1 Ventilatiesysteem en airco	22
5.2 Ventilatiedebiet	22
5.3 Ventilatievoud	23
5.4 Spuiventilatievoorzieningen	24
5.5 Positionering ventilatievoorzieningen	25
5.6 Regeling	26
5.7 Onderhoud (kanalen/roosters en inregeling)	27
6 Relevante kenmerken <i>gebruik</i> ventilatiesystemen	28
6.1 Fysiogym ruimtes	29
6.2 Reguliere fitness	29
6.3 Yoga/Pilates	29
6.4 Wijkcentra	30
6.5 Groepskleedruimtes van zwembaden	31
6.6 Waardering door gebruikers	31

7	Risico's voor/zwakke punten in de effectiviteit van ventilatiesystemen	33
8	Aanbevelingen	35
	Bijlage 1: Overzicht bouwkundige, ventilatietechnische kenmerken en gebruikersaantallen	37
	Bijlage 1a Ventilatievoud	40
	Bijlage 1b Bezettingsgraad	43
	Bijlage 1c Ruimtekenmerken, spui ventilatievoorzieningen en actieve koeling	44
	Bijlage 2a: Monitoren binnenklimaat en ventilatievoud herleiden via CO ₂ -decay methode	50
	Bijlage 2b CO ₂ -verloop als indicator voor gebruik van de ruimte en de ventilatiestrategie	53
	Bijlage 2c Toename van de CO ₂ -concentratie afhankelijk van de activiteit	56
	Bijlage 2d Typische gebruikspatronen, getraceerd op basis van CO ₂ -beelden	62
	Bijlage 2e Aantal aanwezige personen vergeleken met het maximum toelaatbaar aantal personen volgens de BBL ventilatie-eis	63
	Bijlage 3a Taxonomie technisch (TNO)	65
	Bijlage 3b: Standaard gebruikersvragenlijst	66
	Bijlage 3c: Karakterisering en comfort-eisen per gebouwcategorie	67
	Bijlage 3d Resultaten inventarisatie: waardering van ventilatievoorzieningen door gebruikers en risico's bij een pandemie	68
	Bijlage 4: Risico inventarisatie	86
	Bijlage 5: Positionering ventilatievoorzieningen zwembaden	101

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Het onderzoeksprogramma Pandemische Paraatheid en Ventilatie (P³Venti) van het ministerie van VWS is opgezet om toepasbare kennis op te bouwen over de rol van verspreiding door de lucht (aerogene route) van virussen en andere pathogenen, de effectiviteit van inzet van ventilatie als mitigatiemaatregel te vergroten en methoden en instrumenten te ontwikkelen om de overheid en maatschappelijke partners bij vaak complexe en gevoelige besluitvorming te ondersteunen. TNO is trekker van het onderzoeksprogramma P³Venti.

De sportsector is in de Coronapandemie zwaar getroffen. Het ministerie van VWS heeft samen met het programma P³Venti vastgesteld welk soort sportgebouwen maatschappelijk gezien urgent zijn om te betrekken in dit onderzoek naar pandemische paraatheid. Het betreft:

1. Medische fitness: ruimtes bij een aanbieder van paramedische zorg en/of als onderdeel van een grotere zorglocatie, niet zijnde een ziekenhuis, waar onder begeleiding van een paramedicus in kleine groepen, tot max 8 patiënten/cliënten, wordt geoefend (categorie M)
2. Reguliere (kleinere) fitnessruimte: ruimte voor gemeenschappelijke (in groepsverband) uitgevoerde lichaamsactiviteiten gericht op onder andere het verbeteren van de conditie en/of vetverbranding, waarbij eventueel gebruik wordt gemaakt van eenvoudige hulpmiddelen, met een maximale groepsgrootte van 15-20 personen, in sportscholen/fitnesscentra en wijkcentra (categorie F-Y-Yw)
3. Zwembaden voor zwemlessen: de scope beperkt zich tot het gebruik van kleedruimten, zowel individuele kleedhokjes als gezamenlijke kleedzalen ('kleedhokken') bij gemeentelijke zwembaden in de context van zwemlessen (categorie Z)

In het kader van het onderzoeksprogramma P³Venti is onderzoek gedaan naar verbetermogelijkheden van huidige ventilatievoorzieningen en het gebruik daarvan in deze maatschappelijke urgente sportgebouwen (MUS).

Daartoe heeft TNO een taxonomie (zie bijlage 1) en een bijbehorende vragenlijst (zie bijlage 2) opgesteld om de technische aspecten van de toegepaste ventilatiesystemen en het feitelijke gebruik daarvan door de gebouwgebruikers in kaart te brengen. Deze taxonomie en bijbehorende vragenlijst over het gebruik van ventilatiesystemen, zijn eerder gebruikt bij een onderzoek naar ventilatiesystemen in bestaande zorggebouwen¹.

Vanwege het diverse gebruik en vereiste klimaatcondities bij de sportbeoefening, zijn de drie soorten MUS-gebouwen verder onderverdeeld in vijf gebouwcategorieën waarbinnen een specifieke ruimte/vertrek is onderzocht, zie Tabel 1.

¹ Weersink, A.M.S. et al., Technische en gebruiksinventarisatie ventilatiesystemen in bestaande gebouwen voor langdurige zorg op basis van een taxonomie en vragenlijst, mei 2024

Tabel 1 Overzicht soorten MUS-gebouwen, gebouwcategorieën en soort vertrekken betrokken bij de inventarisaties

MUS-soort	Gebouwcategorie	Soort vertrek waar onderzoek heeft plaatsgevonden
Medische fitness	M-gebouw	Fysiotherapiepraktijken medische fitness (fysiogym)
Reguliere (kleinere) fitnessruimte	F-gebouw	Groeps (basis) fitnessruimtes (reguliere fitness)
	Y-gebouw	Yoga en pilatesruimtes -in yoga/meditatiestudio's -in fitnessgebouwen
	Yw-gebouw	Wijkgebouwen waarin yoga en Pilates lessen worden gegeven
Zwembaden voor zwemlessen	Z-gebouw	Kleedkamers (KK) in zwembaden waar groepszwemlessen worden verzorgd

1.2 Onderzoeksvragen

De inventarisatie in de gebouwen die in het onderzoek zijn betrokken dient antwoord te geven op drie relevante onderzoeksvragen:

1. Wat zijn de relevante kenmerken van ventilatiesystemen in MUS-gebouwen?
2. Wat zijn de risico's voor/zwakke punten met betrekking tot pandemische paraatheid in de effectiviteit van ventilatiesystemen, onderscheiden naar technische aspecten en bediening/gebruik van de systemen.
3. Welke aanbevelingen zijn met betrekking tot pandemische paraatheid te geven ter verbetering van de effectiviteit zowel technisch als vanuit het gebruik?

Dit rapport bevat de resultaten van de inventarisaties en analyses (hoofdstukken 5 en 6), waaruit zwakke plekken en risico's voor onvoldoende ventilatie volgen (hoofdstuk 7). Die zijn de basis voor aanbevelingen voor pandemische paraatheid met betrekking tot het risico op aerosole virusoverdracht, met betrekking tot het gebruik van ruimtes, installaties, het gebouw en de inrichting (hoofdstuk 8).

1.3 Uitvoering

Het onderzoek is uitgevoerd door het lectoraat Sustainable Building Technology van Saxion onder leiding van TNO. Bij de inventarisaties en interviews zijn in 2024 drie studentengroepen betrokken.

Betrokkenen:

Saxion Lectoraat SBT: C. Struck, A. Weersink en R. Meester

TNO: F. Koene

Studentengroep 1: B. Wassens, E. Mikkers, S. Fennema, P. Alfing,

T. Brinks, M. Kolk, V. Welmer, D. Grobbink

Studentengroep 2: T. van Rozen; B. ten Kate; N. Wichink Kruit;

B. Scholte Lubberink

Studentengroep 3: D. Chamoun, A. Ender, A. Nadirian, E. Lahdo

Taken:

Projectleiding, Inventarisaties fysiogymruimtes, fitnessruimtes, yogaruimtes, zwembaden, wijkcentra, Begeleiding studentengroepen Saxion, Eindrapportage

Supervisie, eindverantwoordelijke

Inventarisaties: Fysiogymruimtes en fitnessruimtes

Inventarisaties: Zwembaden en fitnessruimtes

Inventarisaties: Yogaruimtes en fitnessruimtes

2 Onderzoeksmethode

2.1 Aanpak op hoofdlijnen

Voor de vijf MUS-gebouwcategorieën M, F, Y, Yw en Z (hoofdstuk 1) zijn in totaal ruim 70 gebouwen geselecteerd in Oost-Nederland, in een actieradius van ca. 50 km rondom Saxion-Enschede. De opgave was fysiogym- en yoga/fitnessruimtes in vergelijkbare verhouding te onderzoeken en ca. 5-10 groepskleedruimtes van zwembaden. Aanvullend zijn enkele wijkcentra bezocht waar voor ouderen yoga/Pilatus werd gegeven. Het Mulier-instituut verwachtte daarbij op voorhand geen groot verschil in verschijningsvorm tussen de gebouwen in oost Nederland en Randstedelijk gebied, maar mogelijk wel in de gebruiksintensiteit. Daarmee is bij beantwoording van de onderzoeksvragen rekening gehouden.

Organisaties zijn telefonisch benaderd met het verzoek om deelname. Vooraf was geen preselectie gemaakt naar bouwjaar, type ventilatiesysteem, etc. Alle locaties zijn bezocht waar toestemming werd verleend om het gebouw te bezoeken en metingen te verrichten.

Voor de onderzochte MUS-gebouwen is op locatie in beeld gebracht welke ventilatievoorzieningen er zijn, hoe die zijn gebruikt en hoe instructeurs/therapeuten en gebruikers de ruimte benutten, aan de hand van:

- Een door TNO opgestelde **taxonomie over de technische karakteristieken** van het ventilatiesysteem zoals type ventilatie (zie Bijlage 3a)
- In een **Interview op locatie** met een therapeut of instructeur (soms tevens (mede-)eigenaar) is gevraagd naar het gebruik van de ruimte (wanneer, door hoeveel mensen) en de waardering van het aanwezige ventilatiesysteem, uitgedrukt in een cijfer van 1-10+ korte motivatie. Hiervoor is door TNO een standaard interviewvragenlijst opgezet, zie Bijlage 3b. Was een interview niet mogelijk, dan werd de vragenlijst opgestuurd of werd het interview telefonisch afgenomen. Niet altijd werden alle vragen beantwoord.
- Een **vooronderzoek/intake**: Via BAG-registratie is het bouwjaar achterhaald. Bij de telefonische intake is gevraagd hoe lang de organisatie op die locatie is gehuisvest, niet altijd is gevraagd naar de oorspronkelijke gebouwfunctie.
- Een **bouwkundige opname** van de vertrekken. Ruimteafmetingen en aantal, plaats en type ventilatieroosters en te openen ramen zijn vastgelegd en de locatie van cardio- en kracht toestellen.
- **Ventilatie-debietmetingen**. Met een balometer of luchtdebietmeter ('Flowfinder'), is in een aantal vertrekken het constante luchtvolumedebiet door de luchttoevoer- en luchtafvoeropeningen gemeten (m³/h). Voor de meetresultaten, zie Bijlage 1.

- **CO₂-metingen.**

In de praktijk zijn meting van de volumestroom met een balometingen niet altijd eenvoudig uitvoerbaar gebleken, bijvoorbeeld bij slechte bereikbaarheid van roosters of hoge ruimten), en dan biedt de CO₂-decaymethode² onder voorwaarden, zoals uniforme verdeling van de CO₂-concentratie in de ruimte, een bruikbaar alternatief om een indicatie te krijgen van het ventilatiedebiet³ Voor meer informatie, zie Bijlage 2a

De CO₂-concentraties zijn met 5 minuutinterval gedurende een aantal dagen tot een week gemonitord om

- een indicatie te verkrijgen van het ventilatiedebiet en
- een beeld te krijgen van het gebruik/ de bezetting van de ruimte

2.2 Opnameprotocol en dataverwerking

Er is een standaard protocol gehanteerd voor de inspectie van elk te inventariseren gebouw. Een primaire voorwaarde was de tijdsbelasting van personeel voor beantwoording van de vragen te beperken tot maximaal 15-20 minuten.

Vorbereiding

- Gebouwselectie, actieradius tot ca. 50 km van Saxion-Enschede
- Telefonische benadering organisaties met verzoek tot deelname aan onderzoek + afspraak inplannen
- Raadplegen BAG-registratie – bouwjaar, vloeroppervlak gebouw

Gebouwbezoek

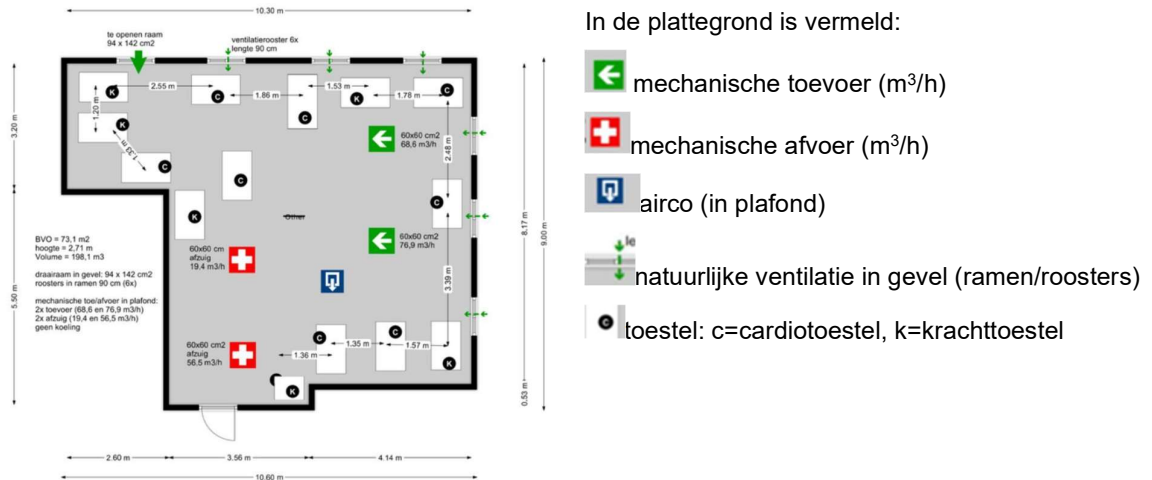
- Inleidend gesprek met eigenaar/manager pand/bedrijf of therapeut
- Gebruik “Technische taxonomie” gebouw en technische systemen (TNO), zie Bijlage 3a.
 - a. Inmeten van vertrek (LxBxH) + posities fitness apparaten voor cardio / kracht + onderlinge afstand apparaten
 - b. Inventariseren soort ventilatievoorziening (systeemtype A t/m D), afmetingen en positie ventilatievoorzieningen natuurlijke / mechanische ventilatie
 - c. Indien aanwezig (bijv. bij zwembaden): interview met verantwoordelijke installaties.
- Gebruik interviewvragenlijst “Gebruik ruimte en ventilatiesystemen” (TNO), zie Bijlage 3b.
 - a. Interviewen therapeut/begeleider, of vragenlijsten nasturen/telefonisch afnemen.
- CO₂-concentraties monitoren in de ruimte gedurende een week (AirTeq binnenluchtkwaliteits-monitor), meetinterval 5 minuten.
- Meten van het luchttoevoer- en luchtafvoerdebiet met een balometer ('Flowfinder')

Dataverwerking

De bouwkundige gegevens, inrichting, en locatie van de toe/afvoervoorzieningen zijn op plattegronden weergegeven, geïllustreerd in Figuur 1.

² De CO₂-buildup methode die werd toegepast bij het onderzoek P3Venti - gezondheidszorggebouwen is voor MUS-gebouwen niet bruikbaar vanwege de sterk variërende CO₂-producties bij uiteenlopende sportactiviteiten (zie Bijlage 2b).

³ Weersink A.M.S., Koene F.G.H., Struck C., Chamoun D., Ender, Lahdo E., Nadirian, A. (2025) CO₂-metingen bruikbaar alternatief voor luchtdebietmetingen?, NVBV BouwFysica 2025/3 (publicatie verwacht najaar 2025)



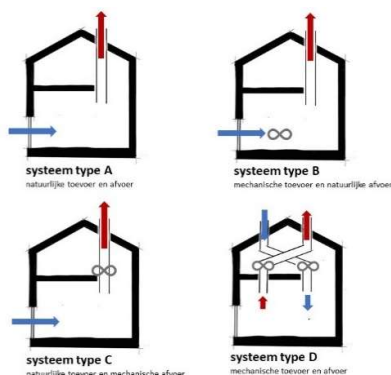
Figuur 1: Voorbeeld plattegrond met maatvoering, inrichting toestellen en locatie van ventilatievoorzieningen

AVG

Alle gebouwen zijn niet herleidbaar genummerd in de onderzoeksrapportage(s). Gegevens van de geïnterviewde personen zijn niet genoteerd en eventuele gezichten op beeldmateriaal zijn onherkenbaar gemaakt.

3 Theoretische achtergrond

3.1 Typering ventilatiesystemen A t/m D



Figuur 2: Indeling in ventilatiesystemen (tekening: R.Schneider)

Ventilatiesystemen zijn in de bouwregelgeving in vier systeemtypen ingedeeld (Figuur 2):

- Systeem A: natuurlijke ventilatie met natuurlijke luchttoevoer- en luchtafvoer,
- Systeem B: systemen met mechanische toevoer en natuurlijke afvoer,
- Systeem C: natuurlijke toevoer en mechanische afvoer,
- Systeem D: met mechanische toe- en afvoer. Deze kan al dan niet met warmteterugwinning zijn gecombineerd. De ventilatiehoeveelheden zijn eventueel te sturen op basis van temperatuur, CO₂-en relatieve luchtvochtigheid.

3.2 Ventilatievoud herleid uit CO₂-metingen (CO₂-decay methode)

De CO₂ -productie van een mens hangt naast leeftijd, geslacht en gewicht sterk af van het activiteitsniveau, uitgedrukt in MET. In het eerder genoemde onderzoek naar ventilatiesystemen in de langdurige zorg is het ventilatievoud bepaald uit CO₂-metingen en een inschatting van het activiteitsniveau van de bewoners.

Echter, omdat het activiteitsniveau en dus de CO₂ -productie van personen in sportgebouwen veel sterker varieert, is in dit onderzoek de 'CO₂ decay' methode gebruikt. Hierbij wordt het ventilatievoud bepaald uit de afname van CO₂ -concentratie bij afwezigheid van personen.

De CO₂-concentratie is in een groot deel van de gebouwen gedurende een week gemonitord met een meetinterval van 5 minuten. Uit het verloop van de afname van de CO₂-concentratie in periodes zonder CO₂-productie, kan onder voorwaarden¹ zoals een uniforme verdeling van de CO₂-concentratie in de ruimte (dus ideale menging van de binnenkomende lucht en de lucht in de ruimte), het ventilatievoud worden berekend (zie ook Bijlage 2b).

Hiervoor geldt de volgende formule:^{4,5}

$$n = - \frac{1}{\Delta t} * \ln \left(\frac{P_i - P_{in}}{P_o - P_{in}} \right) \quad (\text{Vergelijking 1})$$

Waarin:

P_i de CO₂-concentratie aan het eind van de beschouwde periode (ppm)

P_{in} de CO₂-concentratie buiten (ppm)

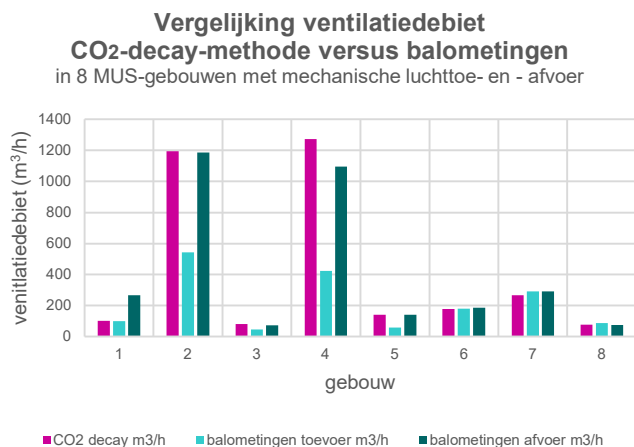
⁴ Batterman, S. (2017). Review and Extension of CO₂-Based Methods to Determine Ventilation Rates with Application to School Classrooms. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(2), 145. <https://doi.org/10.3390/ijerph14020145>

⁵ Laussmann, D., & Helm, D. (2011). Air Change Measurements Using Tracer Gases: Methods and Results. Significance of air change for indoor air quality. InTech. doi: 10.5772/18600

- P_0 de CO_2 -concentratie bij aanvang van de beschouwde periode (op $t=0$) (ppm)
- n het ventilatievoud van een ruimte (ook afgekort als ACH) (aantal keren per uur)
- Δt het tijdsbestek waarover de CO_2 -afname is beoordeeld (uur).

3.3 Vergelijking ventilatievoud uit CO_2 -metingen en balometingen

Omdat aan de voorwaarde van ideale menging vrijwel nooit wordt voldaan, is de vraag in hoeverre de CO_2 -decay methode een realistische indicatie geeft van het ventilatiedebiet. Daartoe is in een aanpalend onderzoek van Chamoun e.a. het ventilatiedebiet volgens de CO_2 -decay-methode in 8 MUS-gebouwen met gebalanceerde ventilatie vergeleken met het ventilatiedebiet bepaald met de luchtdebietmeter. Figuur 3 toont de vergelijking tussen beide methoden. Het blijkt dat het debiet volgens de CO_2 -decay-methode in de meeste gevallen redelijk tot goed overeenkomt met de balometing van het afvoerdebiet.



Figuur 3: Resultaten praktijkgericht onderzoek D. Chamoun, A. Ender, E. Lahdo E., A. Nadirian (2025) (zie¹).

3.4 Dagelijks verloop van de CO_2 -concentratie

Het dagelijks verloop van de CO_2 -concentratie is gebruikt om een indicatie te krijgen over de aan/afwezigheid van (sportende) mensen in de ruimte. De snelheid van de toe- en afname van de CO_2 -concentratie in een ruimte wordt door vele factoren, o.a. door:

1. De CO_2 -productie, die o.a. afhankelijk is van het aantal mensen in de ruimte, hun activiteitsniveaus, leeftijd/geslacht/gewicht. Een hogere CO_2 -productie leidt tot snellere toename van de CO_2 -concentratie. Stopt de CO_2 -productie enig moment, dan neemt de CO_2 -concentratie sneller af, naarmate de CO_2 -concentratie in de ruimte hoger is.
2. Het aantal luchtwisselingen per uur (een hoger ventilatievoud betekent: langzamere toename, snellere afname van de CO_2 -concentratie)
3. Afmetingen van de ruimte (volume) (groter volume betekent: vertraging in de CO_2 -toename, en vertraging in de CO_2 -afname). Een binnendeur die open staat (en daarmee het effectieve volume vergroot) kan hierdoor effect hebben op het verloop van de CO_2 -concentratie in de ruimte.
4. CO_2 -achtergrondconcentratie, waardoor er meer CO_2 met de ventilatielucht de ruimte binnenkomt (hogere CO_2 -achtergrondconcentratie betekent: snellere toename, langzamere afname)

5. Hoe de verse lucht de ruimte doorspoelt en vervuilde lucht wordt afgezogen (o.a. invloed van plaats, type en aantal ventilatieroosters, open ramen). Daar waar de buitenlucht de ruimte goed doorspoelt, neemt de CO₂-concentratie sneller af en of neemt langzamer toe.

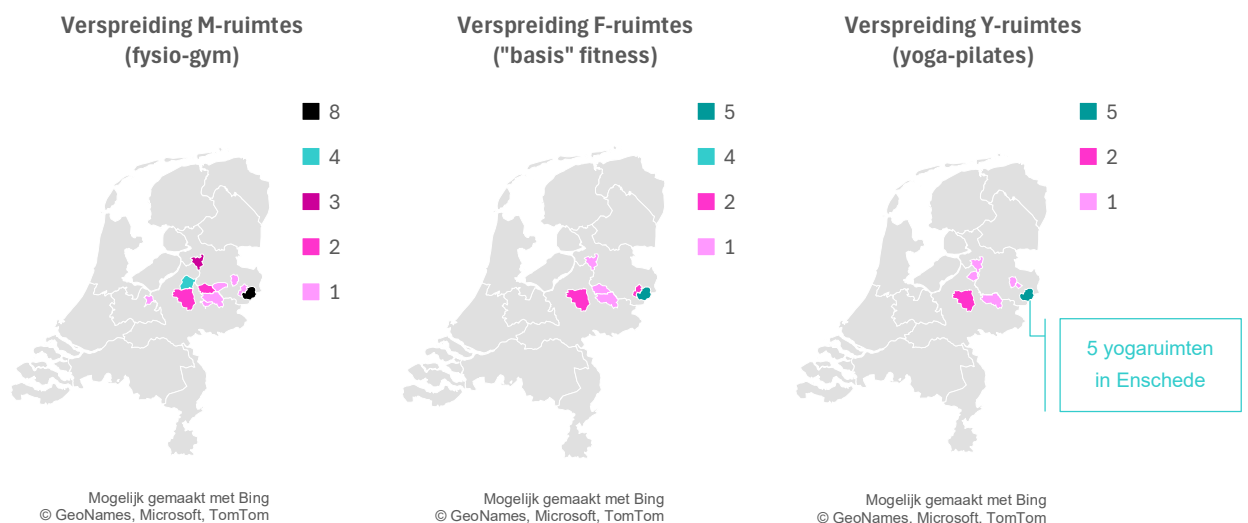
In Bijlage 2b is aan de hand van een praktijkvoorbeeld toegelicht hoe het verloop van de CO₂-concentratie een beeld kan geven van het aanwezig zijn van mensen.

4 Relevante kenmerken onderzochte gebouwen

4.1 Geografische ligging

In totaal zijn voor de 5 categorieën MUS-gebouwen ruim 70 gebouwen geïnventariseerd die hoofdzakelijk in oost-Nederland zijn gelegen (Figuur 4). Omdat het aantal gebouwen per bouwcategorie beperkt is, levert dit niet noodzakelijkerwijs een representatief beeld op per categorie.

Echter, het Mulier-instituut verwachtte op voorhand geen groot verschil in verschijningsvorm tussen de gebouwen in oost Nederland en Randstedelijk gebied, maar mogelijk wel in de gebruikintensiteit. Daarmee is bij beantwoording van de onderzoeksvragen rekening gehouden.



Figuur 4 a,b,c Aantallen betrokken MUS-gebouwen in verschillende gemeentes uit oost Nederland voor de drie omvangrijkste MUS-gebouwcategorieën:

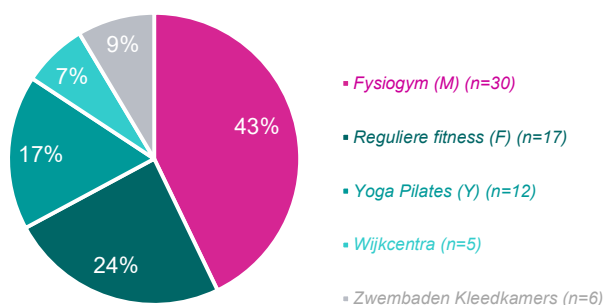
- *fysio-gym, medische fitness gebouwen (M)*
- *fitness, algemene fitness gebouwen (F)*
- *yoga-pilates (als onderdeel van de categorie fitness gebouwen) (Y)*

De wijkcentra liggen in Apeldoorn en omstreken. Drie zwembaden liggen in Enschede en 3 zwembaden in Apeldoorn e.o..

Het inventariserende onderzoek in de gebouwen heeft geen betrekking op de volledige gebouwen, maar beperkt zich tot specifiek onderzochte ruimtes in de M-, F-, Y-, Yw-gebouwen waar wordt gesport en de groepskleedruimtes in Z-gebouwen.

Van 70 MUS gebouwen zijn de resultaten bruikbaar voor dit onderzoek. Figuur 5 toont de verdeling van de gebouwen in vijf categorieën.

Verdeling soort gebouwen en vertrekken in MUS-onderzoek



ë

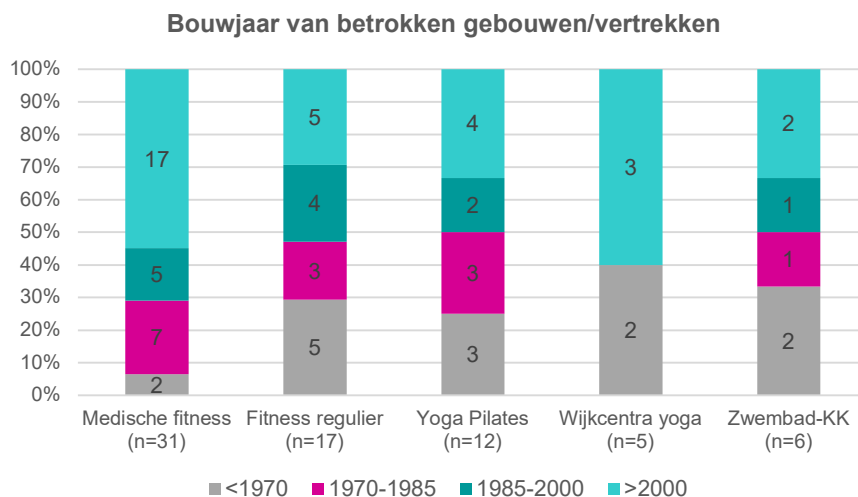
Figuur 5 Verdeling soorten MUS-gebouwen in het onderzoek (n=70)

Roze: medische fitness, Groen: reguliere soorten fitnessruimte, Grijs: zwembaden

4.2 Bouwjaar

Bouwjaren van de geselecteerde gebouwen zijn in ingedeeld in perioden voor 1970, tussen 1970 en 1985, 1985 tot 2000 (redelijk geïsoleerd), na 2000 (meer aandacht voor energie-efficiënte installaties).

Bij medische fitness (M) is 50% van de gebouwen van na 2000, dus relatief nieuw. Bij fitness, yoga/pilates en zwembaden zijn de gebouwen redelijk gelijk verdeeld binnen deze categorieën bouwjaren (Figuur 6)



Figuur 6 Bouwjaar van de gebouwen/ruimtes die in het MUS-onderzoek zijn betrokken, verdeeld in categorieën

4.3 Voorheen andere gebouwfunctie

Opmerkelijk vaak zijn de categorieën M, F maar vooral Y gehuisvest in gebouwen die oorspronkelijk een andere functie hadden. Categorie M werd vaak aangetroffen in voormalige kantoorpanden. De categorie F werd o.a. aangetroffen in voormalige bedrijfshallen, gymzaal, woonboulevard en voormalige kerk. Geen

van de Y-gebouwen bleek initieel te zijn gebouwd als yogastudio, voormalige functies waren zeer uiteenlopend, van kantoor, school, ziekenhuis, winkel tot bedrijfshal.

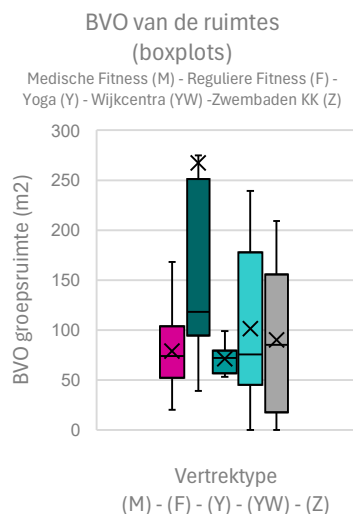
De zwembaden waren daarentegen allemaal van origine gebouwd als zwembad.

4.4 Vloeroppervlak, volume en vertrekhoogte

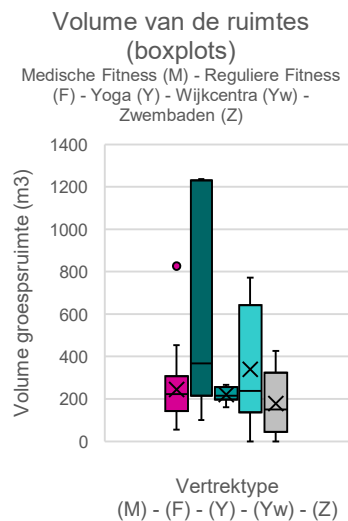
De vertrekken variëren sterk qua grootte. De fysiogymruimtes (M) hebben een vloeroppervlak van gemiddeld 50-100 m², afhankelijk van de praktijkgrootte, en yoga/pilatesruimtes variëren van 55-70 m². Fitnessruimtes en de ruimtes in buurtcentra variëren van 100-250 m². Ouderenyoga wordt vaak in kleinere ruimtes van buurtcentra gegeven, maar ook in (feest) zalen.

Kleedruimtes van zwembaden zijn vaak afgestemd op bezetting van minimaal een halve (basis)schoolklas. De grote variatie bij kleedkamers in zwembaden komt door afzonderlijke kleinere groepskleedkamers en grotere verzamelruimtes waarin meerdere groepskleedkamers zijn ingebouwd met separatiewanden.

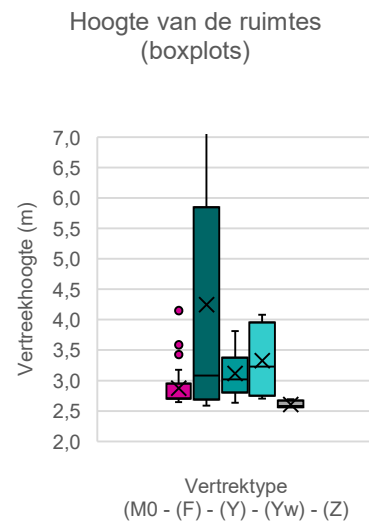
De bezochte fysiogymruimtes en yoga/Pilatesruimtes waren meestal 2,5 – 3,5 m hoog. De fitnessruimtes zijn soms in hoge hallen (bijvoorbeeld oude bedrijfshal, kerk, etc.). In de buurtcentra zijn hogere ruimtes aangetroffen, maar ook ruimtes met “kantoorhoogtes”. De verschillen in oppervlaktes (Figuur 7) en hoogtes (Figuur 9) zorgen voor sterk variërende gebouwvolumes (Figuur 8) tussen de bouwcategorieën.



Figuur 7 Boxplots Bruto Vloer Oppervlakte (vloeroppervlak in m²) van de geïnventariseerde ruimtes in alle bouwcategorieën



Figuur 8 Boxplots Volume (V in m³) van de geïnventariseerde ruimtes in alle bouwcategorieën

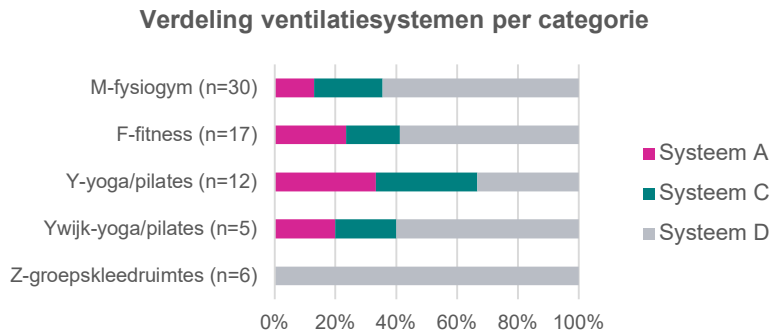


Figuur 9 Boxplots Vertrekhoogte (H in m) van de geïnventariseerde ruimtes in alle bouwcategorieën

5 Relevante *technische* kenmerken ventilatiesystemen

5.1 Ventilatiesysteem en airco

In de onderzochte MUS-gebouwen zijn alleen ventilatiesystemen A, C en D aangetroffen. In Figuur 10 is de verdeling van ventilatiesystemen naar vertrek/gebouwcategorie weergegeven.

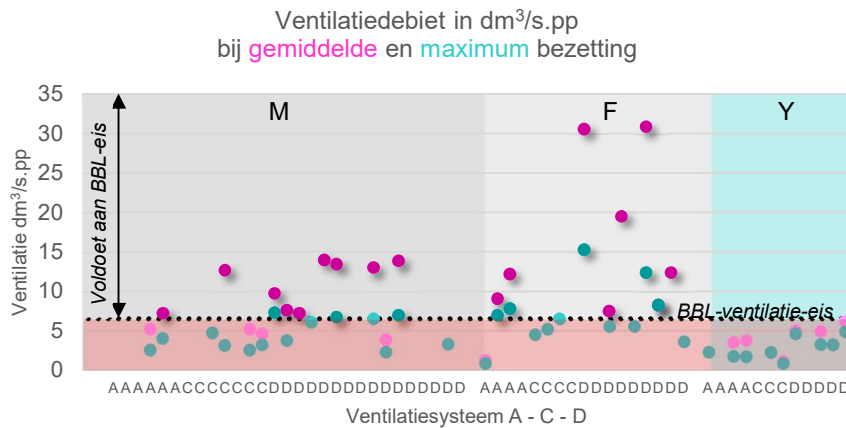


Figuur 10: Aanwezige ventilatiesystemen per categorie, uitgedrukt in percentages per vertrek/gebouwcategorie

- 65% van M (fysiogym) heeft systeem D, 22% heeft systeem C en 13% heeft systeem A. Van alle gebouwen heeft 50% een airco.
- 58% van F (fitness) heeft systeem D, 22% heeft systeem A, en 20% heeft systeem C. Hiervan heeft de helft een airco.
- 33% van Y (yoga-pilates) heeft systeem A, 33% systeem C en 33% systeem D. hiervan heeft bijna de helft een airco.
- Alle groepskleedruimtes van zwembaden hebben systeem D. Wel zijn er verschillen waar de lucht wordt toegevoerd en afgevoerd. Er zijn twee zwembaden met alleen mechanische toevoer in het kleedhok en afvoer verderop bij het zwembad/douches. De overige groepskleedruimtes hebben toe- en afvoer in de kleedkamers. Airco komt bij categorie Z niet voor.
- Er zijn maar weinig wijkgebouwen (Yw) geselecteerd. Daarvan hebben 3 gebouwen systeem D, 1 gebouw systeem C en 1 gebouw systeem A.
- Er zijn geen zwembaden met natuurlijke ventilatie en/of koeling in de groepskleedkamers.

5.2 Ventilatie-debiet

In vrijwel alle gebouwen is het ventilatie-debiet bepaald met de CO₂-decay methode en/of met balomeringen. Hiermee is het debiet *per persoon* berekend op basis van het aantal gerapporteerde aanwezige personen. Dit getal is in Figuur 11 vergeleken met de eis volgens BBL van minimaal 6.5 dm³/s pp bij gemiddelde (roze datapunten) en maximale bezetting (groene datapunten).



Figuur 11: Gemeten ventilatiedebiet in dm^3/s per persoon, ontleend aan balometingen en CO_2 -decay methode in M-, F- en Y-gebouwen, bezetting: opgave organisaties. Donkere datapunten voldoen aan de BBL eis van $6,5 \text{ dm}^3/\text{s pp}$.

Roze: Ventilatie-debiet bij gemiddelde bezetting

Groen: Ventilatie-debiet bij maximum bezetting

Uit Figuur 11 blijkt dat het ventilatiedebiet:

- in fysiogymruimtes (M-ruimten) bij maximum bezetting vaak niet voldoet, maar bij gemiddelde bezetting wel,
- in fitnessruimtes (F) bij gemiddelde bezetting wel voldoet, maar bij maximum bezetting in ca. 40% van de beoordeelde gevallen punten niet voldoet,
- in yogaruimtes in geen van de beoordeelde ruimten voldoetaan de minimum BBL-ventilatie-eis van minimaal $6,5 \text{ dm}^3/\text{s}$ per persoon.

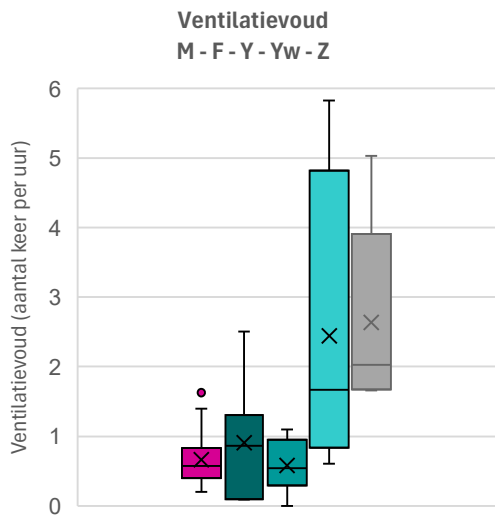
De groepskleedkamers van zwembaden voldeden, op één enkele geval na, bij gemiddelde bezetting aan de BBL-grenswaarde $6,5 \text{ dm}^3/\text{s.pp}$. Het gebouw dat daar niet aan voldeed (Z2, zie Bijlage 1) week beperkt af.

Bij de maximum bezetting bleken 4 van de 6 kleedkamers de BBL-grenswaarde te overschrijden.

Een andere manier van beoordeling van het ventilatiedebiet is het vergelijken van het aantal gerapporteerde aanwezige personen met het maximum toelaatbaar aantal personen volgens de bouwregelgeving, gegeven het ventilatiedebiet. Zie hiervoor Bijlage 2e.

5.3 Ventilatievoud

Voor de MUS-gebouwen is het ventilatievoud bepaald uit de debietmetingen of via de CO_2 -decay methode (zie par 3.2). De aangetroffen spreiding van de ventilatievouden in de gebouwen is weergegeven in Figuur 12 en meer in detail in Bijlage 1a. Het ventilatievoud hangt af van het ventilatiedebiet en het volume van de ruimte. Hoe groter de ruimte bij gegeven ventilatiedebiet, des te lager het ventilatievoud.



Figuur 12 Spreiding ventilatievoud in de 5 categorieën M-F-Y-Yw en Z

Ter duiding: een typisch M- of Y- gebouw met een oppervlak van typisch 75 m² en een hoogte van 2,8 meter heeft met een bezetting van 10 personen en een debiet volgens, BBL van 6,5 dm³/s.pp, een ventilatievoud van ca 1 per uur⁶.

Hoewel het ventilatievoud bij categorie F ruimten gemiddeld ca. 1x per uur bedraagt, zijn er ook F-gebouwen met een aanzienlijk lager ventilatievoud. Dat bleken vaak ruimten te betreffen met een groot volume en natuurlijke ventilatie, zoals voormalige bedrijfshallen of een kerk.

Dat sommige wijkgebouwen (Yw) een hoog ventilatievoud hadden (>>1), is te verklaren omdat de beoordeelde -multifunctionele – ruimtes oorspronkelijk ook voor veel grotere groepen waren bedoeld.

Bij sommige gebouwen met natuurlijke ventilatie, zoals voormalige bedrijfshallen, bleek de hoeveelheid verse luchttoevoer (m³/h), bepaald via de CO₂-decay methode te voldoen aan BBL-ventilatie-eis. Daaruit is afgeleid dat bij deze gebouwen infiltratie en geopende toegangsdeuren significant bijdragen aan de verse luchtbehoefte. Door het grote volume van deze vaak hoge ruimten was het ventilatievoud laag (typisch 0,07-0,11 per uur).

5.4 Spuiventilatievoorzieningen

In bijna alle gebouwen waren te openen ramen aanwezig, maar die werden niet overal gebruikt voor verse luchttoevoer. In de M-gebouwen (fysiogym) waren in 87% van de ruimtes ramen die open kunnen. Bij de F-gebouwen (reguliere fitness) gold dat voor 83% van de ruimtes en in de Y-gebouwen (yoga-pilates) voor 97%. De vertrekken zonder open raam waren in gebouwen met balansventilatie. Het openen van ramen leverde in het stookseizoen, en met name in de winter, regelmatig een probleem op t.a.v. tocht en kou. Dit bleek in het bijzonder van toepassing op activiteiten waar cliënten weinig bewegen, zoals meditatieve yoga.

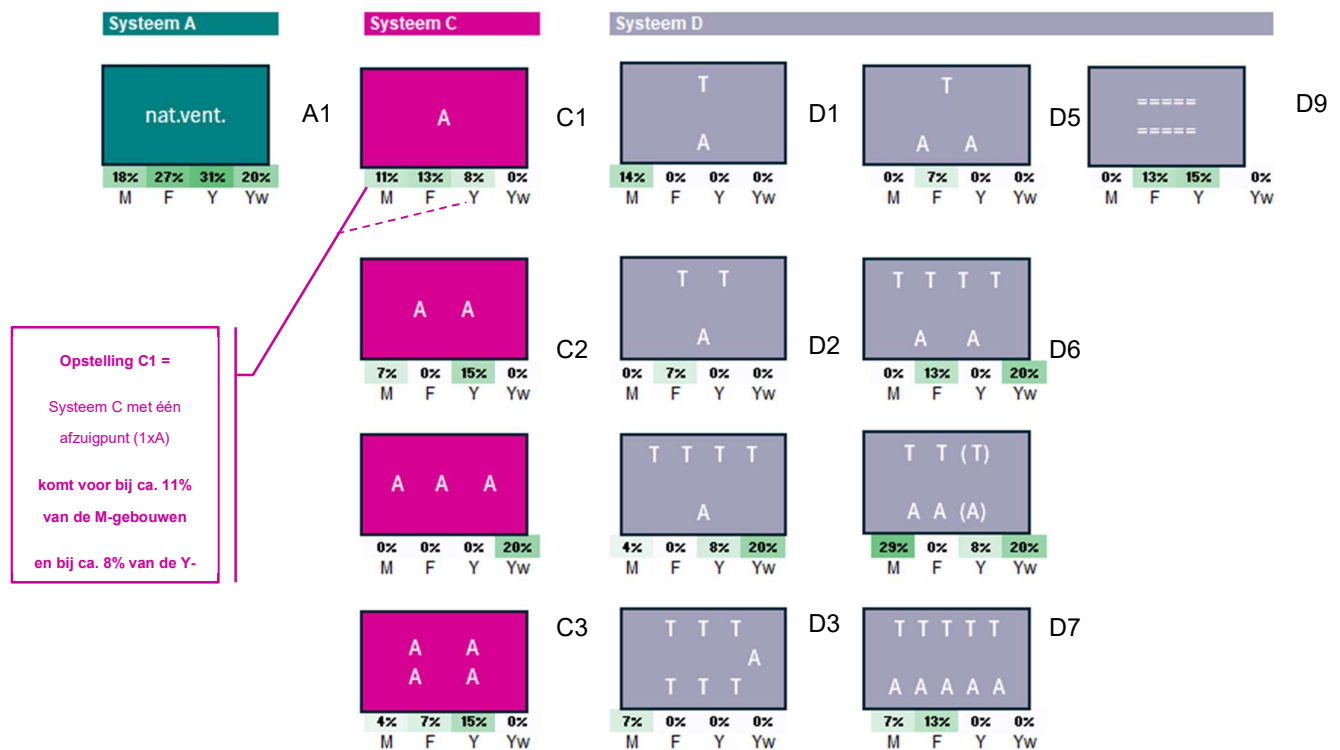
In de bezochte groepskleedkamers van zwembaden zijn geen te openen ramen aangetroffen.

⁶ 10p x 6,5 dm³/s pp x 3,6 / (75 x 2,8) = 1,1 per uur

5.5 Positionering ventilatievoorzieningen

De aangetroffen mechanische luchttoevoer- en luchtafvoerornamenten in de gebouwen waren grotendeels ventilatieventielen of roosters in het plafondvlak. Slechts in enkele gebouwen zijn luchtkanalen met ingebouwde roosters of airsocks aangetroffen.

De positie en aantallen luchttoevoer en luchtafvoer-ornamenten in het plafond zijn geschematiseerd weergegeven in Figuur 13 (A=afvoervoorziening en T=toevoervoorziening in het (verlaagde) plafondvlak).



Figuur 13 Roosterconfiguraties: verdeling van de posities toevoer- en Afvoerornamenten in de categorieën M-F-Y-Yw

T=toevoer (ventiel of rooster), A = afvoer (ventiel of rooster).

Donkergroen=systeem A (verdeling A1), Roze=systeem C (verdeling C1 t/m C4), Grijs = systeem D (verdeling D1 t/m D9)

Vermelde percentages in een groen kader geven aan: in hoeveel procent de typering van toe/afvoerpunten binnen één van de gebouwcategorieën voorkomt. (D9=luchtzak of lang kanaal met veel luchttoevoeropeningen)

Bij categorie M kwamen vaak weinig ventilatieventielen/roosters voor (1x toevoer 1x afvoer), wel relatief vaak (29%) type D7 met 2 à 3x toevoer en idem afvoer.

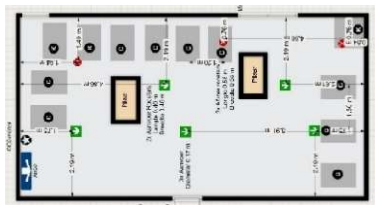
Bij F kwamen vaak meerdere toe/afvoerpunten voor (D6, D8, D9). Meest voorkomende configuratie van roosters bij Y had weinig toevoerpunten. In de vertrekken van wijkcentra is de populatie te klein om een oordeel te geven over veel voorkomende opstellingen.

Bij systeem D bleek de combinatie van veel toevoerpunten in het plafond en veel afvoerpunten preferent te zijn tezamen met de combinatie veel toevoerpunten en weinig afvoerpunten.

Bij systeem C kwam er geen overtuigende preferentie naar voren voor aantal afzuigpunten.

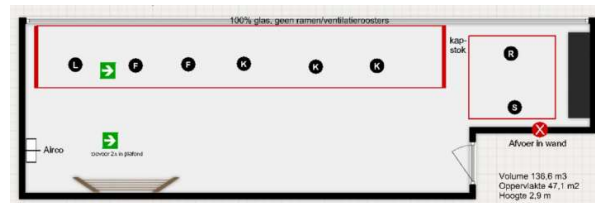
Cardiofitness

Apparaten voor Cardiofitness staan in fitnessruimtes en bij fysiogymruimtes vaak in een rij naast elkaar (zoals geïllustreerd in Figuur 14). Dit kan relevant zijn vanuit het oogpunt van pandemisch risico, als uitgedemde lucht van mensen niet dicht bij de bron maar centraal in het plafondvlak wordt afgezogen. Inblaaspunten boven de bron kunnen zorgen voor verspreiding ademlucht van mensen door de ruimte. Hoe risicovol dit is voor pandemische situaties valt buiten de scope van de inventarisatie.



Figuur 14

a) 3 Afvoerpunten (x) nabij de bronnen waar Cardio-oefeningen worden uitgevoerd (M10) (opstelling D6)



b) Geen afvoer nabij de bronnen waar Cardio-oefeningen worden uitgevoerd (M1) (opstelling D2)

Groepskleedkamers van zwembaden

De zes onderzochte zwembaden hadden in 3 gevallen een configuratie met meerdere toe- en afvoerroosters, in één geval een centrale toevoer (met meerdere afvoerpunten) en in twee gevallen een centrale afvoer (met meerdere toevoerroosters). De ventilatieconfiguraties zijn in op plattegronden weergegeven in Bijlage 5.

De groepskleedruimtes van de zwembaden zijn te onderscheiden in

- afzonderlijke groepskleedkamers, die onder en boven dicht zijn
- grote ruimtes, onderverdeeld in groepskleedkamers samengesteld uit separatiewanden. Die separatiewanden kunnen van onder en/of boven open zijn of doorgetrokken tot aan het (systeem)plafond of vloer.

Voor de luchtafvoer zijn er drie configuraties aangetroffen:

Centrale afvoer buiten de kleedkamers – meestal bij doucheruimtes zwembad (Z1, Z2, Z6 in

1. Tabel 4)
2. Afvoer in de kleedkamers (Z4, Z5)
3. Combinatie van 1 en 2 deels afvoer kleedkamers en overmaat afvoer via zwembad / doucheruimtes (Z3)

De ventilatietoeverroosters hebben vaak de lucht-uitblaas langs het plafondvlak om tochtklachten van de natte zwimmers te voorkomen. De vraag is onbeantwoord hoe goed de toegevoerde lucht de kleedkamers doorspoelt bij de gebruikte inblaasornamenten.

5.6 Regeling

Mechanische ventilatie in de M-, F- en Y-ruimtes was bijna altijd handbediend. Vaak bevond de schakelknop zich in de ruimte zelf, soms daarbuiten. (Automatische) CO₂-sturing komt incidenteel voor.

Soms was de ventilatie via een digitaal kastje instelbaar. Dat vonden therapeuten en instructeurs vaak complex, en wisten niet zeker of ze het kastje goed hadden ingesteld om voldoende ventilatie te krijgen. Meestal bleek één van de therapeuten te zijn aangewezen voor technische zaken.

Disbalans tussen toe- en afvoer is enkele malen geconstateerd bij de balometingen, in situaties waar balans in toe- en afvoer werd verwacht. Bij kleedkamers van zwembaden is onderdruk in de kleedkamers vaak wel een uitgangspunt.

5.7 Onderhoud (kanalen/roosters en inregeling)

De M-, F- en Y-gebouwen waren vaak gehuurde panden zonder facilitaire dienst voor technische zaken. In geval van nood belt men de eigenaar of een installateur. Volgens opgave werden systemen jaarlijks onderhouden.

6 Relevante kenmerken *gebruik* ventilatiesystemen

De relevante kenmerken t.a.v. het gebruik zijn de volgende.

1. Welke activiteiten worden uitgevoerd, hoe intensief wordt gesport (een persoon die actief sport heeft meer behoefte aan afkoeling), in combinatie met het aantal mensen dat tegelijkertijd sport gedurende de dag/week (hoe meer mensen sporten, hoe groter de ventilatiebehoefte in de ruimte in m^3/h).
2. Wanneer de sportactiviteiten worden uitgevoerd gedurende de dag/week (tijdgebonden)
3. Hoe intensief en hoe lang wordt geventileerd tussen verschillende activiteiten (ventilatiepauze)
4. Comfort/Beleving (te warm, te koud, ervaren tocht, verstoring door geluid) door cliënt en personeel, als reden om ventilatievoorzieningen, zoals te openen ramen, wel/niet te gebruiken en/of airco in te zetten die invloed heeft op de luchtcirculatie in de ruimte, ramen te sluiten voor geluid van buiten naar binnen of vice versa en geluid van de (ventilatie)installatie. Het gebruik en comfort-eisen bij het beoogde gebruik zijn samengevat in Tabel 9 in Bijlage 3c.

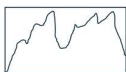
Het gebruik van de ruimte in de tijd is herleid uit het verloop van de CO_2 -concentraties. De activiteiten bij de verschillende categorieën MUS-gebouwen zorgden voor typische CO_2 -patronen. De volgende kenmerkende patronen zijn daarbij onderscheiden (schematische weergave):



[1] Continu oefeningen doen, individueel, of met een groepje, soms met een pauze of een rustiger periode en wat piektijden. Komt veel voor bij M-gebouwen en drukbezochte F-gebouwen met geen extreme activiteit, zoals spinning. CO_2 -concentratie maakt op- en neergaande bewegingen gedurende een dag, niet volgens een vast patroon.



[2] Beperkte activiteit, maar pieken op momenten (verhoogde activiteit). Dit komt veel voor bij M, F en Y gebouwen, waarbij specifieke oefeningen worden gedaan met hoge activiteit, bijvoorbeeld fietsen. Vanwege komen en gaan van groepen, is dit patroon ook herkenbaar voor Z.



[3] Activiteiten duren niet extreem lang, maar volgen elkaar kort achter elkaar op, zonder lange ventilatiepauze (opeenvolgende groepslessen, bijvoorbeeld). Komt vooral bij groepslessen voor met hogere activiteit, die kort achter elkaar gepland staan met beperkte tijd voor spuien. Dit zorgt les na les voor toename van concentraties uitgedemde stoffen, zoals CO_2 .



[4] Continu activiteit, afgewisseld met piekmomenten waarbij daarna een sterke daling van de CO_2 -piek door ventilatie. Komt bij alle gebouwen voor, waar incidenteel sterkere activiteit is door specifieke oefeningen.



[5] Zeer weinig ventilatie tussen activiteiten, waardoor bij een volgende les, lang daarna, de CO_2 -concentratie niet is gereset (terug naar de CO_2 -concentratie van buiten). Dit is het beeld van gebouwen waarbij de ventilatie onvoldoende is tijdens of na de gebruiksperiode (bijvoorbeeld als nachtventilatie ontbreekt).

In bijlage 2c staan bij deze typische gebruikspatronen de werkelijke CO_2 -beelden van gebouwen uit dit onderzoek.

Bovengenoemde 4 aspecten worden in de volgende paragrafen per MUS-categorie besproken.

6.1 Fysiogym ruimtes

- *Welke activiteit.* In fysiogymruimtes doet de therapeut oefeningen voor, de cliënt voert ze uit of cliënten doen hun oefeningen individueel of in een groepje. De cliënten zijn meer of minder intensief bezig, vaak op apparaten in de gym. De activiteiten van de therapeut zijn beperkt. Er zijn activiteiten/oefeningen met een hoge intensiteit (cardio / kracht) en beperktere inspanning.
- *Bezetting.* Bij 1:1 instructies is het aantal mensen de fysiogymruimte (gemiddeld vloeroppervlak 75 m²) vaak beperkt tot ca. 5, maar bij groepstrainingen is de gelijktijdige bezetting hoger, tot ca. 10 à 15 op de apparaten voor cardio- en krachtoefeningen die vaak in een rij naast elkaar zijn opgesteld, met vaak tussenruimtes van 1 à 2 meter.
- *Wanneer.* Bij de meeste fysiogymruimtes gaat het alle werkdagen, een enkele avond en soms een ochtend in het weekend af en aan gaat met cliënten/therapeuten. Begin van de middag is het vaak iets rustiger.
- *Ventilatie voor, tijdens en na activiteiten.* Tijdens activiteiten wordt geventileerd, vaak met ramen open. In de periode tussen cliëntenbezoeken daalt de CO₂-concentratie door luchtverversing, maar bij druk bezochte praktijken en na intensieve trainingen blijven de CO₂-concentraties hoger, ook na korte pauzes voor lunch/avondeten en soms zelfs nog na een hele nacht als de ventilatie wordt uitgeschakeld. Regelmatig staat de deur naar de gang open.
- *Invloed van thermisch comfort op ventilatie.* De sportende cliënten hebben het snel te warm, reden om de temperatuur niet te hoog te laten zijn, ramen te openen en/of airco aan. De therapeut heeft het snel te koud en zou in de winter ramen eerder willen sluiten. Airco aan geeft als risico dat ramen worden gesloten en er minder ventilatie komt, wat bij systemen met natuurlijke toevoer een risico oplevert voor verse luchttoevoer.

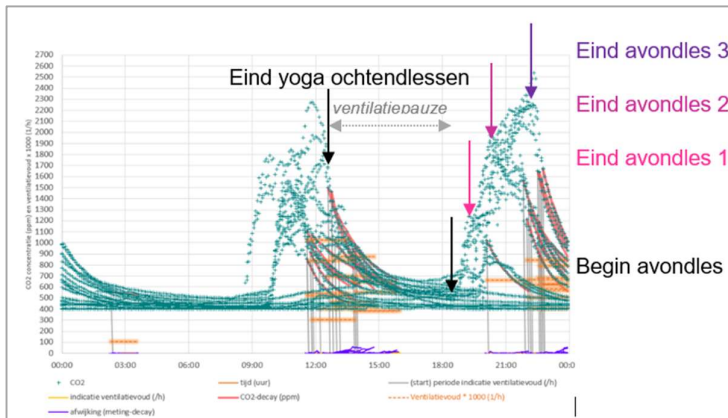
6.2 Reguliere fitness

- *Welke activiteit.* Bij reguliere fitness vinden activiteiten plaats met hoge intensiteit (cardio of krachtoefeningen), met afwisselend veel en weinig sporters. Sporters komen vaak maximaal 1 uur om te trainen (individueel of in een groep). Groepstrainingen worden soms achter elkaar geprogrammeerd.
- *Bezetting.* De bezetting per gebouw varieert sterk (5-14 m² vloeroppervlak/persoon), maar is in het algemeen het hoogst in de ochtend en de avond, en lager in de middag.
- *Wanneer.* Vooral in de ochtend en vanaf de tweede helft van de middag en 's-avonds is het drukker).
- *Ventilatie voor, tijdens en na activiteiten.* Bij groepstrainingen achter elkaar kunnen CO₂-concentratieniveaus hoog oplopen, met CO₂-niveaus ruim boven 1500 ppm, zelfs in wat grotere hoge ruimtes. Onvoldoende pauze tussen de lessen zorgt dat de CO₂-niveaus na elke les hoger worden. Ramen kunnen gesloten blijven tijdens de les vanwege geluidsoverlast naar de omgeving.
- *Invloed van thermisch comfort op ventilatie.* Het openen van ramen vinden de sporters fijn, zelfs als het buiten kouder is, maar vanwege geluidsoverlast (muziek) naar de omgeving is dit niet altijd mogelijk. Airco is vaak aanwezig en draagt bij aan thermisch comfort.

6.3 Yoga/Pilates

- *Welke activiteit.* Yoga/pilates kent verschillende vormen, met hoge en lage intensiteit, zoals meditatieve yoga. Yoga wordt vaak in groepsvorm beoefend, lessen zijn vaak niet langer dan een uur. Vaak zijn er meerdere lessen achter elkaar, zonder lange tussenpozen, wat ervoor zorgt dat de CO₂-concentraties oplopen van les op les.
- *Bezetting.* De bezettingsgraad van de lessen varieert vaak van 5 tot 10 à 20 personen in ruimtes van 50-75 m² vloeroppervlak. In oost-NL is de opgegeven bezetting vaak 5 à 14 m²/persoon, maar hogere dichtheden zijn in Randstedelijk gebied verwacht ("matje aan matje").

- *Wanneer.* Yogalessen zijn er vaak in de ochtend en in de avond, maar niet in de middag. Vaak zijn er meerdere lessen vlak achter elkaar. Daardoor ontstaat het risico dat er tussen de lessen onvoldoende kan worden gespuid, waardoor CO₂-concentraties oplopen, zie Figuur 15.



Figuur 15 Voorbeeld van een yogastudio (systeem D + te openen ramen) dat laat zien dat beperkt spuien leidt tot forse toename van de CO₂-concentratie na 3 lessen (van 400-1300-2000-2300 ppm). Een ventilatiepauze van 4 uur tussen ochtend en avondlessen zorgt dat de CO₂ concentratie van 1800 ppm daalt naar 600 ppm (metingen: eind oktober 2024)

- *Ventilatie voor, tijdens en na activiteiten.* Een gezonde lucht en natuurlijke ventilatie wordt in de interviews regelmatig als belangrijk aangemerkt. Instructeurs hebben vaak wel het gevoel dat de ruimte wat bedompt is, maar hebben daarvan geen last tijdens de les. Luchtreinigers zijn verschillende keren aangetroffen om in gezonde lucht te voorzien. Veel yogagebouwen zijn natuurlijk geventileerd, maar als er een mechanisch ventilatiesysteem is, wordt geluid regelmatig als hinderlijk ervaren, wat reden kan zijn om beperkt te ventileren. Vanwege tocht of koudeval gebeurt ventileren via te openen ramen vaak vóór de les en indien mogelijk na de les. Bij lessen vlak achter elkaar is dat niet mogelijk.
- *Invloed van thermisch comfort op ventilatie.* Bij meditatieve yogavormen is warmte en stilte tijdens de les belangrijk. Veel yogalessen worden gehouden in sfeervolle oude gebouwen met alleen natuurlijke ventilatie. In de winter blijven ramen vanwege tocht en kou gesloten. Ook geluid van mechanische ventilatie of van buiten kan reden zijn om ramen te sluiten. Bij veel gebouwen met natuurlijke ventilatie is dat een probleem voor voldoende luchttoevoer. Bij de actieve yogavormen is extra koeling door ventilatie of airco vaak wenselijk. Bij airco worden ramen vaak gesloten, wat een probleem voor voldoende ventilatie kan betekenen.

6.4 Wijkcentra

Er zijn slechts zes wijkcentra bezocht waar bewegingsgym/yoga/pilates wordt gegeven. Het aantal is te klein om generieke conclusies te trekken over het gebruik van ventilatiesystemen. In de wijkcentra vinden verschillende activiteiten plaats. Daar waar yoga/pilates lessen plaatsvinden in ruimtes die voor grote activiteiten worden gebruikt (voor meer mensen dan deelnemen aan de yoga/pilates), bleek ventilatie geen issue. In één vertrek, tevens jeugdhonk, met natuurlijke ventilatie, en beperkte vertrekhoogte, maar met meer dan voldoende te openen ramen en ventilatieroosters, schoot de ventilatie tekort in de (koude) meetperiode.

6.5 Groepskleedruimtes van zwembaden

- *Welke activiteit.* Groepskleedruimtes van zwembaden zijn er als individuele ruimte of als collectieve ruimte waarin met separatiewanden groepshokken zijn gemaakt en waarin groepen mensen zich omkleden.
- *Bezetting.* Maximaal ½ klas per groepsruimte (jongens, meisjes), max ca. 2 personen per m' wand. Vaak ruimte voor twee klassen.
- *Wanneer.* Voor scholen: meestal lessen van drie kwartier, op vastgezette tijden in de ochtend. Lessen worden achter elkaar geprogrammeerd. Er waren 's-avonds geen groepszwemlessen in de bezochte zwembaden.
- *Ventilatie voor, tijdens en na activiteiten.* Alleen voor de zwemles en na de zwemles kortstondig aanwezig voor het omkleden. Bij groepslessen van zwembaden is er korte tijd hoge bezetting, maar daarna is de ruimte leeg. Dat levert in de onderzochte situaties waar de CO₂-concentratie is gemeten voldoende tijd voor reductie van de CO₂-concentratie, terug naar de aanvangsconcentratie
- *Invloed van thermisch comfort op ventilatie.* Lucht wordt horizontaal uit roosters in het plafond ingeblazen om tocht te voorkomen. Te openen ramen zijn vanwege kou en vochtige lichamen niet aanwezig.

6.6 Waardering door gebruikers

De gebruikersvragenlijst van TNO (zie bijlage 3b), werd afgenomen via interviews met instructeurs en therapeuten. Zij gaven op een tienpuntsschaal hun waarderingcijfer van 0 (zeer slecht) tot 10 (uitmuntend) en hebben hun oordeel kort toegelicht. In Bijlage 3d zijn hun waarderingen gerubriceerd per type ventilatiesysteem (A, C en D) en is een overall-toelichting op de respons gegeven.

Uit de beoordelingen van geïnterviewd personeel komt o.a. naar voren:

- Cliënten en medewerkers beoordelen de oefenruimtes overwegend positief tot zeer positief om in te verblijven.
- In MUS-gebouwen ervaart men de lucht niet snel als te bedompt tijdens de les. In de zomer speelt de warmte parten, en beoordeelt men de lucht vaker als "niet fris", meer bij ventilatiesysteemtypen C en D dan A. Bij medische fitness is men vaker wat minder tevreden over de werking van mechanische ventilatiesystemen en wordt vaker de airco ingeschakeld vanwege bedompte lucht.
- Airco in de zomer wordt over het algemeen positief gewaardeerd door cliënten en personeel, maar dat geldt wat vaker niet voor yogaruimtes en bij bezochte fysiofitnessruimtes met systeem C.
- Als de airco aanstaat worden ramen vaak gesloten om effectief te kunnen koelen.
- Cliënten die intensief bewegen/krachtoefeningen doen hebben meer behoefte aan koeling dan het personeel, maar niet bij yoga, waar de instructeur actief meedoet.
- Als er intensiever wordt gesport door de cliënten, is "te koud" in de winter niet snel een issue. Onvoldoende verwarming in de winter is bijna nooit een issue bij sportende cliënten die niet meer dan een uur in de ruimte zijn om hun oefeningen te doen. Dit geldt niet voor (meditatieve) yogavormen waar de cliënten langere tijd stil op hun mat zitten en liggen. Maar ook daar duren de lessen niet meer dan een uur. Ramen blijven dan gesloten vanwege de koude luchtstroom van buiten, en wordt na de les geventileerd en soms als het kan – en nodig is – ook vóór de les. Als het buiten warmer is, gaan de ramen dan wel open, mits er geen storend geluid van buiten is.
- Ventilatiesystemen zijn in de regel eenvoudig bedienbaar via knoppen. Met digitale displays weten sommige instructeurs niet goed om te gaan.
- Droge lucht is geen issue in de MUS-gebouwen.
- Geluidsoverlast naar buiten kan reden zijn om ramen te sluiten met harde muziek binnen. Bij meditatie is geluid van buiten of van het ventilatiesysteem soms hinderlijk. Ramen worden dan gesloten, c.q. de ventilatie wordt een standje lager gezet.

- In Coronatijd werd waar mogelijk veel meer geventileerd door ramen en ook buitendeuren wijd open te zetten, soms werden extra ramen geplaatst, en er waren minder mensen aanwezig of zelfs helemaal niet (yoga / fitness). Ook werden soms als alternatief oefeningen buiten gedaan en kwamen cliënten meer verspreid over de dag. Dat gebeurt nu niet meer. Wel is men zich bewuster van het belang van ventileren.

Geïnterviewden werd ook gevraagd welke voorzorgsmaatregelen zij zouden aanbevelen in geval van een volgende pandemie. Geïnterviewden vonden het lastig deze vraag te beantwoorden. Er werden in totaal 32 antwoorden gegeven op deze vraag. Samengevat werd aangegeven:

1. Verbeteren van de ventilatie

- Vaker de ramen en deuren open doen, vaker doorluchten
- Zorgen dat er ramen zijn waarmee permanent en tochtvrij kan worden geventileerd
- Ventileren als een CO₂-meter aangeeft dat het tijd is om een raam te openen
- Luchtreiniger toepassen

2. Inzicht in luchtkwaliteit op de werkvloer

- CO₂-meter plaatsen, om snel te kunnen handelen als de luchtkwaliteit te slecht dreigt te worden door te weinig luchtverversing

3. Heldere instructies en richtlijnen voor therapeuten/instructeurs

- Goede instructies geven hoe te ventileren, niet altijd is duidelijk hoe het systeem werkt
- Behoeft aan heldere ventilatierichtlijnen
- Systemen werden in Coronatijd gecontroleerd. Regulier laten controleren zou iedereen moeten doen om zeker te weten dat het systeem goed werkt.

4. Aanpassingen in gebruik van ruimtes en gedrag

- Groepen stopzetten, alleen 1-op-1 lessen, mondkapjes, ramen open en airco aan
- Afstand houden, ramen open
- Minder mensen per (groeps-)les
- Aanbod online vanuit huis meedoen
- Als cliënten of instructeurs niet fit zijn, dan sommeren om niet op locatie te komen maar thuis lessen te volgen

5. Structurele of technische verbeteringen

- Beginnen met pand conform wettelijke verplichtingen op orde te maken, waar nodig verbouwen
- Iets doen aan de hitte in de vertrekken.
- Duurzaamheid in verwarming, vloerverwarming, systemen beter in balans en met warmteterugwinning, koudeval voorkomen

7 Risico's voor/zwakke punten in de effectiviteit van ventilatiesystemen

Risico's en zwakke punten met betrekking tot pandemische paraatheid in de effectiviteit van ventilatiesystemen zijn geïdentificeerd op basis van de gebouwbezoeken, uitgevoerde metingen en interviews met personeel. Het onderzoek is gericht op het identificeren van aspecten in relatie tot aerosole virusoverdracht, met betrekking tot techniek en bediening/gebruik van de natuurlijke en mechanische ventilatiesystemen. Echter, deze zijn niet los te zien van het feitelijke, functionele gebruik van de ruimte en daaraan gekoppelde eisen en randvoorwaarden, zie ook bijlage 4.

Ontbrekende minimale eisen ventilatiedebiet tijdens pandemische situatie met respiratoire virussen

Er zijn geen specifieke eisen aan de ventilatiehoeveelheid vanuit pandemisch oogpunt (i.v.m. aerosole overdracht). De ventilatie van gebouwen is in dit onderzoek daarom gespiegeld aan de BBL-ventilatie-eis voor nieuwe sportgebouwen (minimaal 6,5 dm³/s per persoon); andere eisen van (sport)organisaties zijn niet beschouwd. Echter, vanwege hogere aerosol-uitstoot en diep in- en uitademen bij intensief sporten in MUS-gebouwen typen M/F/Y lijkt het ventilatiedebiet dan 6,5 dm³/s pp vanuit pandemisch perspectief te laag.

Ventilatiedebiet schiet vaak tekort

Veel MUS-voorzieningen met name yoga ruimten zitten in een ouder gebouw dat oorspronkelijk een andere gebruiksfunctie had, zoals een bedrijfshal, garage of kerk. Deze gebouwen hebben vaak natuurlijke ventilatie, waarbij de ventilatiehoeveelheid afhangt van de winddruk of temperatuurverschil tussen binnen en buiten. Bij groepslessen of gesloten ramen is het risico op te weinig ventilatie groot. In het onderzoek hebben met name yoga-gebouwen met natuurlijke ventilatie te weinig verse luchttoevoer.

Positief werkt bij oude gebouwen de relatief hoge luchtdoorlatendheid, die significant kan bijdragen aan luchtverversing.

Echter, ook bij systeem C (mechanische afzuiging) en systeem D (balansventilatie) -blijken de benodigde luchthoeveelheden in de praktijk vaak? niet te worden gehaald, vooral bij maximale bezetting.

Slechts een deel van de geïnterviewde 70 gebouwen voldoet aan de BBL-eisen. Fysiogymruimtes (M) voldoen meestal bij gemiddelde bezetting, maar niet bij maximum bezetting. Voor reguliere fitness (F) geldt hetzelfde, terwijl yoga- en pilatesruimtes (Y) vaak al bij gemiddelde bezetting tekortschieten. Vanwege de door Mulier verwachte hogere gebruiksintensiteit in Randstedelijk gebied, zullen daar mogelijk verhoudingsgewijs minder gebouwen voldoen aan de BBL-eis dan in Oost-Nederland waar het onderzoek is uitgevoerd.

Ventilatie-efficiëntie

Bij natuurlijk geventileerde vertrekken is dwarsventilatie vaak niet mogelijk en kunnen vraagtekens worden gezet bij een goede doorspoeling van diepe vertrekken en bij vertrekken met bijzondere vormen (bijv. L-vormig).

Bij mechanische ventilatie is het aantal toe- en afvoerpunten in de ruimtes vaak beperkt tot een à twee, meestal centraal in de ruimte, maar in gebouwen van na 2000 met systeem D komt regelmatig een serie toevoerpunten voor op kortere afstand naast elkaar. Bij hoge hallen is goede doorspoeling vaak moeilijk te realiseren. Uit de metingen blijkt dat disbalans bij systeem D regelmatig voorkomt, waarbij dit bij zwembaden vermoedelijk deel is van het ventilatie ontwerp. In andere gebouwen roept dit vragen op over de ventilatie-efficiëntie. Bij groepskleedkamers met open separatiewanden is de doorspoeling van de afzonderlijke groepshokken nog een open vraagstuk.

Spuiventilatie

Er zijn niet overal te openen ramen voor extra (spui)ventilatie. In ca. 15% van de fysiogym resp. reguliere fitnessruimtes zijn ramen er niet of moeilijk te openen.

Er ontstaan met name piekmomenten van uitgeademde stoffen in de binnenlucht doordat veel mensen de lessen bijwonen, of doordat lessen kort achter elkaar zijn geprogrammeerd. Als de lessen kort op elkaar volgen is er weinig gelegenheid om tussen de lessen door de ruimte te spuien.

Gebruik van airco en plafondventilatoren

Bij gebruik van plafondventilatoren voor luchtcirculatie en airco's voor koeling bestaat het gevaar dat ramen worden gesloten en onvoldoende ventilatie niet wordt opgemerkt.

Regeling

Soms was de ventilatie via een digitaal kastje instelbaar. Dat vonden therapeuten en instructeurs vaak complex, en ze wisten niet zeker of ze het kastje goed hadden ingesteld om voldoende ventilatie te krijgen.

Handmatige uitschakeling van systemen na werktijd zorgt dat nachtventilatie achterwege blijft na een lange avond met intensief sportende mensen.

Comfort gaat vaak ten koste van ventilatie

Ramen worden nogal eens dichtgezet vanwege tocht (vooral bij meditatieve yoga).

Bij mechanische ventilatiesystemen is er op hogere ventilatiestanden regelmatig een geluidsprobleem, waardoor die stand niet wordt gebruikt. Ook buitengeluiden zoals wegverkeerslawaaï of spelende kinderen kunnen een reden zijn om ramen te sluiten. Dat kan bijvoorbeeld bij meditatieve vormen van yoga aan de orde zijn, wat een risico op te weinig ventilatie oplevert.

Andersom kan bij fitness of actieve yoga/Pilates vormen harde muziek worden gedraaid die geluidsoverlast naar de omgeving kan veroorzaken. Dat kan reden zijn om ramen en deuren te sluiten.

Afstand tussen gebruikers en afvoerpunten

Sporttoestellen voor intensief sportende gebruikers staan vaak op een rij. Daarbij komen bij intensief sporten meer aerosolen vrij en is de ademhaling dieper. Vooral als de afvoerroosters zich op enige afstand van de sporters bevinden, is de kans op onvoldoende verse lucht groot.

Ook in yoga/Pilates liggen de sporters soms matje aan matje en wordt de ruimte nabij het raam vermeden vanwege tocht.

8 Aanbevelingen

Ventilatierichtlijn ontwikkelen met handelingsperspectief, gebaseerd op monitoring luchtkwaliteit

Ontwikkel een sport-intensiteitsafhankelijke ventilatie richtlijn en stel een relatie vast met de resulterende CO₂-concentratie om de ventilatiekwaliteit te kunnen monitoren.

Plaats één of meerdere CO₂-monitoren in de ruimte om te zien wanneer extra (spui) ventilatie nodig is.

Knelpuntinventarisatie ventilatiesysteem

Introduceer een verplichte periodieke keuring van het ventilatiesysteem om potentiële knelpunten van het ventilatiesysteem en het gebruik daarvan te inventariseren en om te waarborgen dat de ventilatie functioneert zoals die bedoeld is.

Techniek

- Ontwikkel tochtvrije / geluidarme ventilatievoorzieningen, zoals een airsock, waarmee veel ventilatielucht kan worden toegevoerd en overlast van koudeval voorkomt (met name bij yoga/meditatie, of bij bezweet lichaam)
- Zorg voor spuiventilatievoorzieningen zoals (draaikiep) ramen voor een snelle doorspoeling van een lege ruimte ("ventilatieboost"), bijvoorbeeld om tussen twee lessen door snel een ruimte te kunnen doorluchten
- Zorg voor nachtelijke ventilatie (ventileer tot het gewenste lage CO₂-concentratieniveau is bereikt), bijvoorbeeld met inbraakvrije ventilatievoorzieningen die ventilatie, ook buiten gebruikstijd, mogelijk maken

Gebruik

- Instrueer de gebruikers (therapeuten, docenten en sportinstructeurs) in het correcte gebruik van de ventilatievoorzieningen, bijvoorbeeld dat roosters open moeten staan en niet worden afgeplakt en dat airco's niet bijdragen aan verse luchttoevoer.
- Zorg dat sporters die intensief trainen op voldoende afstand van elkaar zijn geplaatst, liefst met directe afvoer boven intensief sportende personen.

BIJLAGEN

Bijlage 1: Overzicht bouwkundige, ventilatietechnische kenmerken en gebruikersaantallen

Resultaten inventarisatie ventilatie in onderzochte ruimtes en installatiekenmerken staan per gebouwcategorie in onderstaande tabellen.

Waar bij een gemiddelde bezetting volgens de metingen en opgegeven bezettingsgraad voldaan is aan de minimum (nieuwbouw) ventilatie-eisen in het BBL, is kolom 5 groen gekleurd, en als niet wordt voldaan roze. Bij witte vlakken was een beoordeling niet mogelijk.

Tabel 2 Resultaten inventarisatie ventilatie in onderzochte ruimtes categorie M en installatiekenmerken

	Bouwjaar	m2BVO	Vol	ventilatie-systeem (groen=voldoet met gem.bezetting; roze=voldoet dan niet)	airco	m3/h	balo (toelafvoer) m3/h	personen gemiddeld [-]	personen max [-]	BBeq (pers) [-]
M0	1900	nee	schuin	C						
Medfit										
M25	1977	74	209	A				5	9	?\
M8	1977	94	390	A	+	328		?	<11	14
M26	1982	46	122	A	+			laag	9	?
M5	1985	20	55	A		37		2	4	2
M28	1985	105	293	A	+	117		4,5	8	5
M12	1991	81	219	A				?	10	?
M2vervalt	1910	ja	ja	C		0				
M13	1980	144	388	C				4	?	?
M24	2001	35	95	C	+	154	nv\154,7	?	9	7
M21	2004	104	312	C	+	137	? 60-107-137	3	12	6
M6	2006	70	187	C	+		nv\45	9	12	?
M7	2007	46	146	C	+	37	nv\38,1	2	4	2
M15	2010	108	292	C	+	59		3,5	5	3
M16	1958	84	227	D	+	211		6	8	9
M1	1962	47	137	D	+	82	87,5 75	3	6	4
M32	1992	52	141	D		117		4,5	<10	5
M14	1992	306	827	D	+	328		?	15	14
M11	1997	65	176	D	+	101		2	<6	4
M4	1998	73	196	D	+	145	145,5 75,9	3	6	6
M19	2001	33	88	D				var	8	?
M22	2002	68	234	D				3	8	?
M23	2002	85	232	D	+	187	159,3 183,7	4	8	8
M18	2007	63	170	D		84		6	10	4
M3	2008	103	322	D		150		3	6	6
M10	2009	68	243	D	+	84		?	<12	4
M9	2009	78	231	D		323		?	<14	14
M17	2011	168	454	D	+			laag	7	?
M20	2015	117	316	D		180	180 187	>4	15	8
M27	2016	52	136	D	+		1049 190		9	>20

*  Voldoet aan de BBL ventilatie-eis  voldoet niet aan de BBL ventilatie-eis. Overig (wit): geen beoordeling mogelijk

Tabel 3 Resultaten inventarisatie ventilatie in onderzochte ruimtes categorie F-Y-Yw en installatiekenmerken

	Bouwjaar	m ² BVO	Vol	ventilatie-systeem (groen=voldoet met gem.bezetting; roze=voldoet dan niet) *	airco	m ³ /h	balo (toelaf)	personen gemiddeld [-]	personen max [-]	BBeq (pers) [-]
Reg fit										
F17	1970	275	1237	A		117		25	35	5
F16	1992	841	8306	A		749		23	30	32
F15	2000	1037	7463	A		702		16	25	30
F14	2005	875	6377	A		608				26
F6	1960	176	455	C	+	211		13-20?	13	9
F11	1972	80	217	C		187	142 142	>2	10	8
F4	1972	164	1223	C		585		20-25	25	25
F13	2006	70	187	C			nvt 45	9	12	>2
F1	1956	39	101	D	+	220	211 366	2	4	9
F7	1985	109	294	D	+			14-20	20	?
F2	1988	56	215	D		538		20	27	23
F8	1992	228	1025	D		1404	luchtzak 195	20	20-30	60
F12	1994	114	367	D		199		4-10	10	9
F5	1997	72	187	D	+	222		2	5	10
F9	1997	227	700	D		889		30	30	38
F10	2001	126	341	D		445		10		19
F3	2006	110	297	D	+	328		2-25	25	14
Yog Pil										
Y1	1900	73	234	A		59		<5	7	3
Y4	1930	78	263	A				10	16	>2,2
Y5	1968	58	179	A		77		6	12	3
Y9	1980	80	232	A		82		6	13	4
Y2	1910	71	210	C				10	10	1,6 mech
Y11	1979	56	215	C		140	nvt 135,5	17	17	6
Y10	1994		263	C	+	82		20	25	4
Y8	1988	56	215	D	+	234		13	14	10
Y3	1995	99	267	D				10	15	<6
Y6	2005	70	196	D		178		10	15	8
Y12	2006	77	202	D		140	46-73 88-140	12	12	6
Y7	2010	53	160	D		176	59 141	8	10	8
Wijkgeb.										
YW15	1967	86	232	A		140		10		6
YW13	2000	65	181	C		328	nvt 486	24		14
YW18	1965	157	600	D			134 538	15	25	5,7(toe)- 23 (afvoer)
YW14	2013	60	245	D		374		<7		16
YW16	959-201	239	771	D		4493	4500	14-17		192
YW17				D		0				

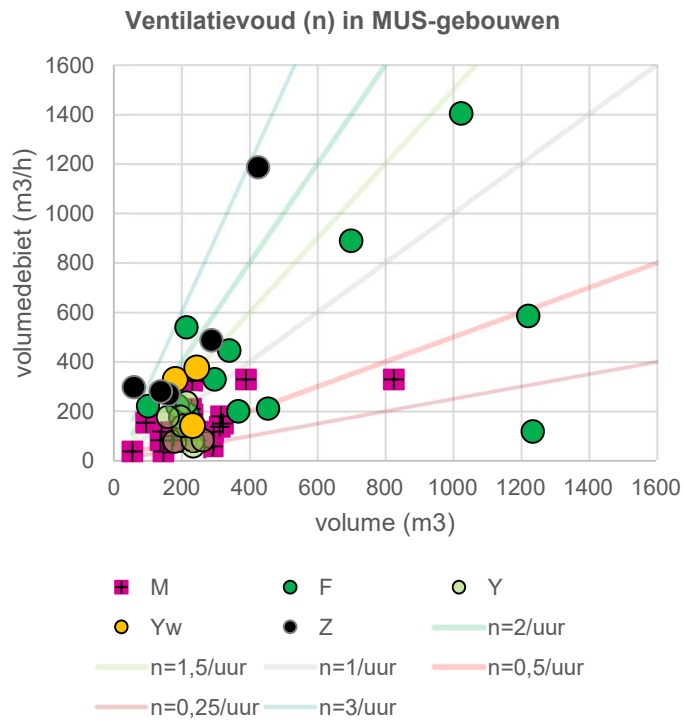
*  Voldoet aan de BBL ventilatie-eis  voldoet niet aan de BBL ventilatie-eis. Overig (wit): geen beoordeling mogelijk

Tabel 4 Resultaten inventarisatie ventilatie in onderzochte ruimtes categorie Z (kleedkamers) en installatiekenmerken

	Bouwjaar	m2BVO	Vol	ventilatie-systeem (groen=voldoet met gem.bezetting; * roze=voldoet dan niet)	airco	m3/h	balo (toelafvoer) m3/h	personen gemiddeld [-]	personen max [-]	BBeq (pers) [-]
KIZwem										
Z4	1960	63	161	D		267 (af)	100 267	10	25	4 11
Z5	1964	107	288	D		487 (toe)	487 170	15	20	21
Z1	1999	209	426	D		1187 (toe)	543 1187	25	50	50
Z3	2012			D		963 (toe)	963 439	<<18	<18	18
Z2	1976- 2010	23	59	D		297 (toe)	291 297	<15	15-18	13
Z6	2015	53	138	D		280 (toe)	280 ?(douche zwembad)	<12	15	12

* Voldoet aan de BBL ventilatie-eis voldoet niet aan de BBL ventilatie-eis. Overig (wit): geen beoordeling mogelijk

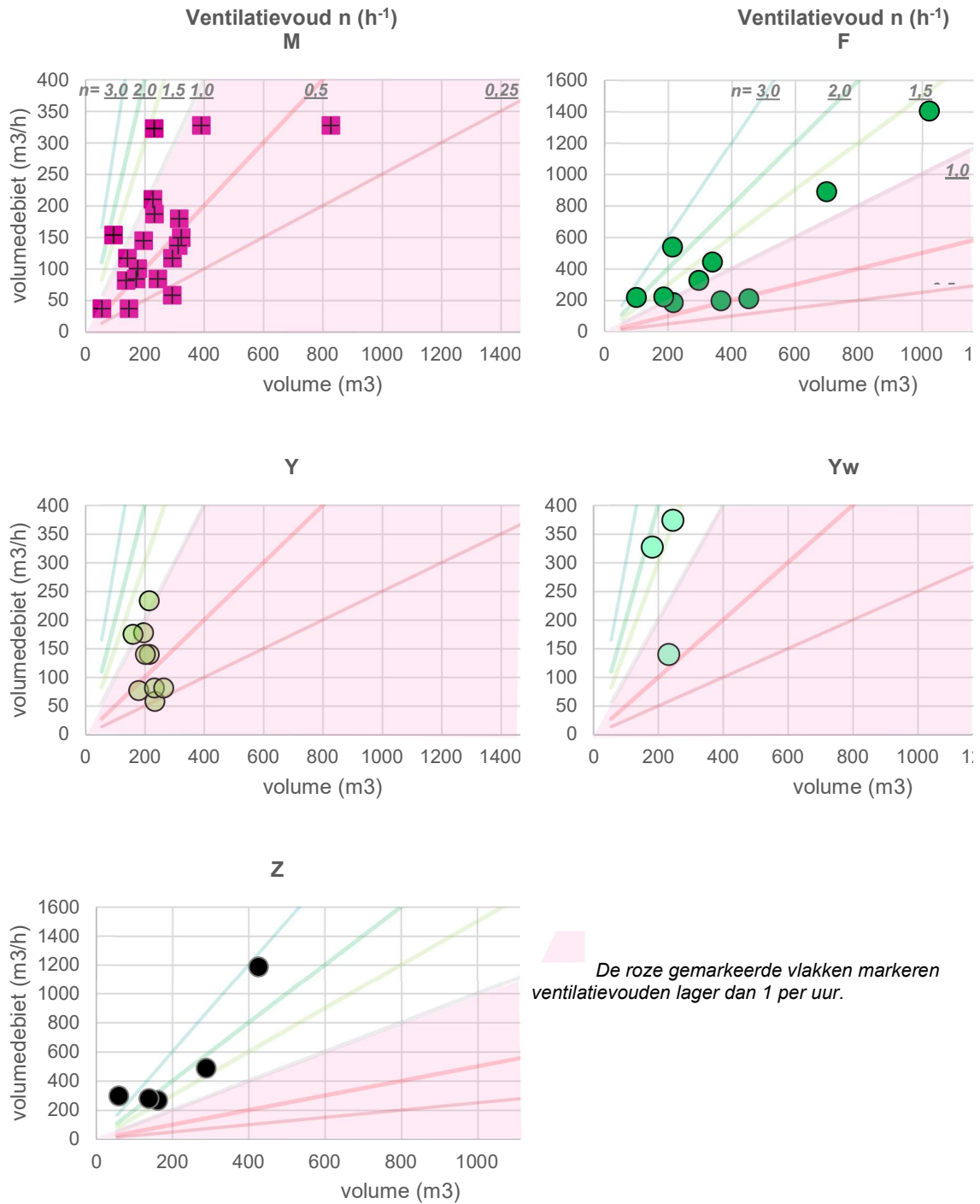
Bijlage 1a Ventilatievoud



Uit figuur 24 is herleid dat een groot deel van de gebouwen een ventilatievoud tussen 0,25 en 3 per uur had.

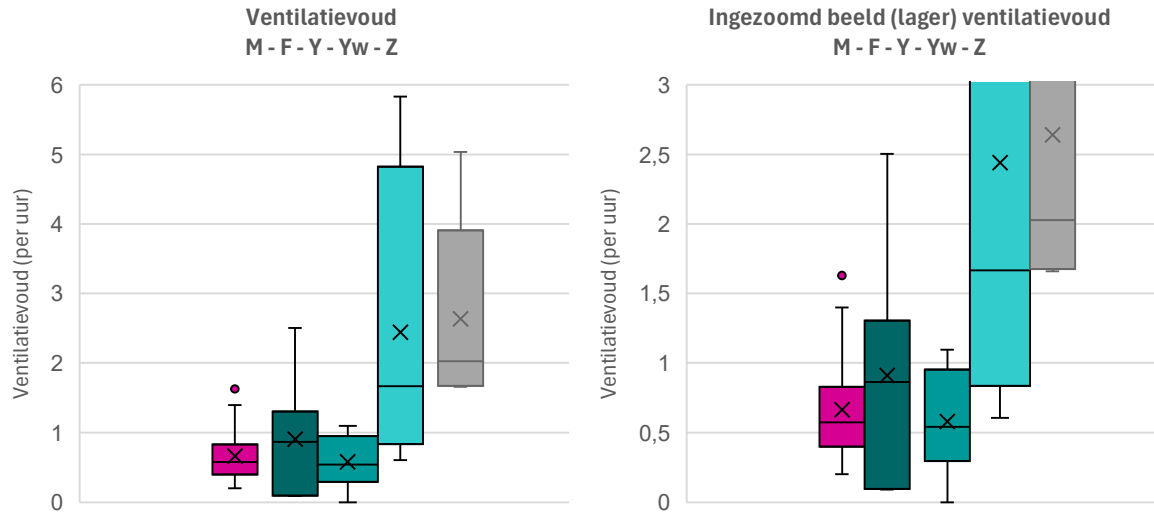
Uit figuren 25 en 25 is gebleken dat veel M- en Y-vertrekken ventilatievouden onder 1x per uur hadden. Veel F-, Yw en Z-vertrekken hadden ventilatievouden hoger dan 1x per uur.

Figuur 16 Het ventilatievoud (n, per uur) voor alle onderzochte MUS-gebouwen



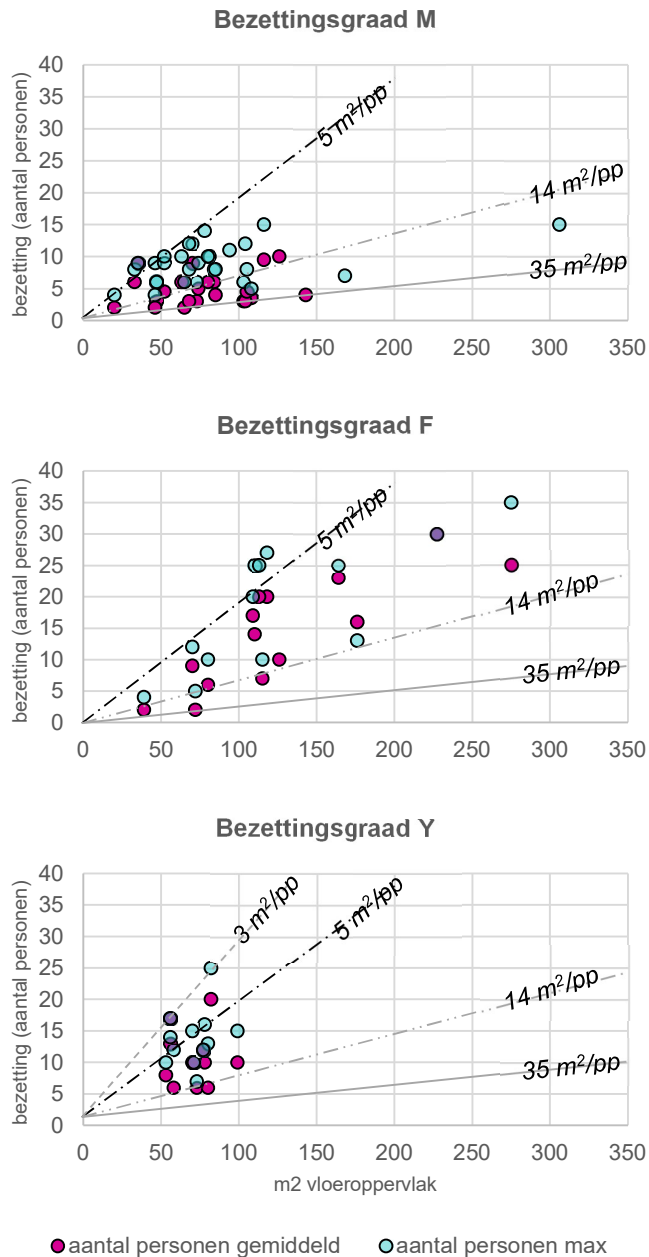
Figuur 17a,b,c,d,e Het ventilatievoud (n per uur) ($m^3/h : m^3$) voor alle onderzochte MUS-gebouwen ($n=0,25...3 h^{-1}$)
 — ventilatievoud $< 1 h^{-1}$

De spreiding in het ventilatievoud voor de gebouw-categorieën.



Figuur 18 a,b, Spreiding ventilatievoud in de 5 categorieën

Bijlage 1b Bezettingsgraad



De omvang (vloeroppervlak), maar ook de (opgegeven) normale en maximum bezetting qua aantal aanwezige personen in de zalen, verschilt sterk tussen de drie hoofd-categorieën M-F-Y. Dat blijkt ook uit de bezettingsgraad, het aantal m² per persoon (zie fig. 16a,b,c)

Vershil in vloeroppervlak

De vloeroppervlakte van onderzochte ruimtes in F-gebouwen varieerde het sterkst, van 40 – 250 m². Ook vloeroppervlakken van fysiogymruimtes kunnen fors zijn bij grotere praktijken (gemiddeld ca. 75 m², oplopend tot zelfs 150-300 m²). Gemiddeld zijn de yoga-pilates ruimtes het kleinst met een vloeroppervlak van 50-100 m².

Vershil in aantallen personen in een ruimte

Ook het aantal personen in de ruimte kan flink variëren. De fysiogymruimtes hebben in het algemeen de laagste bezetting (0-10 personen), terwijl deze kan toenemen als groepen samen oefenen (tot 15 personen).

Vershil in bezettingsgraad

De bezettingsgraad, het aantal personen in de ruimte per m²vloeroppervlak van de ruimte is bij de Y-gebouwen het hoogst, met als extreem 3 m²/persoon, matje aan matje, maar 9 m²/persoon komt vaker voor. Daarbij is door verschillende instructeurs uit de yogastudio's opgemerkt dat de bezetting in Randstedelijk gebied, zoals Amsterdam, gemiddeld veel hoger zou zijn dan in oost-NL. Hogere bezetting zouden o.a. nodig zijn vanwege economische rendabiliteit.

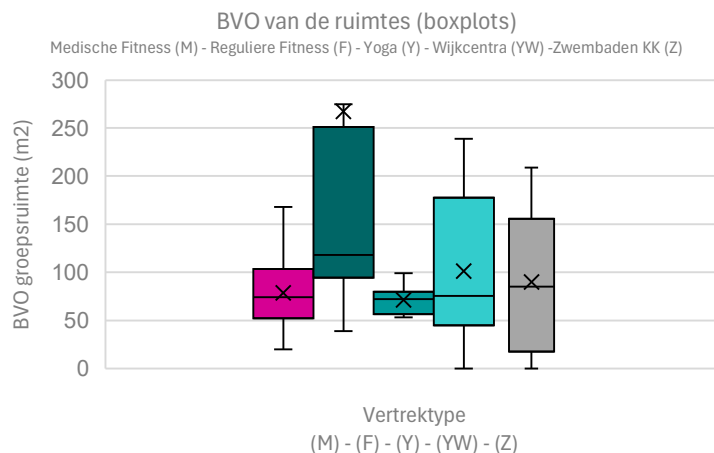
Figuur 19 a,b,c Vergelijking bezettingsgraad in categorieën M, F en Y

(bezettingsgraad = aantal m²vloeroppervlak van de ruimte : aantal personen in ruimte)

Bijlage 1c Ruimtekenmerken, spui ventilatievoorzieningen en actieve koeling

Grootte van de ruimtes (vloeroppervlak). De omvang van de ruimtes (vloeroppervlak) van alle ruimtes zijn gerangschikt naar gebouwcategorie. Hieruit blijkt dat de omvang van de medische fitnessruimtes (fysiogym) gemiddeld aanzienlijk kleiner zijn (gemiddeld ca. 75 m²) dan die van de reguliere fitnessruimtes (gemiddeld ca. 110 m²). De spreiding in vloeroppervlak is bij de fitnessruimtes groot (van <50 m² tot >250 m²); hier komen soms grote groepen mensen bijeen om te sporten. Yogaruimtes zijn kleiner dan de meeste fitnessruimtes, gemiddeld zijn zij vergelijkbaar qua grootte als fysiogymruimtes (ca. 75 m²).

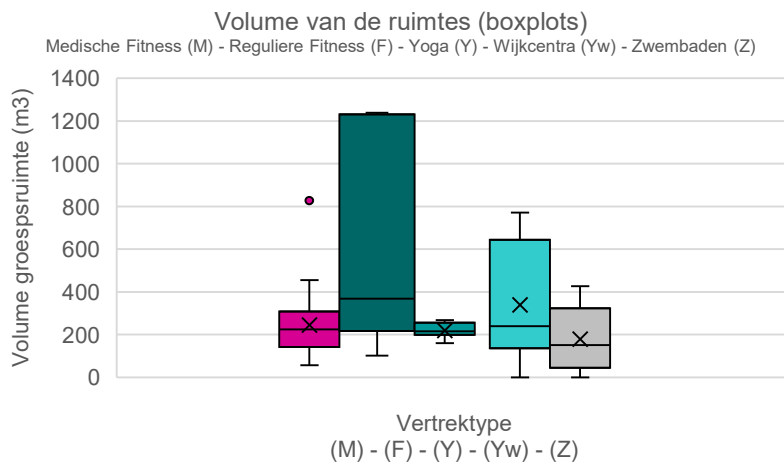
Bij de wijkcentra is een mix van grotere en kleinere ruimtes die alleen multifunctioneel worden gebruikt voor zeer uiteenlopende activiteiten. De groepskleedruimtes (KK) van zwembaden variëren van afzonderlijke kleedruimtes tot grotere ruimtes waarbinnen met separatiewanden open groepskleedruimtes zijn gevormd.



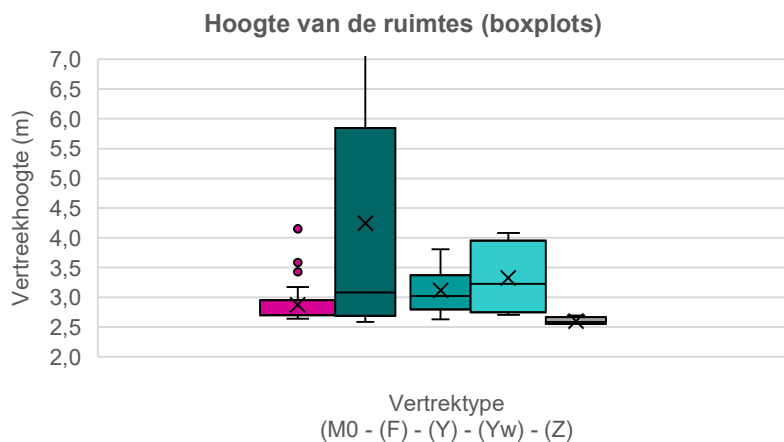
Figuur 20 Boxplots Bruto Vloer Oppervlakte (m²) van de geïnterviewde ruimtes in alle gebouwcategorieën

Volume. De verschillende categorieën kennen duidelijk verschillende afmetingen. Medische Fitness heeft heel kleine ruimtes waarin wordt geoefend door een paar personen, tot grote oefenzalen waar ook grotere groepen kunnen oefenen (gemiddeld 180-300 m³). Fitnessruimtes zijn er van beperkt volume tot zeer groot. Bij de geselecteerde yogaruimtes is de variatie in volume beperkt, meestal rond 200 m³. Binnen de geselecteerde 5 wijkcentra is de variatie ook erg groot, gemiddeld van 150-600 m³. Het volume van de groepskleedruimtes varieert doordat er afzonderlijke groepskleedruimtes zijn en groepskleedruimtes met separatiewanden. De variatie in volumes wordt deels verklaard uit de grote hoogteverschillen.

Hoogte. De vertrekhoogtes van yogaruimtes waren gemiddeld genomen laag. Veel fitnessruimtes en ruimtes in wijkcentra waar yoga/pilates wordt gegeven (Yw), hadden "standaard kantoorhoogtes", maar ook waren ze vaak hoger. Sommige zeer hoge fitnessruimtes hadden voorheen een andere bestemming, zoals bedrijfshallen, kerk, of voormalige gymzalen van scholen. Medische fitnessruimtes zijn vaak 2,7-3 meter hoog.



Figuur 21 Boxplots Volume (V in m³) van de geïnventariseerde ruimtes in alle gebouwcategorieën

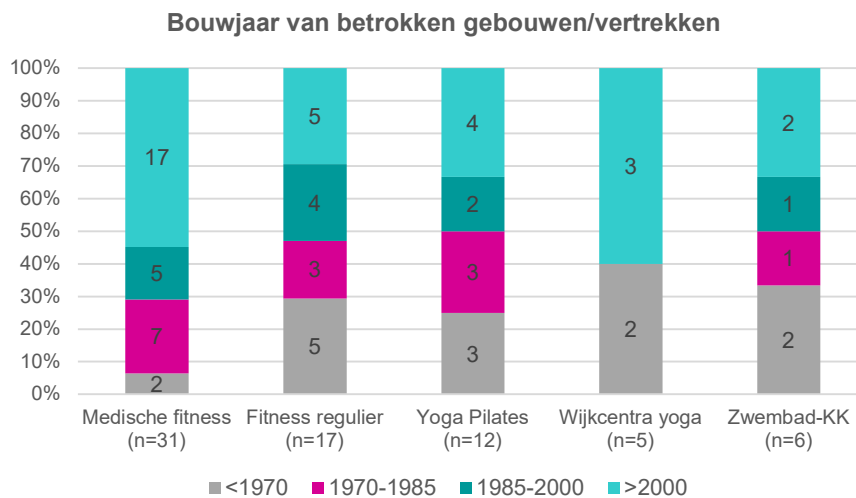


Figuur 22 Boxplots Vertrekhoogte (H in m¹) van de geïnventariseerde ruimtes in alle gebouwcategorieën

Bouwjaar

Het bouwjaar van de geïnventariseerde gebouwen is gerangschikt per gebouwcategorie, zie figuur 20: voor 1970 (voor de energiecrisis), van 1970-1985 (hogere isolatiewaarden van gebouwen), tussen 1985-2000 (wat meer aandacht voor energiezuinige installaties), na 2000 eist de energieprestatienorm meer aandacht voor goede isolatie en energiezuinige installaties. Na 200 zijn meer gebouwen van gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning voorzien.

- Van M (fysiogym) is meer dan de helft na 2000 gebouwd en 8% is < 1970
- Van F (reguliere fitness) is 30% na 2000 gebouwd en eveneens 30% is < 1970
- Van Y is 32% van na 2000 (hier zijn ook renovaties meegeteld) en 25% van <1970.
- Drie Yw gebouwen zijn recentelijk gerenoveerd, en 2 zijn oude gebouwen.
- Van Z zijn er ook maar 2 recentere gebouwen van na 2000 en 2 gebouwen zijn < 1970.



Figuur 23 Bouwjaar van de gebouwen/ruimtes die in het MUS-onderzoek zijn betrokken

Voorheen andere gebouwfunctie

Opmerkelijk vaak zijn de categorieën M, F maar vooral Y gehuisvest in gebouwen die eerder een andere functie hadden, wat volgt uit de inspecties. Bij de telefonische intakes en interviews is niet specifiek gevraagd naar de oorspronkelijke functie van het gebouw. Categorie M werd vaak aangetroffen in voormalige kantoorpanden. De categorie F werd aangetroffen in voormalige bedrijfshallen, gymzaal, woonboulevard en voormalige kerk. Geen van de Y-gebouwen bleek initieel te zijn gebouwd als yogastudio, voormalige functies waren zeer uiteenlopend, van kantoor, school, ziekenhuis, winkel tot bedrijfshal.

De zwembaden waren allen van origine gebouwd als zwembad.

Sluitingstijd

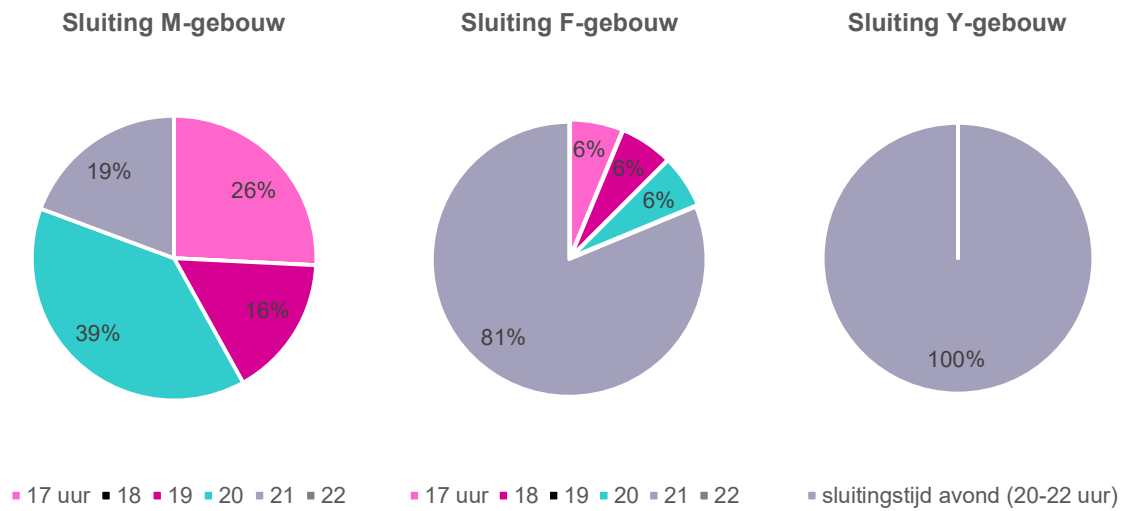
Veel sportgebouwen starten vroeg in de ochtend en sluiten hun deuren in de avonduren. Dat is ook waargenomen in de CO₂-registraties in de gebouwen. Fysiotherapiepraktijken zijn vaak één of meerdere avonden geopend, fitnessruimtes hadden regelmatig variabele sluitingstijden en de meeste yogalessen waren 's-ochtends en 's-avonds. Er waren 's-avonds geen groepswemlessen in de bezochte zwembaden.

Spui ventilatievoorzieningen

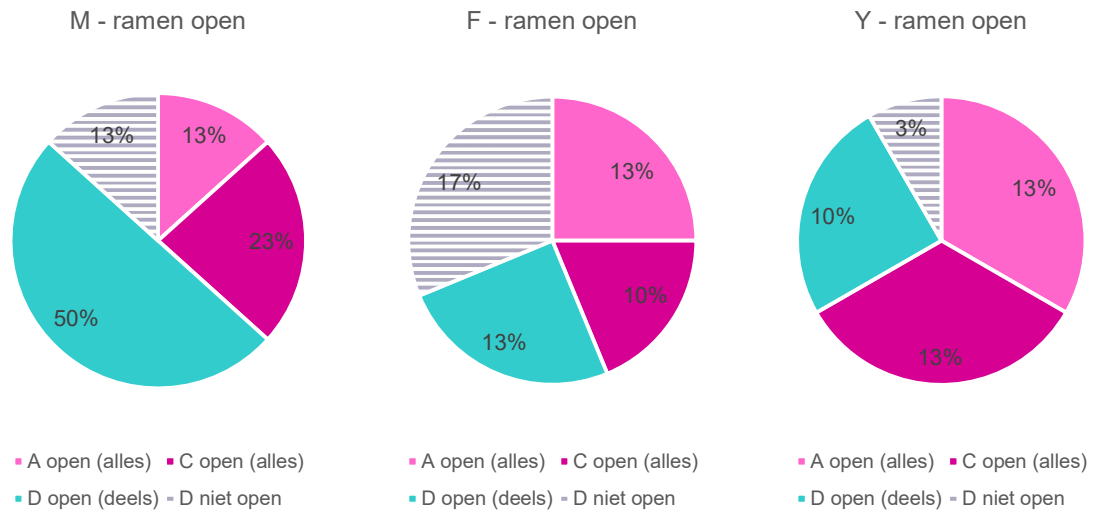
In bijna alle gebouwen waren te openen ramen, maar niet overal werden die gebruikt voor verse luchttoevoer (figuur 22). In de M-gebouwen (fysiogym) waren in 13% van de ruimtes geen ramen die open kunnen of die ooit open gingen. Bij de F-gebouwen (reguliere fitness) gold dat voor 17% van de ruimtes maar in de Y-gebouwen (yoga-pilates) slechts voor 3%. De vertrekken zonder open raam waren in gebouwen met gebalanceerde ventilatie.

Het openen van ramen leverde in het stookseizoen, en met name in de winter, regelmatig een probleem op t.a.v. tocht en kou. Dit bleek in het bijzonder van toepassing op activiteiten waar cliënten weinig bewegen.

Er zijn geen te openen ramen aangetroffen in de groepskleedkamers van zwembaden.



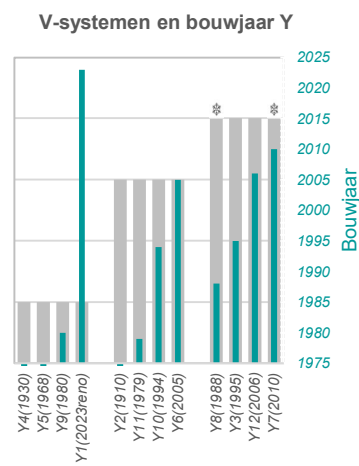
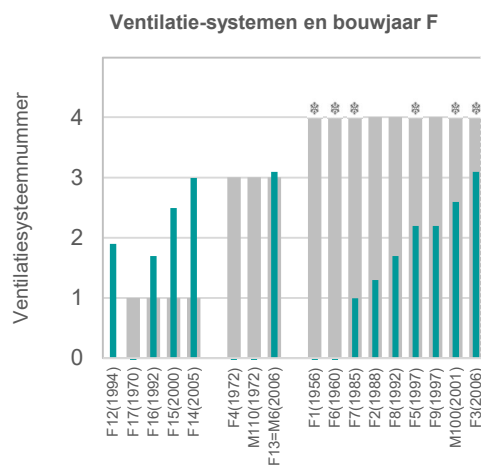
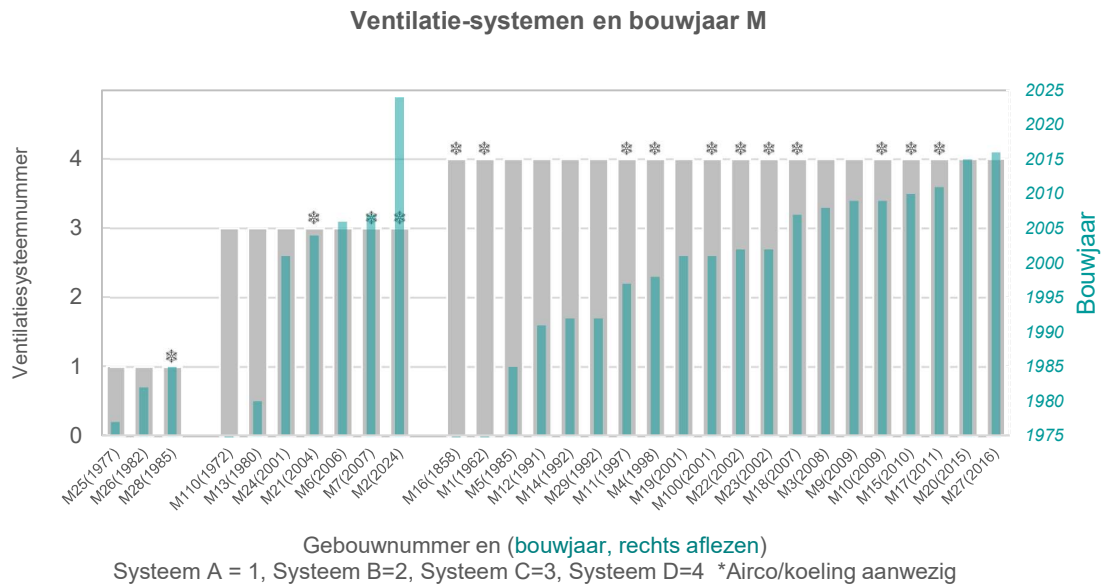
Figuur 24a,b,c MUS-gebouwen zijn op gezette tijden van 's-morgens vroeg tot in de avond geopend. (Let op: De gebouwen zijn niet altijd elke avond open).



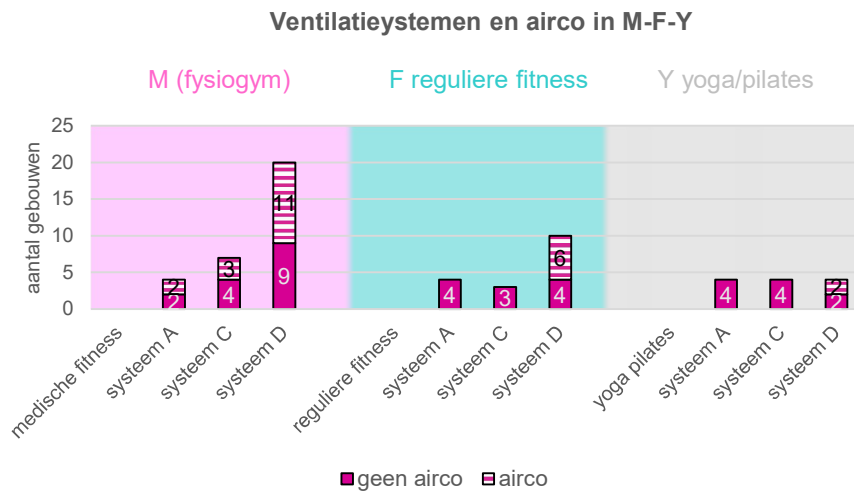
Figuur 25 a,b,c Slechts een beperkt deel van de M-F-Y MUS-gebouwen heeft geen te openen ramen of ramen die nooit worden gebruikt voor verluchting. In alle gevallen gaat het om vertrekken met gebalanceerde ventilatie

Actieve koeling in de vertrekken

Veel ruimtes zijn voorzien van mogelijkheden voor actieve koeling (figuur 21) vanwege de sportactiviteiten. Door het sporten is de warmteproductie hoog en om de lichamen voldoende te kunnen laten afkoelen, is actieve koeling gewenst volgens de instructeurs, zeker 's-zomers. De instructeurs / therapeuten gaven vaak aan dat het openen van ramen niet voldoende was. Maar ook dat ze het in de winter regelmatig zelf te koud hebben, maar zich aanpassen door een warm trainingsjack/-pak aan te trekken.



Figuur 26 Gebouwcode (onder), bouwjaar (groene kolom, rechts aflezen), ventilatiesysteemnummer (grijze kolom, links aflezen) en aanwezigheid van koeling (*boven grijze kolom) in MUS-gebouwen (3 meest voorkomende categorieën M-F-Y)



Figuur 27 Aantal keer dat een ventilatiesysteem voorkomt in de categorieën M-F-Y

Bijlage 2a: Monitoren binnenklimaat en ventilatievoud herleiden via CO₂-decay methode

De CO₂-concentratie is bij een groot deel van de gebouwen gedurende een week gemonitord met een meetinterval van 5 minuten. Het verloop van de afname van de CO₂-concentratie is gebruikt om een indicatie te krijgen van het gebruik van de ruimte en het ventilatievoud.



Figuur 28 AirTeq binnenklimaatmeter in kleedruimte zwembad



Figuur 29 AirTeq binnenklimaatmonitor

Bepalen ventilatievoud uit verloop CO₂-concentratie (CO₂-decay methode)

De door de mens uitgeademde lucht heeft een veel hogere CO₂-concentratie dan de CO₂-achtergrondconcentratie in de buitenlucht (ca. 400-450 ppm). Omdat CO₂ in lage concentraties in de buitenlucht voorkomt, is CO₂ te beschouwen als een tracergas. Als na een periode met CO₂-productie in een ruimte de CO₂-productie (G) stopt (G=0), dan neemt door ventilatie met buitenlucht (met CO₂-concentratie P_{in}), de CO₂-concentratie in de binnenlucht (P_i) vanaf dat moment exponentieel af – onder de aanname dat de binnenkomende lucht ideaal mengt met de lucht in de ruimte. Hoe hoger het ventilatievoud, hoe sterker de CO₂-afname. Het ventilatievoud is het aantal keer per tijdsinhoud dat de inhoud van een ruimte geheel is voorzien van verse lucht (P_{in}) (per uur). In de periode van CO₂-afname is voor een afgesloten ruimte het ventilatievoud als volgt te berekenen (Laussmann&Helm, 2011; Batterman, 2017). Dit is de CO₂-decaymethode.

$$n = - \frac{1}{\Delta t} * \ln \left(\frac{P_i - P_{in}}{P_o - P_{in}} \right) \quad (\text{Vergelijking 1})$$

Vergelijking 1 Formule van de decay-methode voor berekening van het ventilatievoud uit de afname van de CO₂-concentratie tussen periode t=0 tot t=tijdstip dat P_i is bereikt^{7,8}

Waarin:

P_i de CO₂-concentratie aan het eind van de beschouwde periode (ppm)

P_{in} de CO₂-concentratie buiten (ppm)

⁷ Batterman, S. (2017). Review and Extension of CO₂-Based Methods to Determine Ventilation Rates with Application to School Classrooms. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(2), 145. <https://doi.org/10.3390/ijerph14020145>

⁸ Laussmann, D., & Helm, D. (2011). Air Change Measurements Using Tracer Gases: Methods and Results. Significance of air change for indoor air quality. InTech. doi: 10.5772/18600

- P_0 de CO₂-concentratie bij aanvang van de beschouwde periode (op $t=0$) (ppm)
- n het ventilatievoud (ook wel air change per hour (ACH) genoemd)
- Δt het tijdsbestek waarin de CO₂-afname is beoordeeld (uur).

De methode is - uiteraard - niet bruikbaar als voorspellingsmethode voor het ventilatievoud in de gebruikperiode, als na het verlaten van de personen (na gebruikstijd) de ventilatie wordt uitgeschakeld, of als er CO₂-sturing op het ventilatiesysteem is.

De onnauwkeurigheid van de methode neemt af als:

- Δt klein is
- het verschil in CO₂-concentratie tussen $t=0$ en $t=t_{\text{einde beschouwde periode}}$ beperkt is
- er geen gelijkmatige verdeling van de CO₂-concentratie in de ruimte mag worden verondersteld
- de achtergrondconcentratie niet constant is of niet bekend is (bijvoorbeeld in geval van recirculatie)
- er toch CO₂-productie in de ruimte is – dat valt vaak niet op te maken uit de resultaten. Aan het eind van de ochtend, start lunchpauze, is het vaak ongewis of nog wel/niet iemand aanwezig is in de ruimte.
- het volume in de ruimte niet bekend is, of als (binnen)deuren openstaan.
- Het ventilatiedebiet niet constant is

Uitgangspunt bij de analyse (van CO₂-meting --> ventilatievoud):

- Ventilatievoud herleiden vanaf startpunt $t=0$ tot minimaal 5 minuten daarna
- $t=0$ mag nooit direct starten op het moment dat mensen de ruimte hebben verlaten, omdat de situatie dan vaak nog niet stabiel is, maar minimaal 5 minuten daarna
- ventilatievoud zo mogelijk herhaald uitvoeren op verschillende momenten binnen de meetserie
- alternatief: het ventilatievoud nauwkeuriger bepalen via curvefitting volgens de CO₂-decaymethode. Via de kleinste kwadratenmethode is de best fit van het ventilatievoud bepaald⁹.

Het ventilatiedebiet (m³/h) is berekend uit ventilatievoud x ruimtevolume.

De CO₂-productie van een mens hangt sterk af van het activiteitsniveau, uitgedrukt in MET, maar ook – zij het in mindere mate - van leeftijd, geslacht en gewicht¹⁰. Omdat de CO₂-productie in sportgebouwen sterk varieert, afhankelijk van de activiteit¹¹, is het alternatief, de CO₂-buildupmethode, zoals toegepast in P³Venti gezondheidszorggebouwen¹², hier geen alternatief om het ventilatievoud mee te bepalen.

⁹ Weersink A.M.S., Koene F.G.H., Struck C., Nadirian A., Lahdo E., Ender A., Chamoun D (2025) CO₂-metingen bruikbaar alternatief voor luchtdebietmetingen?, aangeboden ter publicatie in BouwFysica, 25 juni 2025

¹⁰ Persily A, de Jonge L. Carbon dioxide generation rates for building occupants. *Indoor Air*. 2017 Sep;27(5):868-879

¹¹ <https://healthybuildings.hsph.harvard.edu/tools/CO2-calculator/>

¹² ir. A.M.S. Weersink, ir. F.G.H. Koene, Ing. Y. Caris, dr. ir. C. Struck (2024), Ventilatie in zorggebouwen beter in beeld, NVBV BouwFysica 2024/2, p14-18



Figuur 30 Activiteitsniveau van verschillende yoga/fitness activiteiten, uitgedrukt in de eenheid MET^{4,5}

Benadering van het ventilatievoud met CO₂-decaymethode. Het verloop van de CO₂-concentratie is in grafieken met groene lijnen aangegeven. Geselecteerd zijn CO₂-decay periodes. Dit zijn periodes waarvoor is ingeschat dat er geen CO₂-productie meer is in de ruimte, zoals na afloop van een les. Elke decay-periode start na een “top” in de CO₂-concentratie, gevolgd door exponentiële afname van de concentratie. De rode lijnen markeren periodes waarvoor het ventilatievoud is afgeleid volgens de CO₂-decaymethode. Een rode lijn is het berekende verloop van de CO₂-concentratie bij het geprognosticeerde ventilatievoud. Als rode en groene lijnen op elkaar liggen, dan duidt dit op een goede fit met de werkelijkheid. Met de kleinste kwadraten methode is waar nodig de benadering van het ventilatievoud geoptimaliseerd.

Samengevat:

Uit langdurige CO₂-metingen is het ventilatiedebiet (m³/h) in een ruimte te berekenen via het CO₂-decay-model. Dit kan alleen voor perioden nadat mensen de ruimte hebben verlaten en er dus geen CO₂-productie in de ruimte is, de ventilatiehoeveelheid constant is, de achtergrondconcentratie bekend is, en de steady-state nog niet is bereikt, de CO₂-concentratie gelijkmatig is verdeeld in de ruimte en binnendeuren gesloten zijn. De nauwkeurigheid van de methode neemt af naarmate het beschouwde tijdsbestek Δt korter is waarover het ventilatievoud wordt bepaald of als het concentratieverschil beperkt is en het onzeker is of er in de ruimte al dan niet CO₂-productie is van aanwezige personen.

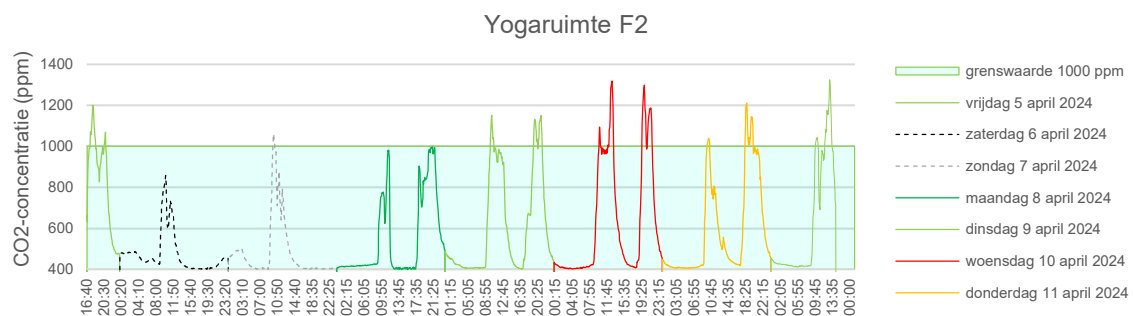
Bijlage 2b CO₂-verloop als indicator voor gebruik van de ruimte en de ventilatiestrategie

Omdat de CO₂-concentratie van de buitenlucht (ca. 420 ppm) meer dan 100x lager is dan de uitgeademde CO₂-concentratie door een mens en de hoeveelheid ventilatie in een ruimte beperkt is, is het verloop van de CO₂-concentratie gebruikt om een indicatie te krijgen over de aanwezigheid van (sportende) mensen in de ruimte. Daarbij is rekening gehouden met factoren die invloed hebben op het verloop van de CO₂-concentratie, zie ook voorbeeld van een yogaruimte (figuren 9 en 10).

De toe- en afname van de CO₂-concentratie in een afgesloten ruimte wordt o.a. beïnvloed door:

1. Afmetingen van de ruimte (volume) (groter volume betekent: vertraging in de CO₂-toename, en vertraging in de CO₂-afname). Een binnendeur die open staat kan hierdoor effect hebben op het verloop van de CO₂-concentratie in de ruimte.
2. CO₂-achtergrondconcentratie (hogere CO₂-achtergrondconcentratie betekent: snellere toename, langzamere afname)
3. Het aantal luchtwisselingen per uur (een hoger ventilatievoud betekent: langzamere toename, snellere afname)
4. Hoe de verse lucht de ruimte doorspoelt en vervuilde lucht wordt afgezogen (o.a. invloed van een open raam). Daar waar de buitenlucht de ruimte goed doorspoelt, neemt de CO₂-concentratie sneller af en of neemt langzamer toe.
5. De CO₂-productie, die o.a. afhankelijk is van het aantal mensen in de ruimte, hun activiteitsniveaus, leeftijd/geslacht/gewicht. Toename van de CO₂-productie leidt tot snellere toename van de CO₂-concentratie. Stopt de CO₂-productie enig moment, dan neemt de CO₂-concentratie sneller af, naarmate de CO₂-concentratie in de ruimte hoger is.

Voorbeeld 1: Het gebruik van een yogaruimte, gebaseerd op het verloop van de CO₂-concentratie (verloop in de tijd)



Figuur 31 De CO₂-concentratie verloopt met pieken en dalen in een yogaruimte gedurende een week door lessen die of aaneensluitend worden geprogrammeerd of met een ventilatiepauze ertussen

Analyse figuren 9 en 10.

Per dag varieerde de CO₂-concentratie door de activiteit van mensen tijdens de yoga-lessen. Per les verschilde de intensiteit van de oefeningen, maar ook het aantal deelnemers. Dat heeft gezorgd voor variatie in de CO₂-productie in de ruimte en verklaart bijvoorbeeld het verschil in verloop tussen de momenten (1,4); bij les 1 (punt 1) was de CO₂-productie lager dan bij les 4 (punt 4), terwijl beiden zijn gestart op een vergelijkbaar CO₂-niveau van 420 ppm. Ventilatie tijdens en na de les heeft gezorgd voor reductie van het CO₂-niveau of reductie van de CO₂-stijging. Na de les is de CO₂-concentratie door ventilatie gedaald, maar op het moment dat een nieuwe les is begonnen, steeg ook de CO₂-concentratie (5) of werd de CO₂-afname beperkt (2,3,5,6). Na elke start van een nieuwe les veranderde de CO₂-afname of de CO₂-toename. Tussen de lessen door was zowel in de ochtend als in de middag de ventilatie onvoldoende om de CO₂-concentratie terug te krijgen op het niveau van de CO₂-concentratie buiten. Niet de hele ruimte werd dus in die periode van verse buitenlucht voorzien.

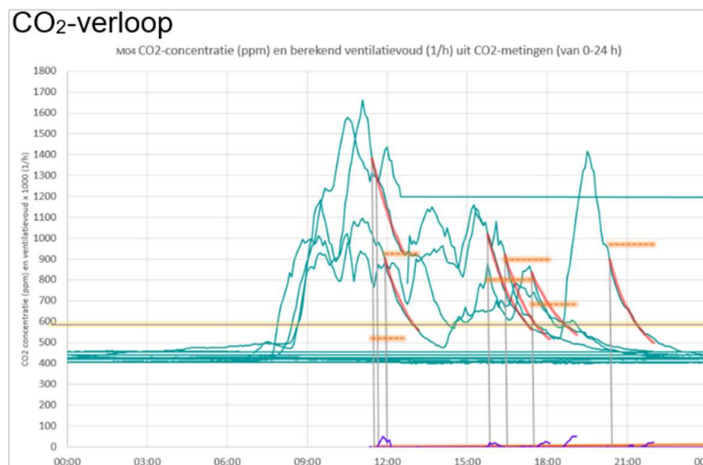
Het beeld van een “zaagtand” (punt 4-5 in figuur 10) is kenmerkend als na CO₂-toename tijdens lessen na afloop nog een tijdje wordt doorgeventileerd waarna nieuwe lessen met hoge CO₂-productie volgen. Door de ventilatiepauze tussen lessen stopt de CO₂-concentratietoename. De CO₂-concentratie bleef daarentegen langere tijd stijgen als een aantal lessen vlak achter elkaar geprogrammeerd waren zonder ventilatiepauze (punt 8 in figuur 10). Dan ontstonden door te weinig ventilatie en het ontbreken van ventilatiepauzes steeds hogere CO₂-concentratieniveaus.

Voorbeeld 2: Het gebruik van een fysio-gymruimte, gebaseerd op het verloop van de CO₂-concentratie (0-24 uursplot)

Het verloop van de CO₂-concentratie van 0-24 h geeft een indruk hoe intensief de ruimte is gebruikt. (groene lijnen: verloop CO₂-concentratie; rode lijnen: prognose CO₂-concentratie op basis van CO₂-decaymethode; oranje lijnen: berekend ventilatievoudx1000 op basis van CO₂-decay methode).

Bij een sterke CO₂-stijging was er veel activiteit, bij een sterke daling zijn veel mensen uit de ruimte vertrokken. Tijdens een pauze zetten CO₂-dalingen door. Bij hoge CO₂-concentraties is de ventilatie beperkt.

Een zaagtandpatroon wijst op afwisselend wel / geen bezetting. Zijn bijvoorbeeld de CO₂-niveaus in de ochtend veel hoger dan in de middag, dan waren er in de ochtend meer en/of langer achter elkaar mensen in de ruimte dan 's-middags.



Figuur 33 Voorbeeld 24-uursplot CO₂-concentratie in een M-ruimte, waarbij data van 5 dagen over elkaar heen zijn geplott (groen). De korte oranje strepen geven het berekende ventilatievoud x 1000 dat uit de data van de CO₂-concentratieafname werd berekend.

Bijlage 2c Toename van de CO₂-concentratie afhankelijk van de activiteit

De CO₂-concentratie is een maat voor de ventilatiekwaliteit. De CO₂-concentratie in een ruimte met mensen neemt sneller toe:

- Bij beperkte ventilatiehoeveelheden
- Bij hogere CO₂-productie (bijv. bij sporten, zoals fietsen) en naarmate meer mensen in de ruimte zijn die CO₂-produceren (en de evenwichtsconcentratie niet is bereikt)
- In ruimtes met een beperkt volume (rekening houden met eventueel open deuren)

Er zijn in het BBL geen grenswaarden voor de binnenluchtkwaliteit, zoals grenswaarden voor toelaatbare CO₂-concentraties. Vanwege de sterk – in de tijd - variërende CO₂-productie bij lagere en hogere activiteitsniveaus / bezettingsgraden en ruimtevolumes, is er een grote variatie in (op- en afbouw van) CO₂-concentraties. Als houvast zijn bij de onderzoeksresultaten CO₂-niveaus van 1000 (ref 1) - 1500 (ref 2) ppm aangegeven. Dit zijn gangbare niveaus aan het eind van lessen met basis- en licht verhoogde activiteiten¹³, of na minder langdurige hoge activiteit (pieken), zie tabel 4. In tabel 4 is aangegeven voor een referentievertrek (een gemiddeld M- en Y- gebouw bij benadering) dat voldoet aan de minimum ventilatie-eis BBL voor nieuwe sportgebouwen, welke CO₂-niveaus voorkomen na 20, 45 en 90 minuten en de steady state CO₂-niveaus bij verschillende activiteitsniveaus.

¹³ Ter indicatie: Bij een metabolisme van 1 MET (0,2 – 0,3 dm³/min CO₂-productie) en de BBL ventilatie-eis van 6,5 dm³/s is de evenwichtsconcentratie ca. 990 ppm (bij 420 ppm buiten) en bij 2 MET 1600 ppm.

Tabel 5 CO₂-concentratie halverwege (na 20 minuten), aan het eind van 1 les (45 minuten) of na 2 lessen (90 minuten, zonder ventilatiepauze) bij verschillende (constante) activiteitsniveaus in referentievertrek*

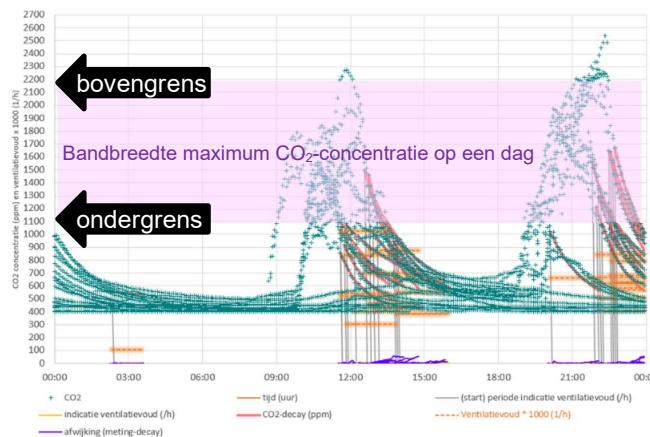
		CO ₂ -niveau in referentievertrek* (ppm)			Steady state
		na 20 min.	na 45 min.	na 90 min.	
Activiteit uitgedrukt in MET (fig. 8)		10 personen (6,5 dm³/s per persoon ventilatie)			
In religieuze houding zitten (1,3 MET)		640	820	1000 (ref 1)	1150
Calisthenics light (2,8 MET)		900 (ref 1)	1300 (ref 2)	1700	2050
Calisthenics moderate (3,8 MET)		1050 (ref 1)	1600 (ref 2)	2150	2650
Dancing aerobics (7,3 MET)		1650 (ref 2)	2700	3750	4700
		5 personen (6,5 dm³/s per persoon ventilatie)			
In religieuze houding zitten (1,3 MET)		540	650	820	1150
Calisthenics light (2,8 MET)		670	940 (ref 1)	1290 (ref 2)	2050
Calisthenics moderate (3,8 MET)		770	1120 (ref 1)	1600 (ref 2)	2650
Dancing aerobics (7,3 MET)		1100 (ref1–ref2)	1800	2700	4700
		Steady state eindniveau (ppm) (bij 6,5 dm³/s per persoon)			
1,0 MET					990
2,0 MET					1600
3,0 MET					2200
4,0 MET					2760
5,0 MET					3350
6,0 MET					4000
7,0 MET					4500
8,0 MET					5100
	Onder niveau ref 1		Bij benadering tussen ref 1-2		Boven ref 2

* Referentievertrek: 230 m³, ventilatie 6,5 dm³/s.pp, CO₂ buiten 420 ppm

ref1=referentieniveau 1 (ca. 1000 ppm)

ref2=referentieniveau 2 (ca. 1500 ppm)

Omdat bepaalde sportactiviteiten zorgen voor zeer hoge CO₂-producties en incidenteel hoge CO₂-piekniveaus, is een bandbreedte bepaald van veel voorkomende CO₂-maxima per dag/dagdeel in de week dat de CO₂-concentraties zijn gemeten. Voor die bandbreedte zijn boven- en ondergrenzen bepaald, zie figuur 27.

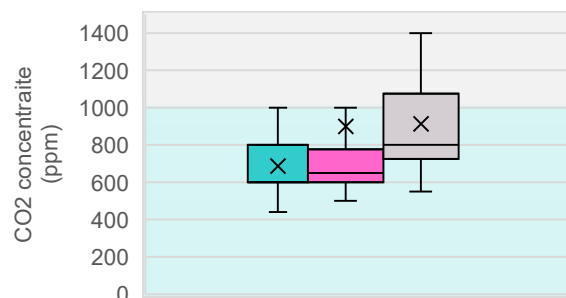


Figuur 34 Bandbreedte (roze vlak) van de maximum CO₂-concentraties van 0-24 uur die gedurende meerdere dagen achtereen optreden na afloop van een blok (yoga)lessen.

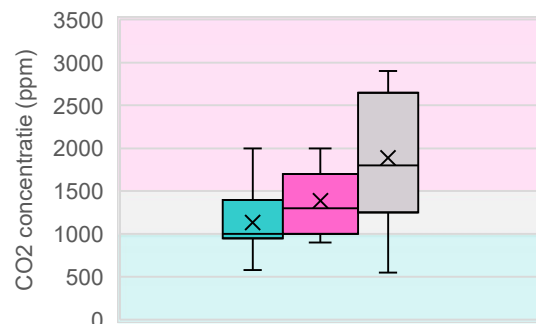
In de boxplots van figuur 28 zijn de onder- en bovengrenswaarden voor alle M-F-Y gebouwen weergegeven na afloop van een lesblok (een of meerdere lessen achter elkaar of een aanwezigheidsperiode voor een langere pauze). Daaruit is gebleken:

- Voor M ligt de ondergrens van de bandbreedte onder 1000 ppm, maar de mediaan van de bovengrens ligt bij 1000 ppm en Q3 (kwartiel 3) ligt nabij 1500 ppm.
- Voor reguliere fitness F is de ondergrenslijn vergelijkbaar met M, maar de bovengrenslijn ligt hoger (Q3 1800 ppm).
- Voor Y ligt de ondergrenslijn bij Q3 1000 ppm en is 1400 ppm bij Q4. 1000 ppm als bovengrenslijn werd alleen in Q1 niet overschreden. De mediaan ligt op 1800 ppm en Q3 loopt op tot 2650 ppm, met als maximum in Q4 bijna 3000 ppm.

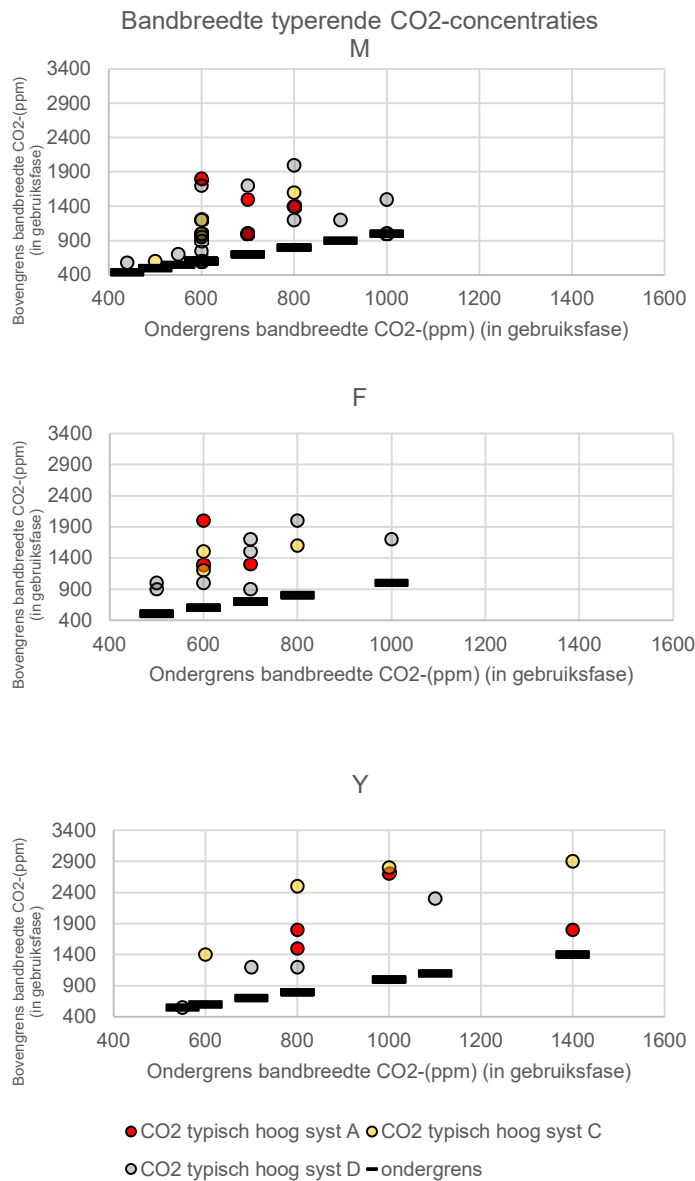
CO₂-bandbreedte - ondergrenslijn eind les (max)
Medische Fitness - Reguliere Fitness - Yoga Pilates



CO₂-bandbreedte - bovengrenslijn eind les (max)
Medische Fitness - Reguliere Fitness - Yoga Pilates



Figuur 35 a,b,c Ondergrens van de maximum CO₂-concentraties na dagelijkse lesblokken



Figuur 36a,b,c De optredende combinaties van onder- en bovengrens van de maximum CO₂-concentraties in lesperioden voor vertrekken/gebouwen in de categorieën M-F-Y

De voorkomende combinaties van de onder- en bovengrenslijnen zijn weergegeven in figuur 29. Bij hogere ondergrenswaarden zijn ook de bovengrenswaarden hoger.

De verschillen tussen M en F gebouwen leken daarbij klein, maar de Y-gebouwen hadden hogere onder- als bovengrenswaarden, mede door meer vertrekken met natuurlijke luchttoevoer (systeem A en C).

Uit figuur 30 blijkt dat hoge CO₂-concentraties overwegend worden bereikt bij lage ventilatievouden (onder niveau BBL), een laag ventilatiedebiet en kleine volumes.

Relatie CO₂-max niveau versus ventilatiehoeveelheid m³/h en ventilatievoud



Figuur 37a,b,c Ventilatievoud, ventilatiedebiet en ruimtevolumen in relatie tot de maximum CO₂-concentraties (hoog opgelopen en laag opgelopen gedurende activiteiten op een dag) voor categorieën M-F-Y

Tabel 6 Hoge CO₂-concentraties (>1000 en 1500 ppm) die optreden bij lage ventilatievouden, laag ventilatiedebiet en beperkte ruimtevolumes (gebaseerd op grafieken figuur 30)

Categorie	Laag ventilatievoud (onder niveau BBL)	Laag ventilatiedebiet	Beperkt ruimtevolumen
M	< 1 per uur		< 300 m ³
F	<1,3 per uur		< 250 m ³ (regelmatig)
Y	< 1 per uur	< 200 m ³ /h (BBeq 8,5 pers ¹⁴)	< 250 m ³

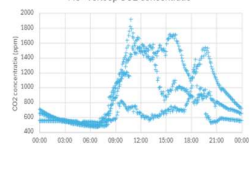
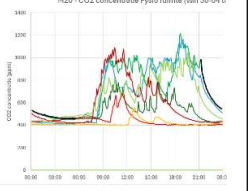
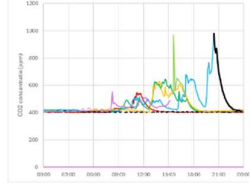
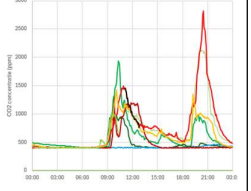
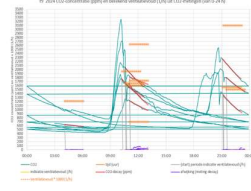
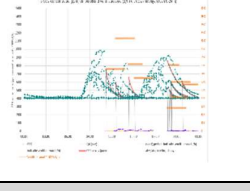
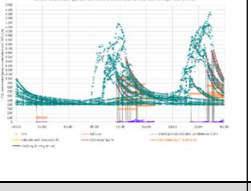
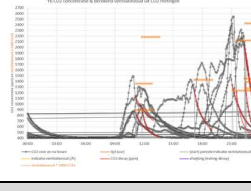
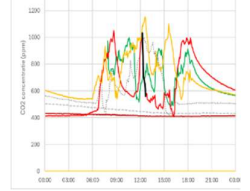
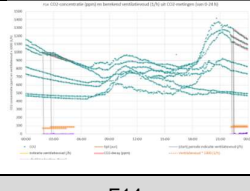
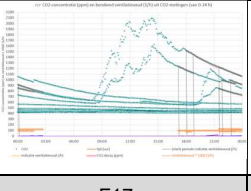
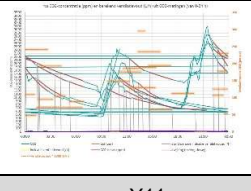
Groepskleedruimtes van zwembaden

Voor de analyses van de ventilatie vormden niet de CO₂-concentraties maar alleen de balometingen het uitgangspunt voor bepaling van het ventilatievoud en ventilatiedebiet.

¹⁴ BBeq zie Bijlage 2e

Bijlage 2d Typische gebruikspatronen, getraceerd op basis van CO₂-beelden

Tabel 7 Typische gebruikspatronen herkenbaar in CO₂-beelden van gebouwen (24 uursplot)

	Voorbeeld 1	Voorbeeld 2	Voorbeeld 3	gebouwen
[1]	 M6 - Verloop CO₂-concentratie	 M20 - CO₂ concentratie Fysio ruimte (van 30-04-17)		M110, M ² 9, M ² , M ³ , M4, M5, M6, M7, M8, M9, M10, M12, M14, M ² 2, M ² 3, M ² 8, F12, Z1
	M6	M ² 0		
[2]				M ² , M100, M13, M16, M17, M19, M ² 1, M ² 4, M ² 7, M ² 6, F1, F2, F3, F4, F6, F8, F12, Y5, Y7, Y9, Yw14, Z2, Z3, Z4
	M13	F3	Y4	
[3]				M18, M ² 0, F5, F9, Y2, Y6, Y8, Y10, Y11, Y12, Yw-15, Yw-16,
	F5	Y12	Y6	
[4]				M1, M11, F7
	F7			
[5]				F14, F16, F17, Y11
	F14	F17	Y11	

Bijlage 2e Aantal aanwezige personen vergeleken met het maximum toelaatbaar aantal personen volgens de BBL ventilatie-eis

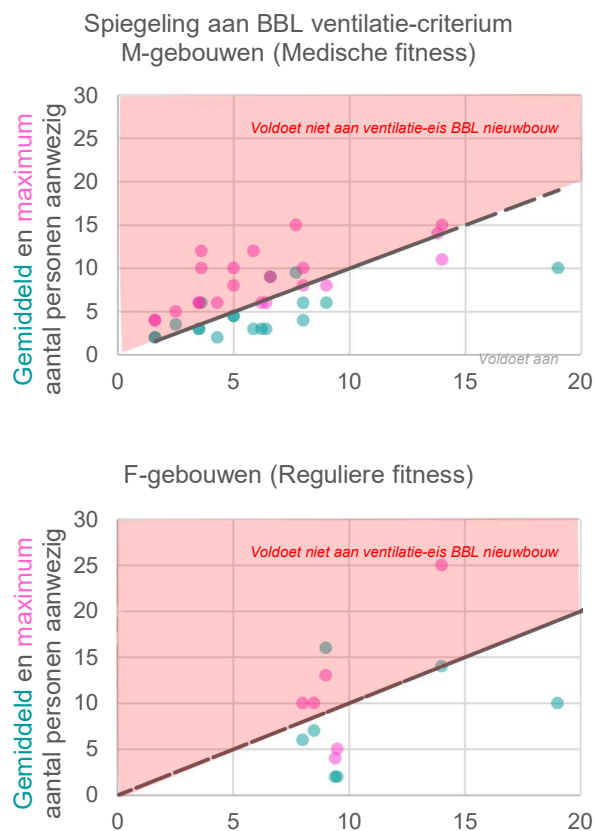
In het BBL staan wettelijke minimum ventilatie-eisen voor gebouwen. Voor nieuwbouw is de minimum eis voor ruimtes met een sportfunctie 6,5 dm³/s per persoon. Ventilatiehoeveelheden in de gebouwen worden in dit rapport aan de BBL-eis gespiegeld en niet aan eisen van andere (sport)organisaties.

Uit de gemeten ventilatiehoeveelheden per vertrek is berekend voor hoeveel mensen er voldoende verse luchttoevoer is volgens de BBL-eis. Hiervoor is in dit rapport de term BBeq gehanteerd.

Voorbeeld: Stel: het werkelijke ventilatiedebiet in een ruimte 200 m³/h, dan is BBeq = 200 / (6,5 x 3,6) = 8,5 personen. Ofwel er is in die ruimte voldoende ventilatie volgens het Bouwbesluit voor 8,5 personen.

Dat is gedaan in Figuur 38 voor (van boven naar beneden) de gebouwen voor medische fitness (M), Reguliere fitness (F) en Yoga/Pilates gebouwen (Y). Het roze gearceerde gebied geeft aan dat het werkelijk aantal personen groter is dan het maximum aantal.

Een gedetailleerd overzicht van de relevante bouwkundige, ventilatietechnische kenmerken en aantallen cliënten is opgenomen in de tabellen van bijlage 1. Daarin zijn ook meetresultaten van het ventilatiedebieten opgenomen volgens de balometingen en resultaten uit de CO₂-decay-methode.

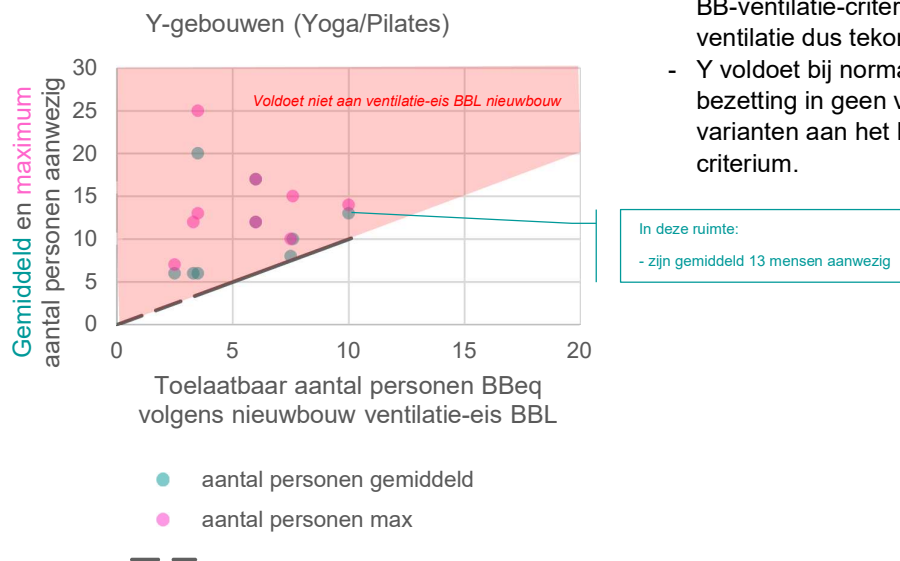


Gemiddeld en maximum aantal aanwezige personen vergeleken met BBeq

In de grafieken 12 a,b,c is het gemiddelde (groen) en maximum (roze) aantal aanwezigen in een ruimte vergeleken met het toelaatbare aantal volgens de BBL ventilatie-eis. Elk punt is het maximum of gemiddelde van één ruimte. De zwarte lijn markeert het toelaatbaar aantal personen volgens de ventilatienorm BBL (nieuwbouweis). Punten in het lichtroze gebied boven die lijn voldoen bij gemiddeld of maximum aantal aanwezigen niet aan het BBL-ventilatie-criterium 6,5 dm³/s.pp, punten in het witte gebied voldoen wel.

Hieruit is geconcludeerd:

- M (bovenste grafiek) voldoet bij normale bezetting in de meeste gevallen aan het BB-ventilatie-criterium, maar bij maximum bezetting niet.
- F voldoet bij normale als maximum bezetting afwisselend wel/niet aan het



BB-ventilatie-criterium. Vaak schiet de ventilatie dus tekort.

- Y voldoet bij normale en gemiddelde bezetting in geen van de beoordeelde varianten aan het BB-ventilatie-criterium.

Niet getoetst is in hoeverre het huidige gebruik van de gebouwen eventueel afwijkt van de oorspronkelijke ontwerputgangspunten.

Figuur 38a,b,c: Vergelijking BBeq (Toelaatbaar aantal personen volgens de BB-ventilatiernorm nieuwbouw ($6,5 \text{ dm}^3/\text{s}$ per persoon)) met opgegeven Gemiddelde en Maximum aantal aanwezige personen (opgave: organisaties MUS-gebouwen) ($\text{BBeq personen} = \text{m}^3/\text{h}$ aanwezig : ($6,5 \times 3,6$))

Bijlage 3a Taxonomie technisch (TNO)

De technische systemen zijn per gebouw/vertrek getypeerd volgens een door TNO opgestelde taxonomie (Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.).

Tabel 8: Basis taxonomie (techniek)

hoofdcat bouwjaar	subcat	subsubcat
algemeen	gebouw	bruto vloeropp (m2)
		grootte vertrek (m2)
		vertrekhoogte (m)
		aantal aanwezigen (pers)
	luchtdichtheid	
ventilatie systeem	installatiejaar	
	ventilatiesysteem	
	type wtw	
	capaciteit	totaal gebouw (m3/uur)
		per vertrek (m3/uur)
	integratie	
basisventilatie en spuiventilatie- voorzieningen (verschil zomer/winter)	toevoerroosters	aantal per vertrek
		bruto opp
		positie/verdeling
		type
	afvoerroosters	aantal per vertrek
		bruto opp
		positie
		type
toevoeging	ramen toevoer	aantal ramen en deuren
	ramen afvoer	oppervlakte raam en deur
auto.aansturing		
onderhoud	onderhoud kan/rst	
	inregeling	
robuust-geen verkeerd gebruik		makkelijk te bedienen
		standenschakelaar (begrijpen+bedienen)
airco aanwezig		

Bijlage 3b: Standaard gebruikersvragenlijst

Basisvragen gebruikersvragenlijst

- cijfer: 1.hoe fijn is deze ruimte om in te verblijven?*
- cijfer: 2.voor het ventilatiesysteem (hoe goed vindt u het ventilatiesysteem werken?)*
- cijfer: 3.hoe goed is het ventilatiesysteem te bedienen?*
- cijfer: 4.heeft u geluidoverlast van het ventilatiesysteem?*
- cijfer: 5.hoe waarderen cliënten ramen open in de winter?*
- cijfer: 6.hoe waardeert personeel ramen open in de winter?*
- cijfer: 7.hoe waarderen cliënten ramen open in de zomer?*
- cijfer: 8. hoe waardeert personeel ramen open in de zomer?*
- cijfer: 9.is er voldoende frisse (=niet bedompte) lucht in de winter?*
- cijfer: 10.is er voldoende frisse (=niet bedompte) lucht in de zomer?*
- cijfer: 11.is er verschil in ventilatiebehoefte cliënten/personeel?*
- cijfer: 12.heeft u last van droge lucht in de winter?*
- cijfer: 13.heeft u last van droge lucht in de zomer?*
- cijfer: 14.ventileerde u anders in Coronatijd?*
- cijfer: 15.wat is uw waardering voor het aanwezige verwarmingssysteem?*
- cijfer: 16.betreft: comfort in de winter. Hoe comfortabel is het volgens cliënten?*
- cijfer: 17 betreft: comfort in de winter. Hoe comfortabel is het volgens personeel?*
- cijfer: 18.betreft: comfort in de zomer. Hoe waarderen cliënten de airco?*
- cijfer: 19.betreft: comfort in de zomer. Hoe waardeert personeel airco*

Open vraag: Als ik directeur of minister van volksgezondheid (VWS) was, dan ...
(wat doe je aan pandemische paraatheid in het pand / welke voorzieningen tref je?)

Bijlage 3c: Karakterisering en comfort-eisen per gebouwcategorie

Tabel 9 geeft een typering van de vijf MUS-categorieën volgens hoofdstuk 1 en comfort-eisen bij het beoogde gebruik.

Tabel 9 Karakterisering en comfort-eisen aan de gebouwen per gebouwcategorie (niet uitputtend)

Gebouwcategorie	Karakterisering en comfort-eisen aan de gebouwen/ruimtes (niet uitputtend)
M-gebouwen (medische fitness)	• Hoog- en laag activiteitsniveau kunnen wisselend zijn tussen cliënten in dezelfde ruimte • Een cliënt kan in 1 les oefeningen doen met hoog en laag activiteitsniveau • Te onderscheiden: Cardio-oefeningen en Krachtoefeningen, beide hebben hoge en lage intensiteitsniveaus • Cliënten krijgen het warmer als ze intensieve oefeningen moeten doen, en dat geldt voor zowel Cardio als Krachtoefeningen. • Oudere mensen hebben het sneller koud, bewegen ook vaak minder intensief. • Verschil begeleider – cliënt. Begeleider doet oefening voor, cliënt doet oefeningen een aantal keer achter elkaar na of gedurende een bepaalde tijd met een bepaald intensiteit. Begeleider stemt kleding af op buiten/binnentemperatuur.
F-gebouwen (reguliere fitness, kleine groepen)	• Vaak redelijk tot hoog activiteitsniveau (kracht, cardio) in korte periode (zelf oefenen of in een groepsles). Lessen kunnen achter elkaar geprogrammeerd zijn.. Ramen open vaak gewenst. Vaak bewegen op muziek. Aandacht voor geluidsoverlast naar omgeving (niet altijd kunnen ramen open). Bij reguliere fitness/dansen is het activiteitsniveau redelijk hoog.
Y-gebouwen (yoga/pilates)	• Er zijn verschillende vormen van yoga, variërend van weinig activiteit (meditatieve yogavormen) tot veel activiteit (veel warmteproductie). Gewenste ventilatiehoeveelheid en temperatuur varieert afhankelijk van activiteit. Tocht door ramen ligt op de loer. Bij een laag activiteiten niveau, hebben cliënten hebben het snel te koud. Bij een hoog activiteitsniveau hebben cliënten het snel te warm • Binnen één yogastudio kunnen verschillende vormen van yoga worden gegeven met sterk verschillende activiteitsniveaus. • Yoga oefeningen worden vaak op een matje gedaan, elke les heeft een persoon zo een eigen plek. • Begeleider doet mee met oefeningen (doet oefeningen voor). Activiteitsniveau kan ook hoog zijn. • Yogagroepen kunnen elkaar kort na elkaar afwisselen. • Geluid van buiten naar binnen is bij meditatieve yoga storend. Geluid van binnen naar buiten kan voor de omgeving storend zijn.
Yw-gebouwen (yoga/pilates in wijkgebouwen)	• Ouderenyoga/Pilates in buurtcentra. Hier zijn vaak maar een paar lessen per week op een ochtend door één instructrice, maar dan wel vaak direct achter elkaar.
Z-gebouwen (kleedruimtes zwembaden)	• Zwemmers bloot en nat, hebben snel last van tocht (rillen van de kou). Toevoerlichtsnelheid in verblijfszone moet niet al te hoog zijn, en temperatuur mag niet laag zijn. Het is vochtig, dus is voldoende vochtafvoer belangrijk vanwege in- en uitwendig condensatiegevaar aan constructies. • Ventilatiesysteem kan geïntegreerd zijn in hele vochthuishouding/vochtbalans zwembadgebouw.

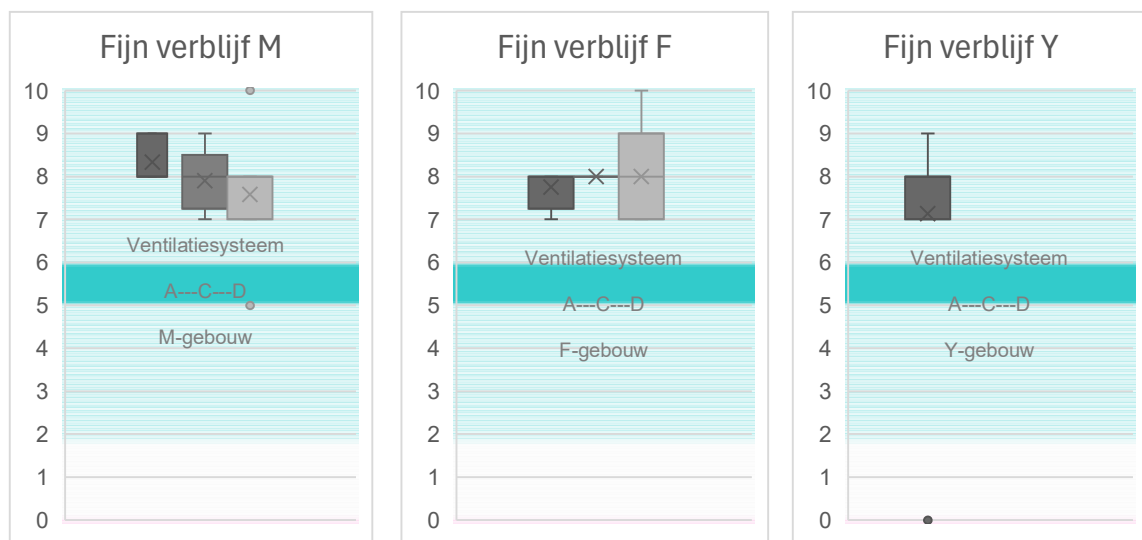
Bijlage 3d Resultaten inventarisatie: waardering van ventilatievoorzieningen door gebruikers en risico's bij een pandemie

Gebruikersoordeel – antwoorden op gebruikersvragenlijst

Gebruikersoordeel M-F-Y-gebouwen

Voor de onderzoeksvraag “Wat vindt u van de ruimte” zijn de antwoorden van geïnterviewden in gebouwen M-F-Y als boxplots naast elkaar weergegeven voor respectievelijk systeem A (boxplot links donkergrijs), systeem C (boxplot midden, middengrijs) en systeem D (boxplot rechts, lichtgrijs)

Wat vindt u van de ruimte?



Beoordeling geïnterviewden uit de gebouwen: M (medische fitness), F (reguliere fitness) en Y (yoga) op een tienpuntsschaal. (Boxplots links: systeem A, Boxplot midden: systeem C, Boxplot rechts: systeem D)

Samenvatting van hun waardeoordelen:

M-gebouw 14 antwoorden

De ruimtes werden over het algemeen als prettig ervaren, fijn om in te werken. De temperatuur in de zomer kan soms te hoog oplopen en soms kan het muf ruiken als veel mensen aanwezig zijn. Tocht is ook een paar keer genoemd. De airco werd gewaardeerd, maar het effect ervan leek afhankelijk van bezetting en omstandigheden.

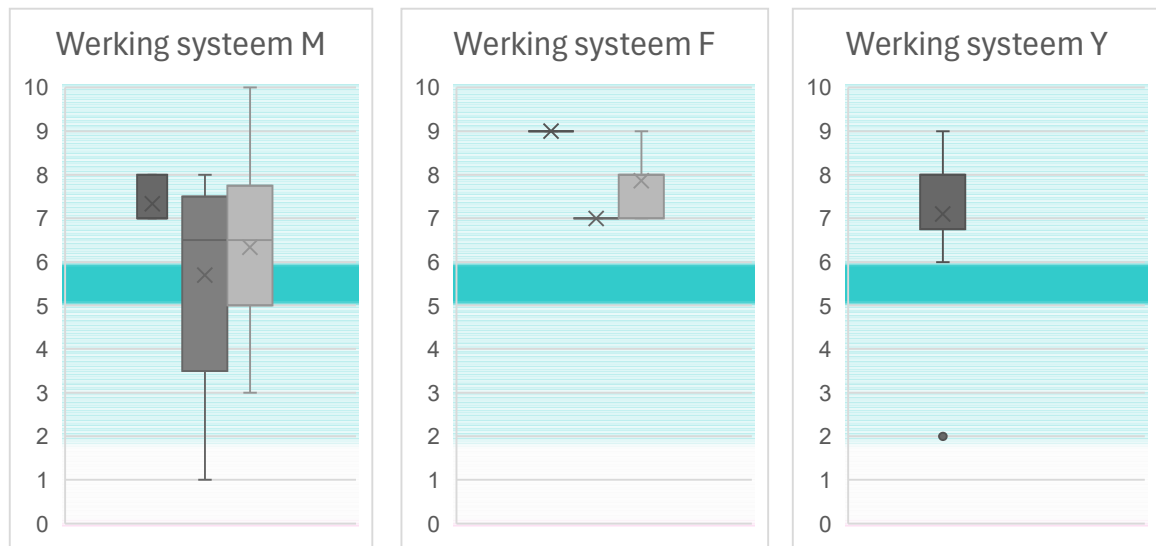
F-gebouw 8 antwoorden

De ruimten werden ervaren als prettig, ruim en goed geventileerd, aanwezige sportfaciliteiten zijn goed. De inpandigheid is een keer genoemd als minder prettig. Genoemd is dat het binnenklimaat afhankelijk is van het weer buiten en het aantal aanwezigen.

Y-gebouw 10 antwoorden

Hier zijn genoemde termen bij de Y-gebouwen: fijn, sfeervol en ruim, geschikt voor rustige activiteiten zoals yoga en meditatie. Cijfer was overwegend tussen 7-8. De lichtinval en de algemene sfeer zijn als positief benoemd. De ventilatie is vaak genoemd: meestal goed, soms worden ramen handmatig opengezet. Genoemde aandachtspunten waren: te warm in de zomer, lawaai van het ventilatiesysteem, akoestisch hol.

Wat vindt u van het ventilatiesysteem?



Beoordeling geïnterviewden uit de gebouwen: M (medische fitness), F (reguliere fitness) en Y (yoga) op een tienpuntsschaal (Boxplots links: systeem A, Boxplot midden: systeem C, Boxplot rechts: systeem D)

Samenvatting van hun waardeoordelen:

M-gebouw 17 antwoorden

De meningen over de werking van het ventilatiesysteem in het M-gebouw varieerden. Een deel van de respondenten gaf aan dat het systeem goed werkt en makkelijk te bedienen is. Maar ook is aangegeven dat het snel warm is, dat de lucht soms bedompt aanvoelt en dat er twijfel is of het systeem goed werkt. Airco is een aantal keer aangemerkt als alternatief voor het ventilatiesysteem. Negatief aspect was de invloed van nare geuren uit andere ruimtes, maar verbetering van de ventilatie was volgens geïnterviewden vaak nog mogelijk via het openen van ramen. De waardering van systeem C was lager dan van A en C.

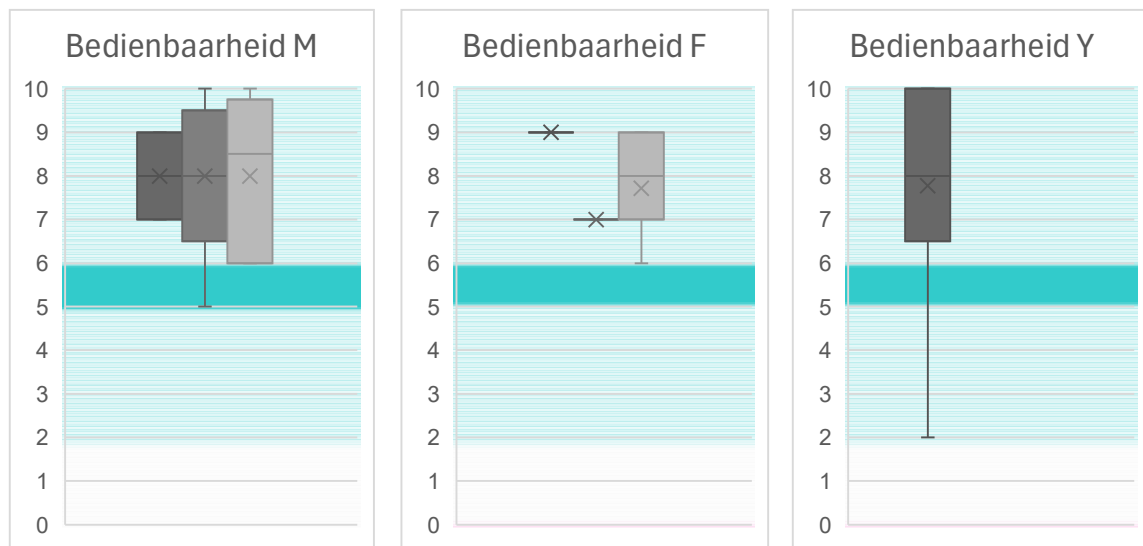
F-gebouw 8 antwoorden

De ventilatie in het F-gebouw was overwegend positief. Meerdere respondenten noemden het systeem goed of zelfs erg goed werkend, met voldoende inblaaspunten. Ook vermeld werden te openen deuren als aanvullende ventilatiemogelijkheden en afhankelijkheid van het aantal aanwezigen en het buitenklimaat. De regeling van het systeem (zoals via een knopje achter de balie) werd veelal als praktisch bruikbaar ervaren. Waardering overall: positief.

Y-gebouw 10 antwoorden

De waardering van de ventilatie in Y-gebouwen is overwegend voldoende-goed. Soms werden recent verbeterde voorzieningen zoals nieuwe roosters en filters genoemd. Te openen ramen voor frisse lucht worden genoemd, maar ook de luchtreiniger die goed werkt, en de mechanische ventilatie die in standen regelbaar is. Geluidproductie van het ventilatiesysteem op hogere ventilatiestanden werd als negatief punt genoemd. De natuurlijke ventilatie werd positief beoordeeld.

Wat vindt u van de regeling/bedienbaarheid van de ventilatie?



Beoordeling geïnterviewden uit de gebouwen: M (medische fitness), F (reguliere fitness) en Y (yoga) op een tienpuntsschaal (Boxplots links: systeem A, Boxplot midden: systeem C, Boxplot rechts: systeem D)

Samenvatting van hun waardeoordelen:

M-gebouw 19 antwoorden

Ventilatiesystemen waren gemakkelijk te bedienen via een eenvoudige draaiknop of schakelaar, maar de bediening bleek niet altijd duidelijk te zijn. Sommige medewerkers wisten niet goed hoe het systeem werkte of "probeerden maar wat". In sommige gevallen was er een centrale of automatische regeling. De aanwezigheid van te openen ramen werd als positief ervaren, al werden de hoog geplaatste ramen niet altijd benut. De regelbaarheid werd positief gewaardeerd.

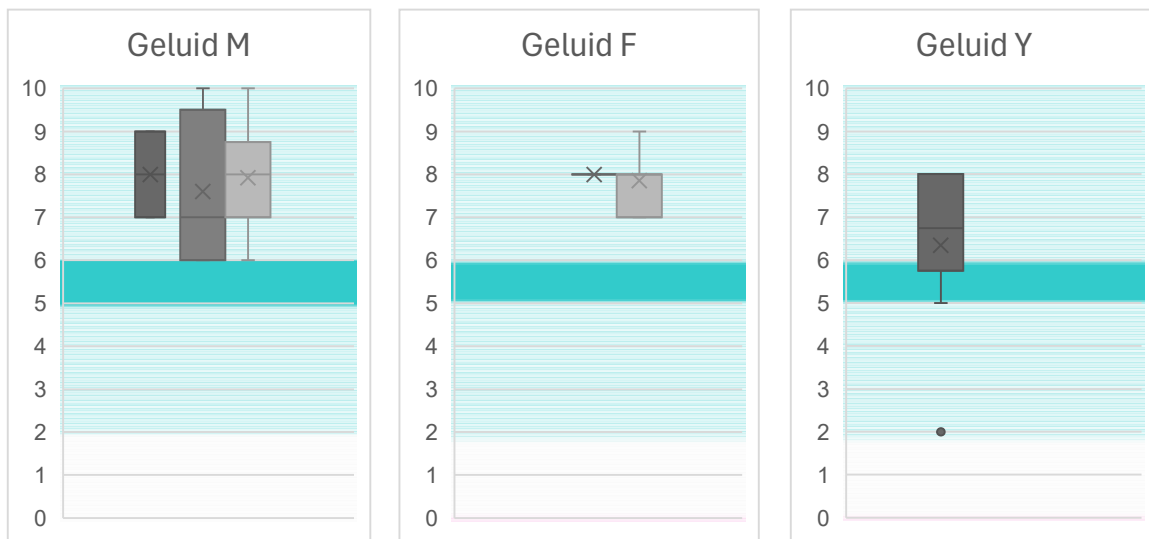
F-gebouw 8 antwoorden

De bediening van het ventilatiesysteem in het F-gebouw werd vrijwel unaniem als gemakkelijk en duidelijk omschreven. De handmatige instelling van de ventilatie via knoppen was vaak duidelijk, soms was er een simpele afstandsbediening of een centrale regeling waar men niets aan hoefde te doen.

Y-gebouw 8 antwoorden

In Y-gebouwen werd het ventilatiesysteem overwegend als goed bedienbaar beoordeeld. Meerdere respondenten gaven aan dat het systeem makkelijk via een knop of draaiknop te bedienen was. Ramen en deuren zijn vaak open te zetten voor extra ventilatie. In enkele ruimtes is het systeem centraal geregeld, maar dat vond men prima. Niet altijd kon men goed bij de ramen, wat negatief werd beoordeeld.

Heeft u geluidsoverlast van het ventilatiesysteem?



Beoordeling geïnterviewden uit de gebouwen: M (medische fitness), F (reguliere fitness) en Y (yoga) op een tienpuntsschaal (Boxplots links: systeem A, Boxplot midden: systeem C, Boxplot rechts: systeem D)

Samenvatting van hun waardeoordelen:

M-gebouw 20 antwoorden

De meeste geïnterviewden hadden geen geluidsoverlast door het ventilatiesysteem, maar in een paar gevallen werd brommend geluid waargenomen als het systeem aansloeg, en klachten van omwonenden en bovenburen wanneer de ventilator op hoge stand stond.

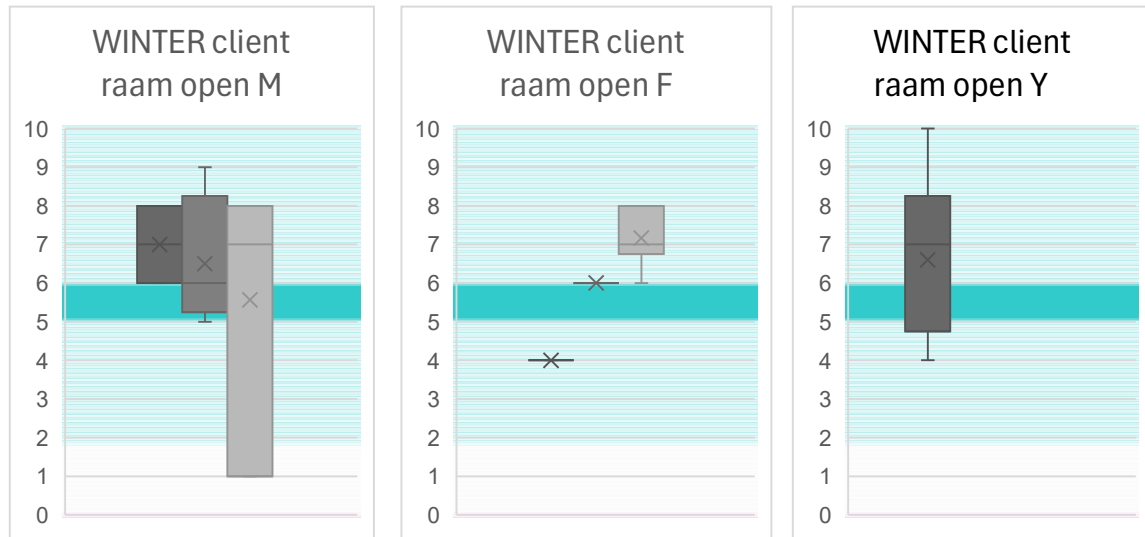
F-gebouw 8 antwoorden

In het F-gebouw was de feedback vrijwel unaniem positief. Eén respondent noemde een beetje geluid bij de hoogste stand, maar vond dit niet erg hinderlijk.

Y-gebouw 10 antwoorden

Veel respondenten gaven aan geen overlast te ervaren van het ventilatiesysteem, maar er zijn ook meerdere opmerkingen gemaakt over geluid bij hogere ventilatiestanden. Vooral tijdens stille lessen zoals yoga/meditatie kon dit als storend worden ervaren. Ook wegverkeerslawaaï kan bij open ramen hinderlijk zijn en reden om tijdens lessen ramen gesloten te houden. Enkele gebruikers geven aan gewend te zijn geraakt aan de geluidhinder, en hebben het geaccepteerd.

Waardering van te openen ramen door cliënten (winter)?



Beoordeling geïnterviewden uit de gebouwen: M (medische fitness), F (reguliere fitness) en Y (yoga) op een tienpuntsschaal. (Boxplots links: systeem A, Boxplot midden: systeem C, Boxplot rechts: systeem D)

Samenvatting van hun waardeoordelen:

M-gebouw 15 antwoorden

Over het algemeen waren ramen in de winter gesloten. Enkele respondenten gaven aan dat cliënten zelf de ramen openden, terwijl anderen dan kou ervaarden. Cliënten die het frisjes vonden kwamen dan later met warmere kleding met lange mouwen en lange broek, terwijl anderen die kou plezierig vonden tijdens het sporten.

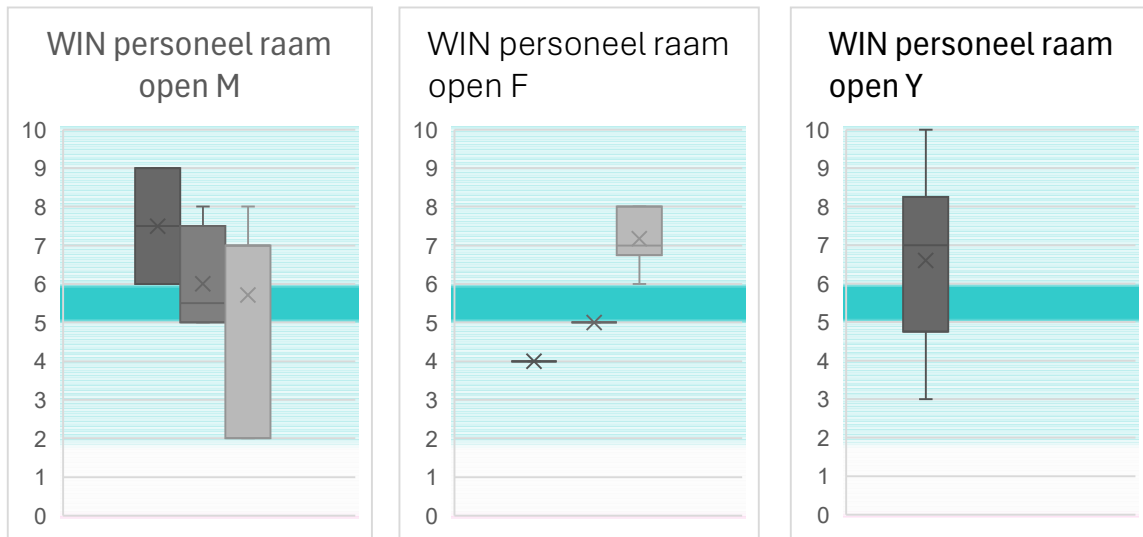
F-gebouw 11 antwoorden

Veel ruimtes hebben geen te openen ramen of hebben de ramen nooit open. De ventilatie gebeurt via andere manieren, via een deur of het ventilatiesysteem. Over het algemeen komen er weinig tot geen klachten van cliënten over te weinig open ramen in de winter. Bij ruimtes waar een deur open kan kwam som teveel kou binnen bij oefeningen op de grond.

Y-gebouw 10 antwoorden

Men bleek gevoelig voor koude lucht tijdens yoga / meditatielessen. Ramen bleven tijdens de lessen meestal gesloten vanwege koudeval, en werden soms na de les opengezet voor verluchting. Sommige cliënten bleken te verzoeken om ramen te openen, terwijl anderen ze liever gesloten hielden vanwege tocht of kou.

Waardering van te openen ramen door personeel (therapeuten/instructeurs) (winter)?



Beoordeling geïnterviewden uit de gebouwen: M (medische fitness), F (reguliere fitness) en Y (yoga) op een tienpuntsschaal. (Boxplots links: systeem A, Boxplot midden: systeem C, Boxplot rechts: systeem D)

Samenvatting van hun waardeoordelen:

M-gebouw 16 antwoorden

In M-gebouwen vonden veel personeelsleden het openen van ramen in winter niet nodig vanwege aanwezige airco's, maar soms bleken ramen ook niet geopend te kunnen worden. Medewerkers geven aan dat ze het soms fris vinden als ramen zijn geopend, maar dan kleden ze zich warmer aan, bijvoorbeeld met een geïsoleerd jasje. De waardering van te openen ramen in de winter was met name bij systeem D wisselend positief en negatief (2-7 gemiddeld), bij de systemen A en C die van natuurlijke luchttoevoer afhankelijk zijn varieerde de waardering van 5-9.

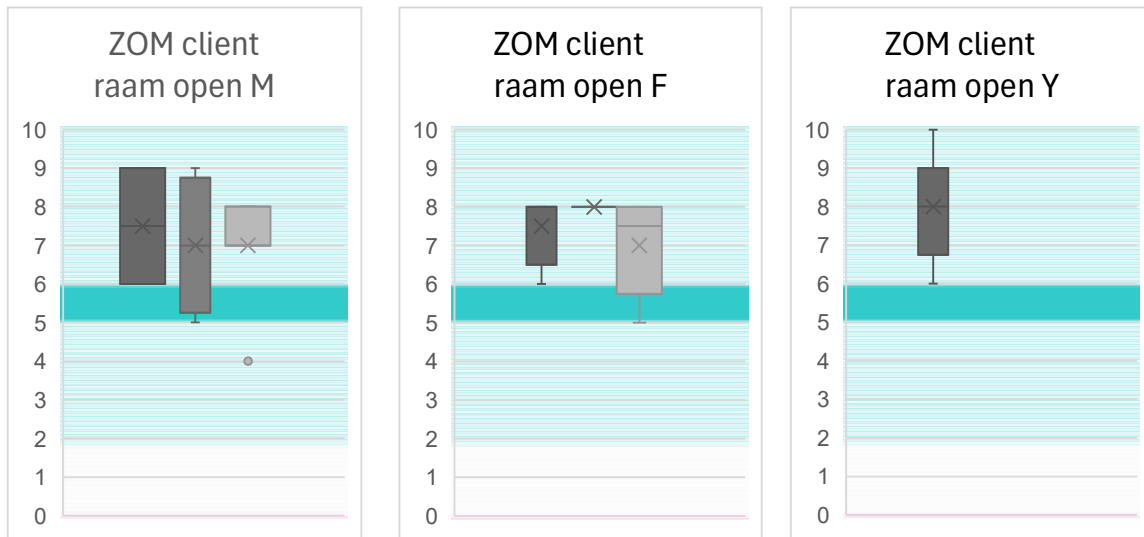
F-gebouw 11 antwoorden

In veel F-gebouwen bleek de discussie over open ramen in de winter nauwelijks te spelen, omdat veel ruimtes geen te openen ramen hebben of ramen in de winter gewoonweg niet worden geopend. Zeker bij grond- of rustige oefeningen leverde dit nogal eens klachten over ervaren kou op. De meeste geïnterviewden gaven aan dat het prima gaat zonder ramen open. Raam open werd positiever gewaardeerd dan bij systeem D waar het niet altijd nodig is, maar bruikbaar als gewenst, de waardering is negatiever bij systemen A en C waar het vaak een must is voor voldoende ventilatie.

Y-gebouw 10 antwoorden

Instructeurs in Y-gebouwen vonden frisse lucht belangrijk, maar zij ervaren ook last van koudeval tijdens lessen als ramen open staan. Daarom zijn ramen meestal gesloten tijdens de les, en eventueel na afloop geopend. Sommigen vinden raam open toch wel fijn, anderen wijzen op tocht en kou door natuurlijke ventilatie. De waardering van ramen open varieert sterk van 5-8 gemiddeld.

Waardering van te openen ramen door cliënten (zomer)?



Beoordeling geïnterviewden uit de gebouwen: M (medische fitness), F (reguliere fitness) en Y (yoga) op een tienpuntsschaal. (Boxplots links: systeem A, Boxplot midden: systeem C, Boxplot rechts: systeem D)

Samenvatting van hun waardeoordelen:

M-gebouw 17 antwoorden

In M-gebouwen waren cliënten over het algemeen positief over het openen van ramen in de zomer. Meerdere respondenten gaven aan dat cliënten zelf de ramen openen of aangeven dat ze dat prettig vinden. Warmte bleek regelmatig een issue. Ruimten werden vaak als (te) warm ervaren, er werd melding gemaakt van geen zonwering en ramen en airco die soms zelfs tegelijkertijd worden gebruikt. Maar vaak kunnen ramen niet open of mogen ramen niet open als de airco aanstaat. Het openen van deuren biedt soms een uitkomst bij overmatige warmte. Voor alle systemen is de waardering gemiddeld 7.

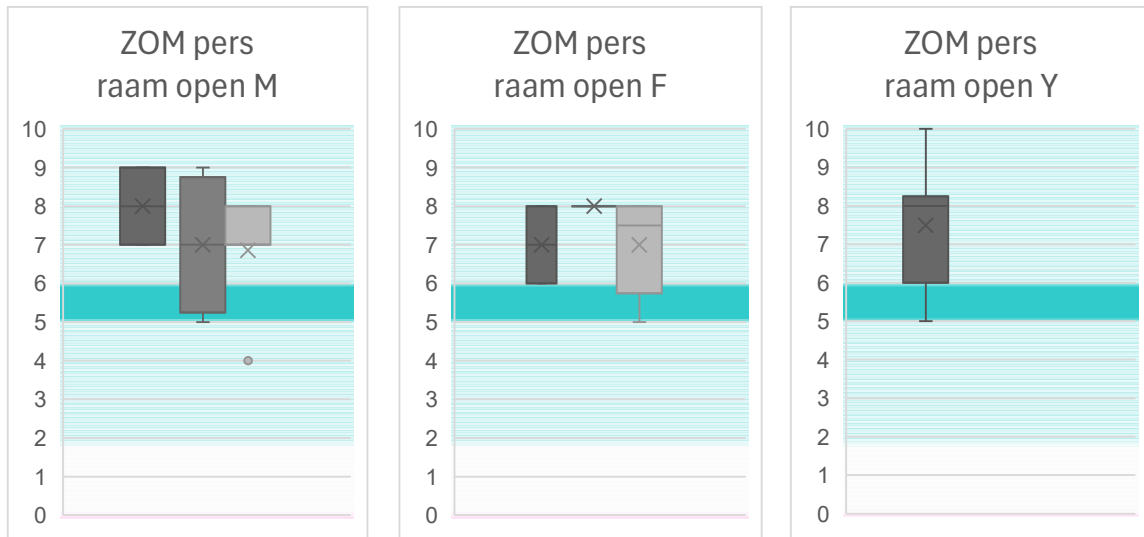
F-gebouw 10 antwoorden

In F-gebouwen ontbreken ramen/deuren nogal eens of bleken niet open te kunnen. Waar dat wel kan, werden geopende ramen of deuren als prettig ervaren, vooral voor een frisse wind. Vaak werd de airco als effectief genoeg beoordeeld voor temperatuurbeheersing. Geluid werd als overweging genoemd om ramen/deuren niet te openen, zowel voor geluid van buiten naar binnen als omgekeerd.

Y-gebouw 10 antwoorden

In Y-gebouwen bleken cliënten over het algemeen enthousiast over open ramen in de zomer. Ze geven zelf aan wanneer ze behoefte hebben aan frisse lucht, en ramen worden dan ook geregeld geopend. Toch werd ook hier geluidsoverlast van buiten genoemd als knelpunt, vooral tijdens rustige lessen. Dan blijven ramen dicht, een luchtreiniger of airco wordt genoemd als alternatief. Sommige respondenten geven aan dat bijna elke les de ramen openstaan, of dat het als “heerlijk” werd ervaren wanneer deuren wijd open kunnen. Bij Y waardeert men ramen open overwegend positief in de zomer (7-9 gemiddeld). De balans tussen ventilatie en geluidsccomfort is hier belangrijk.

Waardering van te openen ramen door personeel (zomer)?



Beoordeling geïnterviewden uit de gebouwen: M (medische fitness), F (reguliere fitness) en Y (yoga) op een tienpuntsschaal. (Boxplots links: systeem A, Boxplot midden: systeem C, Boxplot rechts: systeem D)

Samenvatting van hun waardeoordelen:

M-gebouw 17 antwoorden

Veel personeel geeft aan dat ramen niet open kunnen of mogen vanwege de airco. Te warme vertrekken werden ook genoemd, ondanks de airco. Als ramen of deuren wél open kunnen, werd dat regelmatig als prettig en verkoelend ervaren. Omdat het personeel vaak maar kort in de ruimte aanwezig is, werd eventuele hinder door geluid via open ramen niet als heel ernstig ervaren.

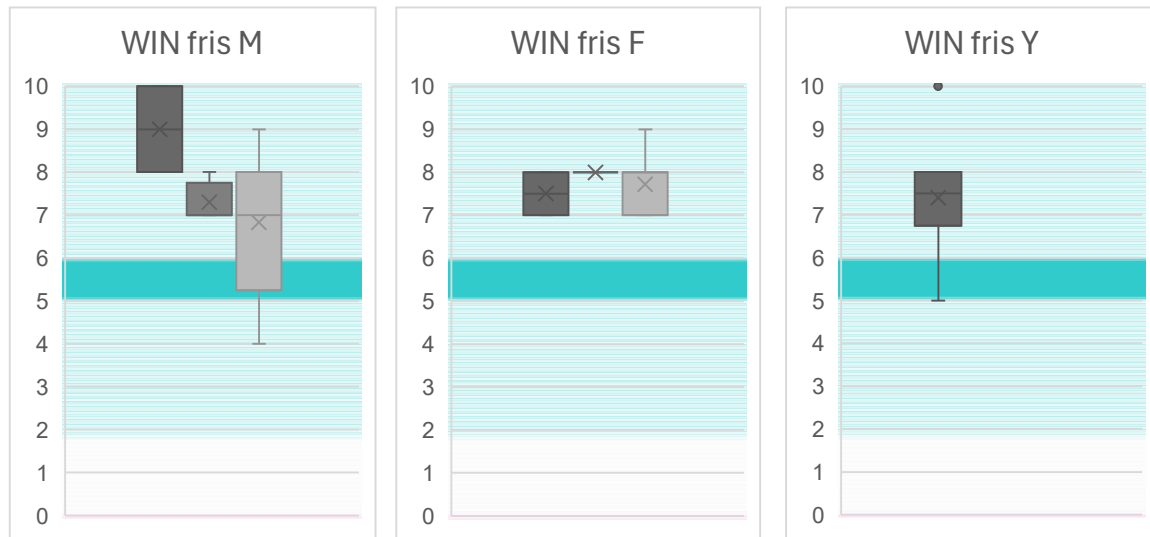
F-gebouw 9 antwoorden

In F-gebouwen bleek het openzetten van ramen niet altijd mogelijk. Waar dat wel kon, vond het personeel het fijn voor extra ventilatie. Geluidsoverlast is genoemd bij geopende ramen of deuren (geluid van buiten naar binnen, maar zeker bij harde muziek – geluid van binnen naar buiten en hinder veroorzaken voor de omgeving). De airco werd als prima ervaren en was vaak voldoende om de ruimte koel te houden. De buitendeur werd soms geopend voor extra frisse lucht.

Y-gebouw 10 antwoorden

In Y-gebouwen waardeerde het personeel frisse lucht via open ramen of deuren, vooral buiten lestijden om. De luchtreiniger en airco werden als alternatief genoemd. Personeel noemt het gevoel van een open deur of briesje als “heerlijk” of “aangenaam”, mits het de les niet stoort. Tijdens lessen hield personeel ramen vaak gesloten vanwege geluidsoverlast, maar werden na de les weer opengezet.

Waardering frisheid van de lucht (muffe lucht)?



Beoordeling geïnterviewden uit de gebouwen: M (medische fitness), F (reguliere fitness) en Y (yoga) op een tienpuntsschaal. (Boxplots links: systeem A, Boxplot midden: systeem C, Boxplot rechts: systeem D)

Samenvatting van hun waardeoordelen:

M-gebouw 18 antwoorden

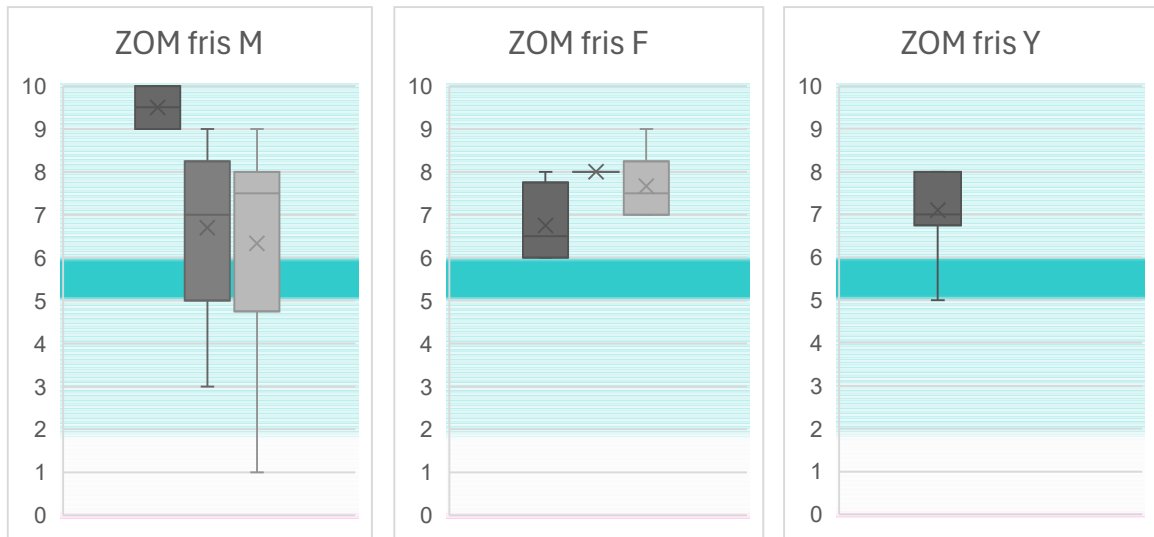
In M-gebouwen werd de frisheid van de lucht in de winter overwegend positief beoordeeld. Veel respondenten gaven aan dat ze de lucht voldoende fris vonden, mede dankzij de aanwezige airco en de mogelijkheid om ramen of deuren te openen. Toch vonden sommigen de lucht enigszins bedompt en werd genoemd dat nare geurtjes lang bleven hangen, vooral als het druk was. Bij systeem D zijn er wisselend positief en negatieve waarderingen (gemiddeld 5-8).

F-gebouw 8 antwoorden

De frisheid van de lucht werd gemiddeld met 7-8 gewaardeerd. De meeste respondenten vonden dat er voldoende frisse lucht was, vooral als de ruimte niet te vol zit. Bij inpandige ruimtes werd de deur geopend voor extra luchttoevoer.

Y-gebouw 10 antwoorden

Het oordeel is overwegend positief, 7-8. Vaak is het oordeel over frisheid van de lucht positief bij open ramen, soms met gebruik van luchtfilters. Soms bleek al extra mechanische ventilatie te zijn aangebracht, voor meer luchtverversing. Maar in de winter is er het probleem van koudeval, waardoor dan ramen dicht blijven. Dat zorgt dat de ruimte dan juist snel bedompt aanvoelt. Bij rustige activiteiten zoals yoga had men sneller last van tocht.



Beoordeling geïnterviewden uit de gebouwen: M (medische fitness), F (reguliere fitness) en Y (yoga) op een tienpuntsschaal. (Boxplots links: systeem A, Boxplot midden: systeem C, Boxplot rechts: systeem D)

Samenvatting van hun waardeoordelen:

M-gebouw 20 antwoorden

De meningen over de frisheid van de lucht in de zomer zijn verdeeld. Een deel van de respondenten vond hun fysiogymruimte dankzij airco, te openen ramen en deuren voldoende fris. Meerdere respondenten noemen de ruimte in de zomer te warm of bedompt, vooral bij warm weer en onvoldoende ventilatie. Genoemd werd dat geurtjes soms blijven hangen waardoor de frisheid als onvoldoende werd ervaren. Vertrekken met ventilatiesystemen C en D werden als minder fris (gemiddeld 5-8) beoordeeld dan vertrekken met systeem A met uitschieters naar beneden van 1-3. Onduidelijk blijft voor onderzoekers of sommige geïnterviewden bij frisheid “de temperatuur” of “bedomptheid” hebben beoordeeld.

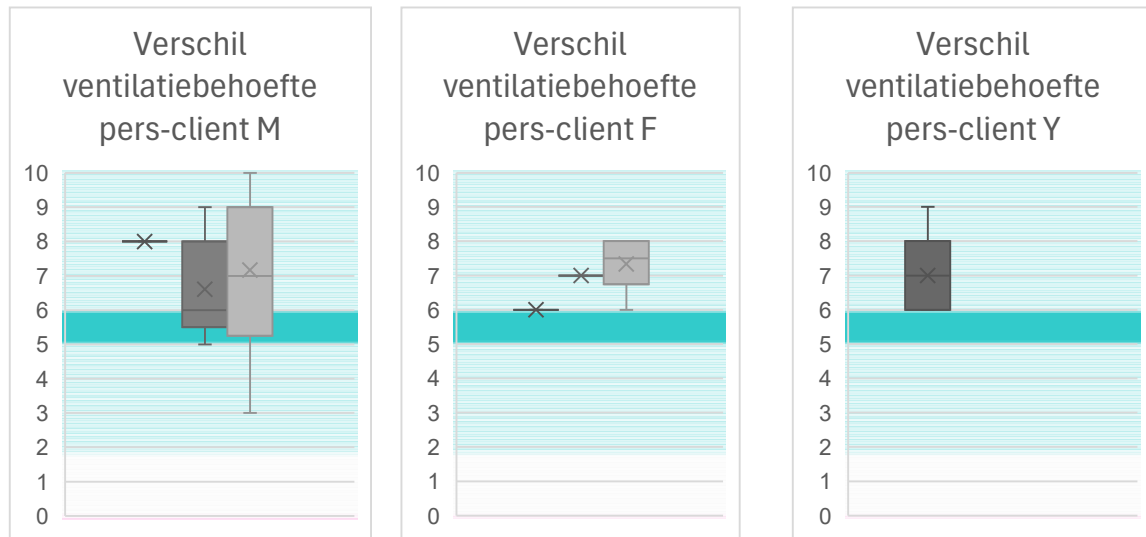
F-gebouw 11 antwoorden

De frisheid in de zomer werd in F-vertrekken positief gewaardeerd. De meeste respondenten gaven aan dat de temperatuur en luchtkwaliteit voldoende tot goed zijn omdat de airco wordt gebruikt of buitendeuren open gaan om te ventileren. Toch wordt ook incidenteel gemeld dat het wat warm kan worden in de zomer.

Y-gebouw 10 antwoorden

In Y-gebouwen werd de frisheid in de zomer over het algemeen als voldoende ervaren. Grote hoge ruimtes dragen daaraan bij. Bij gebruik van het ventilatiesysteem of geopende ramen was het niet bedompt. Wel werd door sommigen de airco op warme dagen gemist; bij hoogzomer werd het soms echt te warm, vooral bij fysieke inspanning.

Is er volgens u een verschil in ventilatiebehoefte tussen cliënten/zorgpersoneel?



Beoordeling geïnterviewden uit de gebouwen: M (medische fitness), F (reguliere fitness) en Y (yoga) op een tienpuntsschaal. (Boxplots links: systeem A, Boxplot midden: systeem C, Boxplot rechts: systeem D)

Samenvatting van hun waardeoordelen:

M-gebouw 19 antwoorden

In M-gebouwen bleek er geregeld een verschil in ventilatiebehoefte tussen personeel en cliënten te zijn, doordat cliënten fysiek actiever zijn door sporten/oefeningen, waardoor ze het sneller warm hebben. Personeel heeft het eerder koud bij lagere buitentemperaturen, als zij minder bewegen of stilzitten.

Sommige respondenten merkten op dat personeel en cliënten hier flexibel mee omgaan, door hun kleding daarop aan te passen of de ventilatie bij te regelen. Toch geven meerdere respondenten aan dat er vooral in de zomer een gedeelte de behoefte is aan het kunnen openen van deuren en extra ventilatie.

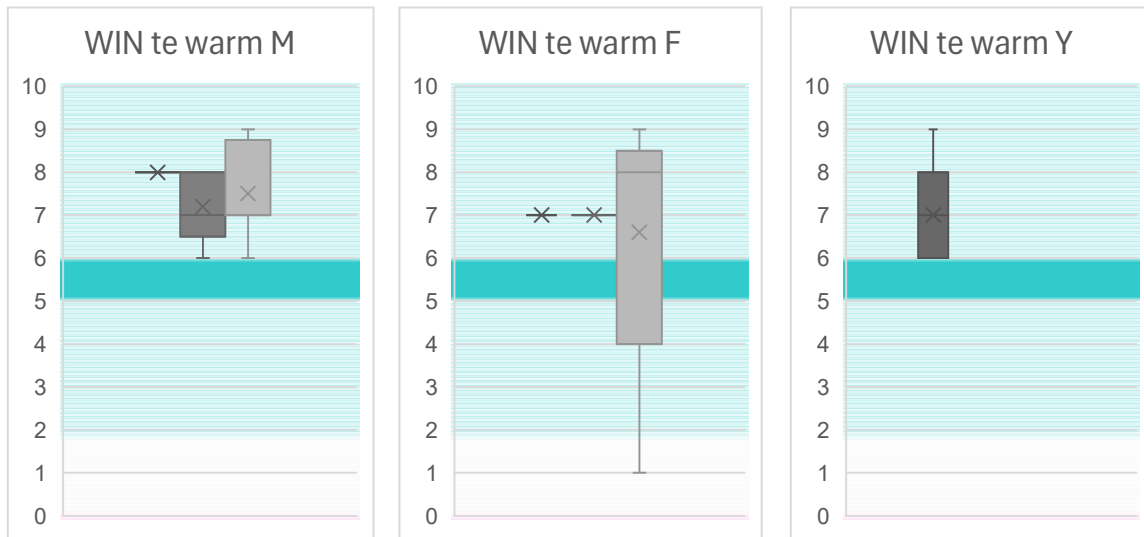
F-gebouw 7 antwoorden

In F-gebouwen zijn er verschillende meningen: Enerzijds werd aangegeven dat er niet echt verschil in ventilatiebehoefte tussen personeel en cliënt zou zijn, maar ook is in een interview aangegeven dat individuele behoefteverschillen tussen personen groot kunnen zijn. Zo zijn er mensen met meer ventilatiebehoefte door astmatische aandoening of kortademigheid. Het hoeft dus niet alleen een verschil tussen personeel-client te zijn.

Y-gebouw 10 antwoorden

In Y-gebouwen werd geen wezenlijk verschil in ventilatiebehoefte gerapporteerd tussen personeel en cliënten. Als belangrijke verklaring werd gegeven: yoga instructeurs doen actief mee met de oefeningen en spannen zich net zo hard in. Beslissingen om al dan niet ramen te openen voor ventilatie worden in gezamenlijk overleg met de groep genomen.

Is het in de WINter te warm in de sportruimte? En in de ZOMer?



Beoordeling geïnterviewden uit de gebouwen: M (medische fitness), F (reguliere fitness) en Y (yoga) op een tienpuntsschaal. (Boxplots links: systeem A, Boxplot midden: systeem C, Boxplot rechts: systeem D)

Samenvatting van hun waardeoordelen:

M-gebouw: 22 antwoorden (WIN)

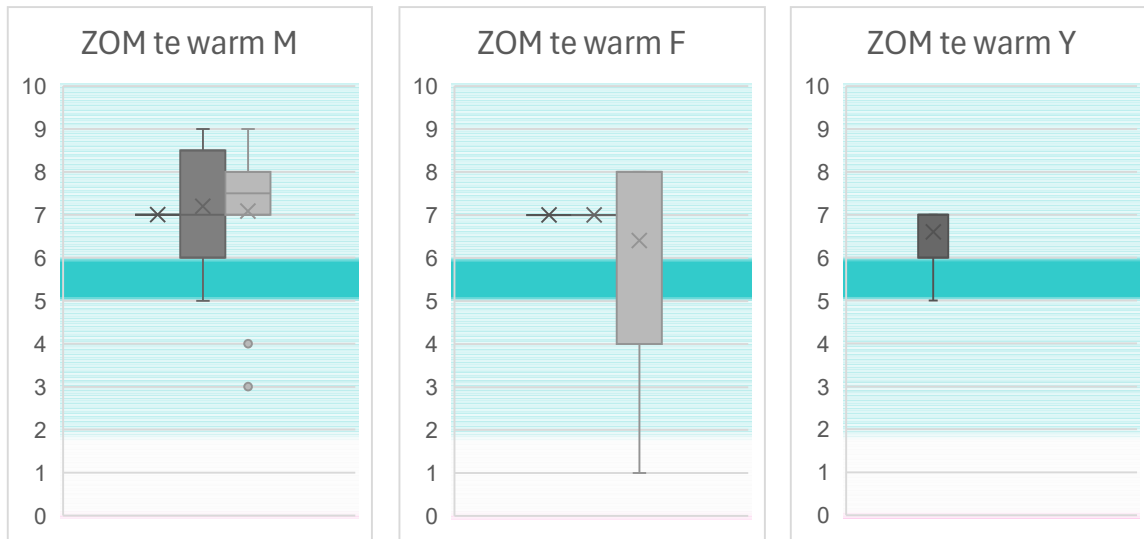
Overwegend werd aangegeven dat het in de winter niet te warm is.

F-gebouw: 7 antwoorden

Ook hier is overwegend het antwoord dat het niet te warm is in de winter.

Y-gebouw: 10 antwoorden

De meeste antwoorden zijn dat het niet te warm is in de winter. In sommige lessen worden kruiken gebruikt om het warm te houden tijdens niet-intensieve (meditatie) lessen.



Beoordeling geïnterviewden uit de gebouwen: M (medische fitness), F (reguliere fitness) en Y (yoga) op een tienpuntsschaal. (Boxplots links: systeem A, Boxplot midden: systeem C, Boxplot rechts: systeem D)

Samenvatting van hun waardeoordelen:

M-gebouw: 21 antwoorden (ZOM)

Diverse keren werd geantwoord dat cliënten het snel te warm hebben, vooral door veel glas en geen open ramen. Er is regelmatig airco aanwezig, soms zelfs meerdere airco-apparaten. Personeel kan deze vaak bijregelen. Sommige mensen ervaren geen last of vinden het prima met ventilatie door open ramen, of als het vertrek noord-georiënteerd is.

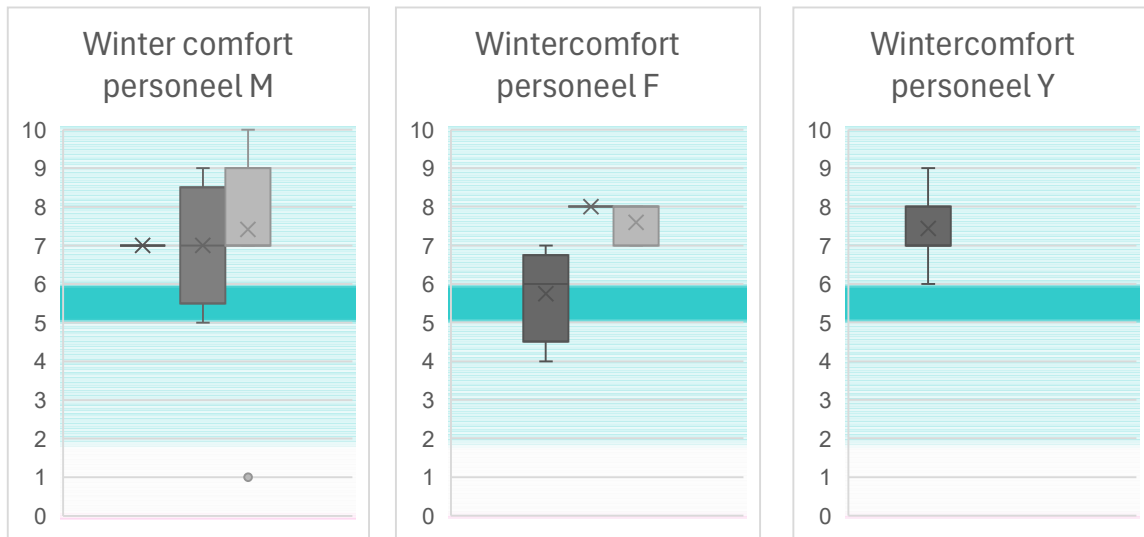
F-gebouw: 6 antwoorden

De meeste antwoorden gaven aan dat men het niet te warm vindt. Er is vaak airco aanwezig.

Y-gebouw: 7 antwoorden

Het oordeel was over het algemeen licht positief, maar wel zijn situaties gemeld dat het te warm is. Vaak kunnen ramen open om te ventileren, soms is een airco beschikbaar. Bij intensieve lessen (zoals dans of HITT) kan het warm worden en benauwd.

Wat vindt het personeel van het comfort in de winter, en wat vindt de cliënt volgens u?



Beoordeling geïnterviewden uit de gebouwen: M (medische fitness), F (reguliere fitness) en Y (yoga) op een tienpuntsschaal. (Boxplots links: systeem A, Boxplot midden: systeem C, Boxplot rechts: systeem D)

Samenvatting van hun waardeoordelen:

M-gebouw: 16 antwoorden

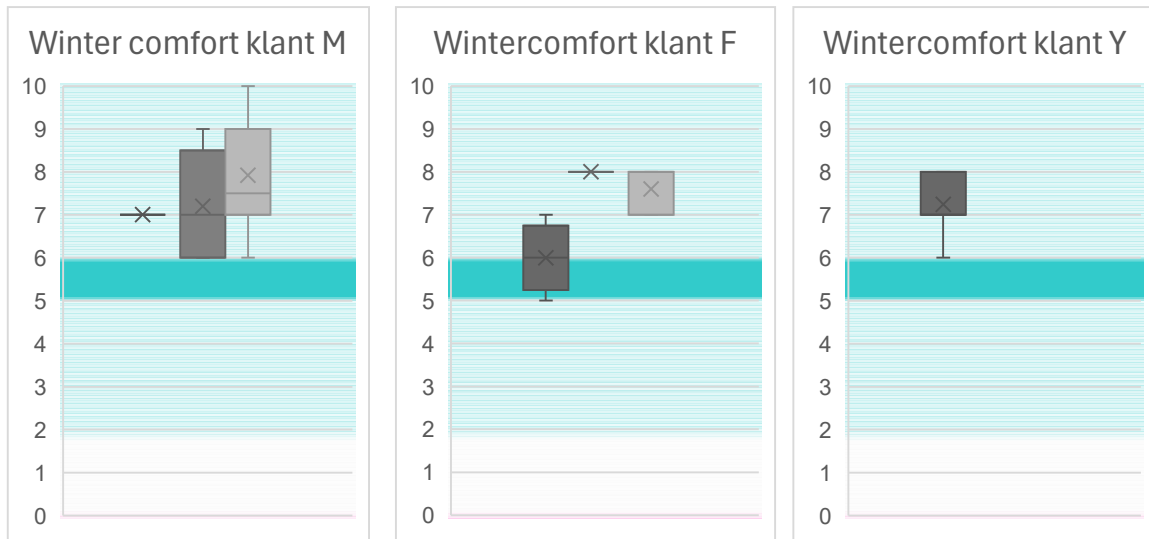
Overwegend weinig/geen klachten over het comfort. Enkele opmerkingen zijn gemaakt dat het soms te koud is in de winter, maar personeel is hier via kleding op voorbereid. Sommige cliënten (en wellicht personeel) hebben het sneller koud. Bij systemen C werd het comfort van personeel met systeem C soms wat lager gewaardeerd (5).

F-gebouw: 6 antwoorden

Er waren weinig klachten over comfort t.a.v. verwarming. Bij systeem A scoort wintercomfort lager dan bij B en C (4,5-6,5 gemiddeld).

Y-gebouw: 10 antwoorden

Comfort werd als voldoende tot goed ervaren. Verwarming werd als prima beschouwd. Soms is er sprake van tocht, maar over het algemeen geen grote problemen.



Beoordeling geïnterviewden uit de gebouwen: M (medische fitness), F (reguliere fitness) en Y (yoga) op een tienpuntsschaal. (Boxplots links: systeem A, Boxplot midden: systeem C, Boxplot rechts: systeem D)

Samenvatting van hun waardeoordelen:

M-gebouw: 18 antwoorden

Uit de meeste antwoorden bleek dat er niet veel klachten zijn van cliënten over het wintercomfort. Enkele opmerkingen werden gemaakt dat het soms wat te koud kan zijn, vooral bij ruimtes grenzend aan buitenmuren. Kou zou bij de overwegend actieve cliënten minder spelen, het zou eerder te warm zijn door de activiteiten. Als ruimtes hoger zijn, werkt dat positief.

F-gebouw: 10 antwoorden

Comfort werd over het algemeen als goed tot prima beoordeeld. Bij systeem A waarden cliënten het wintercomfort minder hoog (5-7) dan bij systemen C en D (7-8).

Y-gebouw: 8 antwoorden

Overwegend werd het comfort als goed tot prima beoordeeld op wat klachten over toch na.

Wat vindt de cliënt van de airco? En hoe denkt het personeel over de airco?



Beoordeling geïnterviewden uit de gebouwen: M (medische fitness), F (reguliere fitness) en Y (yoga) op een tienpuntsschaal. (Boxplots links: systeem A, Boxplot midden: systeem C, Boxplot rechts: systeem D)

Samenvatting van hun waardeoordelen:

M-gebouw: 15 antwoorden (niet altijd airco aanwezig)

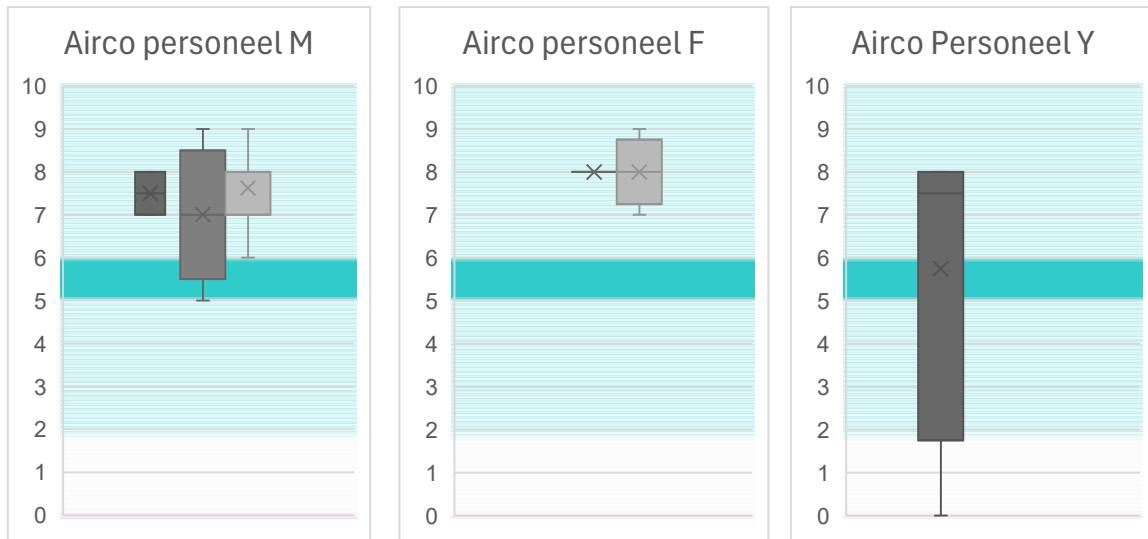
Koeling en airco werd overwegend als goed, fris en prettig ervaren. Cliënten zouden de airco vooral waarderen omdat zij het snel warm hebben bij oefeningen. Airco is "hard nodig" volgens meerdere reacties, maar ook die schiet ook in sommige gevallen tekort. Personeel vindt het soms zelfs wat te koud met airco aan, maar in die gevallen konden zij dat zelf bijregelen. Bij vertrekken op het noorden leek airco minder hard nodig te zijn.

F-gebouw: 5 antwoorden (niet altijd airco aanwezig)

Airco werd als goed en fijn ervaren, weinig klachten. Eventuele klachten worden toegeschreven aan verkeerde instellingen van het personeel, niet aan de airco zelf.

Y-gebouw: 5 antwoorden (niet altijd airco aanwezig)

Er is weinig of geen airco aanwezig, soms geen losse airco. Waar airco werd gebruikt, werd het als prettig en fijn ervaren. De zeer lage waarderingen zijn naar verwachting situaties dat er geen airco aanwezig is.



Beoordeling geïnterviewden uit de gebouwen: M (medische fitness), F (reguliere fitness) en Y (yoga) op een tienpuntsschaal. (Boxplots links: systeem A, Boxplot midden: systeem C, Boxplot rechts: systeem D)

Samenvatting van hun waardeoordelen:

M-gebouw: 15 antwoorden

Airco werd overwegend als goed en prima beoordeeld, maar kan niet altijd voorzien in de koelbehoefte. Personeel heeft lang niet altijd behoefte aan airco.

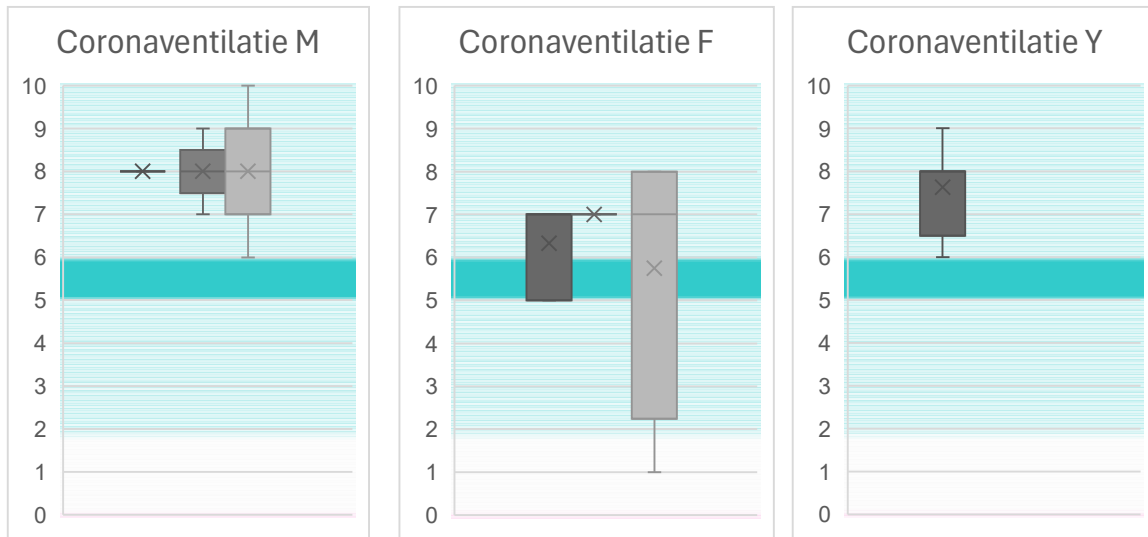
F-gebouw: 5 antwoorden

Over het algemeen werd airco als fijn ervaren. Eventuele klachten worden toegeschreven aan verkeerde instellingen door personeel, niet aan het systeem zelf.

Y-gebouw: 4 antwoorden

Waar airco werd gebruikt, is dat een pluspunt en werd het als fijn ervaren. Klagen over airco gebeurt eigenlijk niet, airco is nauwelijks een gespreksonderwerp. De negatieve uitschieters gaan naar verwachting over het ontbreken van airco.

Werd er anders geventileerd ten tijde van de Coronapandemie t.o.v. de periode daarvoor?



Beoordeling geïnterviewden uit de gebouwen: M (medische fitness), F (reguliere fitness) en Y (yoga) op een tienpuntsschaal. (Boxplots links: systeem A, Boxplot midden: systeem C, Boxplot rechts: systeem D)

Samenvatting van hun waardeoordelen:

M-gebouw: 19 antwoorden

Ramen stonden altijd al vaak open in M-gebouwen, maar in coronatijd werd dit nog vaker en/of langer en intensiever gedaan. Er werd beduidend meer geventileerd, en naast ramen werden vooral ook deuren vaker opengezet. Extra ramen werden waar nodig geplaatst. Naast meer luchten werd gelet op de bezetting, soms alleen 1-op-1 lessen met lagere bezetting. Buiten werd ook getraind en de groepsgrootte was kleiner dan voorheen.

F-gebouw: 7 antwoorden

In Coronatijd werden buitendeuren opengezet voor extra ventilatie. Ook ramen stonden vaker open. Veel lessen werden buiten gegeven, ook waren er minder mensen per les aanwezig.

Y-gebouw: 11 antwoorden

Een aantal geïnterviewden gaf helemaal geen les in coronatijd. Waar wel les was, werden ramen vaker verplicht opengezet. Later werd dat: alleen open zetten wanneer nodig. Luchtzuiveraars werden destijds aangeschaft en extra ventilatieroosters en extra ventilatoren werden geplaatst en soms werd extra bevochtigd. Ook ventileren op een hogere stand was een van de maatregelen.

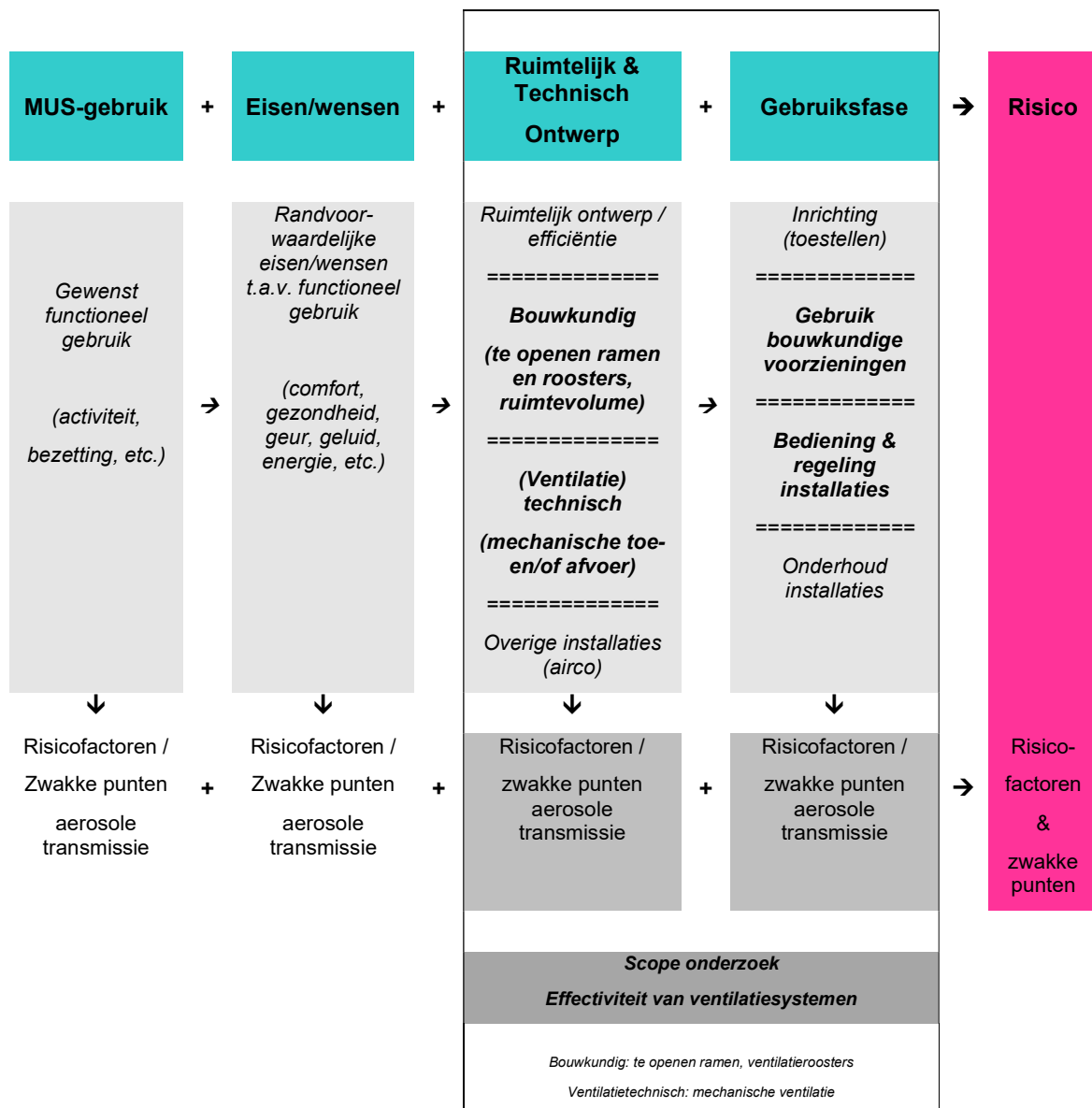
Gebruikersoordeel Yw en Z-gebouwen

In het onderzoek zijn weinig Yw en Z gebouwen betrokken, waarbij ook gebruikers konden worden geïnterviewd.

Bij zwembaden werd in Coronatijd vooral aandacht geschonken aan weinig contact, zoals aanpassing van de routing. Ook zijn ventilatiesystemen gecontroleerd t.a.v. de luchttoevoer en luchtafvoer.

Bijlage 4: Risico inventarisatie

Wezenlijk is het functioneren van de ventilatiesystemen in relatie tot de activiteiten die er plaatsvinden, hoeveel mensen er zijn, wanneer en hoe lang zij aanwezig zijn, inrichting (waaronder plaats van de toestellen in de ruimte), etc.. Gebouw en ventilatiesystemen dienen in beginsel daarop te zijn afgestemd. Immers, gekoppeld aan het beoogde en feitelijke gebruik zijn er eisen/wensen/randvoorwaarden met betrekking tot thermisch comfort (temperatuur winter / zomer), luchtsnelheid (tocht), gezondheid (voldoende verse lucht), frisse lucht (geurtjes), geluid, maar ook energiegebruik, etc..



Figuur 39 Identificatie risicofactoren/zwakke punten van het ventilatiesysteem t.a.v. aerosole overdracht in relatie tot scope van het onderzoek

ONDERBOUWING RELEVANTE KENMERKEN VENTILATIESYSTEMEN

WAT ZIJN DE RELEVANTE KENMERKEN - ALGEMEEN

Toelichting op relevante technische kenmerken van de ventilatiesystemen

SYSTEEMTYPE

- **Ventilatiesysteemtype** voor de basisventilatie (aanwezigheid van natuurlijke en mechanische luchttoe- en luchtafvoer voorzieningen A, C en D) en aanwezige additionele (spui)ventilatievoorzieningen (meestal: te openen ramen). Bij mechanische ventilatie is de hoeveelheid luchttoevoer en -afvoer gegarandeerd; bij natuurlijke ventilatie is de luchttoevoer o.a. afhankelijk van weersomstandigheden (winddruk/temperatuur) en temperatuur/drukverschillen in het vertrek en is daarmee een kritische factor. Aanwezigheid van buiten- of binnenzonwering voor de ramen kan invloed hebben op de luchttoevoerhoeveelheid. De koude lucht in de winter, kan voor discomfort zorgen, waardoor ramen beperkt geopend worden.
 - o Waarom relevant: Kunnen de verschillende ventilatiesystemen die worden toegepast voldoen aan het vereiste ventilatiedebiet per persoon?
 - Systeem A is vanwege comfortproblemen en onzekerheid t.a.v. luchttoevoer-hoeveelheden risicovol
 - Systeem C levert risico van koude luchttoevoer in de winter
 - Systeem D zonder te openen ramen betekent afhankelijkheid van de maximum capaciteit van het systeem

VENTILATIEDEBIET

- **Maximum ventilatiedebiet** in relatie tot bezetting (het aantal aanwezige/sportende personen) en type (sport)activiteit (met meer/minder behoefte aan ventilatie voor afkoeling/toevoer van zuurstof) in de tijd. Hoe groter het ventilatiedebiet per persoon, hoe meer verse lucht per sportende persoon wordt toegevoerd. Bij intensieve sporten is de zuurstof behoefte groter, maar ook komen meer aerosolen vrij. Hoe groter het ventilatiedebiet per m² of m³ vertrek, hoe sterker de verdunning in het vertrek. Gewijzigd gebruik van de ruimte kan leiden tot wijziging in de bezetting en daarmee het maximaal beschikbare ventilatiedebiet per persoon.
 - o Waarom relevant: Is voldoende ventilatielucht beschikbaar per aanwezige sporter / begeleider via de beschikbare systemen bij de maximum capaciteit?
 - o Wat is de restcapaciteit?
- **(Basis)ventilatiedebiet** bij aanwezigheid, voor – tijdens – na gebruikstijd (natuurlijke of mechanische ventilatie). Relevant is hoeveel ventilatielucht per persoon wordt toegevoerd, afhankelijk van de activiteit die wordt verricht, maar ook of voldoende wordt geventileerd voor en na de les om concentraties aerosolen bij aanvang van de les zo laag mogelijk te laten zijn en nog aanwezige aerosolen na afloop van de les via ventilatie te verwijderen uit de ruimte. Zie ook ventilatievoud.
 - o Waarom relevant: Is voldoende ventilatielucht beschikbaar per aanwezige sporter / begeleider via de beschikbare systemen bij de “normaliter aanwezige” capaciteit (wintersituatie)?
 - o Wat is de restcapaciteit?
- **Additionele spuiventilatiemogelijkheden** (te openen ramen), voor – tijdens – na gebruikstijd. Spuien is een effectieve manier om snel eventuele aerosolen in de binnenlucht in korte tijd via een grote hoeveelheid verse luchttoevoer te verwijderen. Aantallen en verdeling van te openen raampartijen is hier relevant, effectief spuien is mogelijk door ramen tegenover elkaar open te zetten, of bij de combinatie van te openen delen in de gevel en het dak.

- Waarom relevant: Welke bijdrage leveren de additionele spuiventilatievoorzieningen aan het beschikbare ventilatiedebiet?
- **Inregeling mechanisch luchttoevoer en luchtafvoerdebiet.** Door verkeerde inregeling kan de hoeveelheid toevoer of afvoer van ventilatielucht afwijken van wat was beoogd in het ontwerp. Dat leidt bij systeem C tot te weinig mechanische afvoer (en daarmee ook minder luchtaanzuig via de gevel) en bij systeem kan dit disbalans tussen de luchttoevoer en luchtafvoer opleveren. Disbalans maakt ongewis of voldoende verse lucht van buiten komt of voldoende lucht uit de ruimte wordt afgezogen. Controle op disbalans in de gebruiksfase is beperkt.
 - Waarom relevant: Wijkt de ventilatiedebiet in de praktijk af van de ontwerp-ventilatiecapaciteit en welke consequenties heeft dat voor de binnenluchtkwaliteit?
- **Ventilatievoud** dag en nacht, in relatie tot **ruimtevolume**. Naarmate het ventilatievoud in een ruimte toeneemt, is er meer verdunning. Naarmate een ruimte groter is, neemt bij gelijkblijvend luchtdebiet het ventilatievoud af. In dat geval zal bij toename van de virusemissie, de virusconcentratie in de binnenlucht minder snel toenemen, en vice versa (relatie met ruimtevolume).
 - Waarom relevant: Hoe frequent wordt de luchthoud die mogelijk aerosolen bevat, ververs gedurende de dag en de nacht
 - Hoe sterk varieert de luchtkwaliteit
- **Infiltratie** via de gebouwschil. Luchttoevoer via de gebouwschil via naden en kieren is in de regel bij nieuwe gebouwen beperkt ten opzichte van de bewuste ventilatie via de ventilatiesystemen. Toch kan infiltratie in sommige gebouwen een wezenlijk onderdeel zijn van de luchttoevoer. Dit komt voor bij tochtige oude gebouwen met slecht sluitende ramen en bijvoorbeeld bij (vaak stalen) hallen.
 - Waarom relevant: In hoeverre draagt infiltratie bij aan de vereiste ventilatiebehoefte

VENTILATIESTRATEGIE

- **Ventilatiestrategie** (wanneer wordt meer/minder geventileerd en het systeem in/uitgeschakeld)
Relevant is: wanneer wordt hoeveel geventileerd (in relatie tot tijd van de dag, voor- tijdens en na aanwezigheid / lessen). Wordt voldoende geventileerd in relatie tot aantal aanwezigen, temperatuur, CO₂-concentratie, etc. wie bedient de knoppen, aanwezigheid regeling (T/CO₂)
 - Waarom relevant: Welke ventilatiestrategieën zijn effectief in te zetten om een bijdrage te leveren aan verbetering van de luchtkwaliteit

VENTILATIE-EFFICIENTIE

- **Efficiëntie van de ruimtedoorspoeling.** Hier is relevant hoeveel lucht uit toevoer- en afvoerornamenten komt, maar ook positionering van de inblaas- en afvoervoorzieningen en afstanden daartussen. In volumineuze ruimtes met grote hoogtes is goede doorspoeling snel een issue, maar ook in grote ruimtes met grote afstanden tussen toevoer en afvoerpunten, of een slechte verdeling, waardoor 'dode hoeken' kunnen ontstaan waar weinig verse luchttoevoer komt.
 - Waarom relevant: In hoeverre draagt de positionering van de toevoer/afvoerornamenten bij aan efficiënte luchtverversing

AFZUIGING AAN DE BRON

- **Directe afvoer van “vervuilingsbronnen”** via afzuig. Infectueuze bronnen , tegengaan verspreiding aerosolen - (relatie met positionering toestellen – inrichting). Luchtafvoer boven plaatsen waar (besmette) cliënten intensief sporten voorkomt verspreiding van aerosolen.
 - o Waarom relevant: Directe afvoer aan de bron kan een effectieve manier zijn ter beperking van verspreiding van virussen in de lucht (bronbestrijding).
 - o Waar wordt dit principe met succes toegepast

VERDRINGING

Cliënten in de schone toevoerluchtstroom via inblaas schone lucht of voor te openen ramen (relatie met positionering toestellen – inrichting). Luchttoevoer boven plaatsen waar (niet besmette) cliënten sporten werkt beschermend tegen inademing van besmette lucht. Waarom relevant: Directe afvoer aan de bron kan een effectieve manier zijn ter beperking van verspreiding van virussen in de lucht (bronbestrijding).

- o Waarom relevant: Het risico op besmetting kan worden gereduceerd door verse lucht in te ademen
- o Waar wordt dit principe met succes toegepast

OVERIG

- **Overige invloedsfactoren.**
 - o Aanwezigheid van airco (mobiel of vast in plafonds of aan de wand). Inschakelen van airco betekent regelmatig dat ramen worden gesloten om de airco optimaal te laten functioneren. (aanwezig in 50% van M-vertrekken, in 50% van de F-vertrekken met ventilatiesysteem D, en sporadisch in Y-vertrekken)
 - o Het waarnemen van geurtjes als gevolg van veel inspanning en weinig verse luchttoevoer, kan reden zijn om ramen te openen. Gebruik van een airco voor koeling of plafondventilatoren kan deze geurtjes maskeren, wat ertoe kan leiden dat ramen minder snel worden geopend voor extra ventilatie.
 - o Geluid van buiten of veel geluid/muziek binnen kan eraan bijdragen dat ramen worden gesloten.

MUS-GEBRUIK EN EISEN/WENSEN

CRITERIUM ONTBREEKT WANNEER VOLDOENDE WORDT GEVENTILEERD VANUIT PANDEMISCH OOGPUNT

Er zijn op dit moment geen criteria hoeveel ventilatie nodig is in verschillende typen MUS-vertrekken vanuit het oogpunt van pandemische paraatheid.

Het is reëel te veronderstellen dat pandemische situaties hogere ventilatiehoeveelheden per persoon verlangen dan de huidige minimum ventilatie-eis uit het BBL van 6,5 dm³/s per persoon.^{15,16,17}

Omdat mensen bewezen meer aerosolen uitstoten tijdens (intensief) sporten¹⁸ is het reëel te veronderstellen dat naarmate intensiever wordt gesport in de MUS-vertrekken met beperkte omvang, hogere toe/afvoerhoeveelheden per sportende persoon worden verlangd.

TOETSING AAN MINIMUM BBL-VENTILATIE-EIS SPORTGEBOUWEN NIEUWBOUW.

Vanwege het ontbreken van ventilatiecriteria voor MUS-gebouwen onder pandemische situaties, is in dit rapport de ventilatiehoeveelheid in onderzochte vertrekken gespiegeld aan de minimum ventilatie-eis voor nieuwe sportgebouwen volgens BBL (6,5 dm³/s per persoon). Aanvullend is uitgegaan van de gemiddelde en maximum bezetting volgens opgave van de geïnterviewde/organisatie. In hoeverre dat afwijkt van de uitgangspunten bij het ontwerp, is niet onderzocht. Ook is niet getoetst aan eventueel zwaardere ventilatierichtlijnen van andere adviesorganen.

Op basis van Figuur 38 is geconcludeerd dat bij de *gemiddelde bezetting* in de onderzochte fysiogymruimtes en zwembaden meestal wordt voldaan aan de BBL-eis, bij fitness vaak wel, maar soms niet en in yoga/Pilatesruimtes bijna nooit. Bij de opgegeven *maximum bezetting* voldoen fysiogymruimtes en yoga/Pilatesruimtes vaak niet, reguliere fitness soms en zwembaden soms niet. De grote multifunctionele ruimtes in buurtcentra die ook voor yoga/Pilates worden ingezet voldeden wel, maar kleinere ruimtes niet.

Waar zwaardere ventilatie-eisen dan de minimum BBL-eis vanuit pandemisch perspectief gewenst zouden zijn, zoals in gebouwen waar intensief wordt getraind en bewogen, zullen al bij de gemiddelde bezetting nog meer MUS-gebouwen niet voldoen.

Op voorhand is verwacht dat de *bezetting in Randstedelijk gebied* gemiddeld hoger zal zijn dan in de onderzochte gebouwen in oost-Nederland. Dat zou inhouden, dat uitgaande van hetzelfde ventilatiedebiet (m³/h) minder verse lucht per persoon beschikbaar is bij de gemiddeld hogere Randstedelijke bezetting.

HET BEOOGDE GEBRUIK VAN DE RUIMTE (FUNCTIONEEL) – GEBRUIKSDUUR/INTENSITEIT

¹⁵ B. Blocken, T. van Druenen, A. Ricci, L. Kang, T. van Hooff, P. Qin, L. Xia, C. Alanis Ruiz, J.H. Arts, J.F.L. Diepens, G.A. Maas, S.G. Gillmeier, S.B. Vos, A.C. Brombacher, Ventilation and air cleaning to limit aerosol particle concentrations in a gym during the COVID-19 pandemic, Building and Environment, Volume 193, 2021

¹⁶ Orton CM, Symons HE, Moseley B, Archer J, Watson NA, Philip KEJ, Sheikh S, Saccente-Kennedy B, Costello D, Browne WJ, Calder JD, Bzdek BR, Hull JH, Reid JP, Shah PL. A comparison of respiratory particle emission rates at rest and while speaking or exercising. Commun Med (Lond). 2022 Apr 19;2:44.

¹⁷ B. Mutsch, M. Heiber, F. Grätz, R. Hain, M. Schönfelder, S. Kaps, D. Schranner, C.J. Kähler, & H. Wackerhage, Aerosol particle emission increases exponentially above moderate exercise intensity resulting in superemission during maximal exercise, Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 119 (22) (2022).

¹⁸ Pavol Sajgalik, Andres Garzona-Navas, Ibolya Csécs, J. Wells Askew, Francisco Lopez-Jimenez, Alexander S. Niven, Bruce D. Johnson, Thomas G. Allison, Characterization of Aerosol Generation During Various Intensities of Exercise, Chest, Volume 160, Issue 4, 2021, Pages 1377-1387

In een afgesloten ruimte neemt de concentratie vervuilende/ziekmakende deeltjes in de lucht sneller toe (toenemend risico) naarmate

1. de productie (vrijkomend aantal deeltjes) per tijdseenheid hoger is,
2. het ventilatie-debiet (verse luchttoevoer) in de ruimte lager is en
3. het ventilatievoud lager is (grotere ruimtes).

In de tijd neemt – bij gelijkblijvende productie en ventilatie) de concentratie vervuilende stoffen in de ruimte toe (maar steeds minder snel) totdat een evenwichtsconcentratie is bereikt.

GEBRUIKSDUUR EN INTENSITEIT

Risico: Intensiteit van sporten (intensievere ademhaling, meer uitstoot van aerosolen), groepsbijeenkomsten in kleine zaaltjes, aaneenschakeling van lessen zonder ventilatiepauze met toenemende concentraties en aanwezigheidsduur ¾ uur

Algemeen	Het risico op een besmetting via de aerogene route neemt toe met de: - concentratie: naarmate de virusconcentratie <u>hoger</u> is en - tijdsduur: men <u>langer</u> de met virus besmette binnenlucht inademt (aanwezigheidsperiode van cliënten en personeel kan verschillen).
Fysiogym	Cliënten zijn met de therapeut in de zaal, oefenen op eigen gelegenheid, of gezamenlijk in een groepje in de fysiogymruimte, op fitnessapparaten, die vaak op een rijtje naast elkaar zijn opgesteld, op afstanden die minder dan 1,5 meter kunnen zijn. De aanwezigheidsduur kan 10 minuten zijn, maar oplopen tot een uur. De intensiteit van trainen kan laag zijn, maar ook hoog (meer aerosolen komen daarbij vrij, maar ook meer in- en uitademen). Therapeuten komen af en aan in de oefenruimte. Ze zijn soms maar kort met hun client in de oefenruimte, maar soms ook langer om oefeningen voor te doen en te kijken naar de oefeningen van hun client. De hele dag door wordt de fysiogymruimte gebruikt, met uitzondering van de lunchpauze en na zessen. Soms is er avondopenstelling. De ventilatie wordt na werktijd vaak handmatig uitgeschakeld (geen ventilatie nadat laatste cliënten het pand verlaten hebben).
Fitness	Sporters komen individueel oefenen op apparaten vaak in een grotere zaal, of komen naar (groeps)lessen in (ook kleinere) zaaltjes en krijgen soms individuele begeleiding. De intensiteit van trainen is vaak hoog (meer aerosolen komen vrij, meer in- en uitademen), aanwezigheid meestal maximaal 1 uur. Cardio- en krachtapparaten staan vaak dicht bij elkaar, soms minder dan 1,5 m. Trainers lopen rond, maar zijn vaak de hele dag aanwezig, en kunnen verschillende groepen kort achter elkaar trainen in speciale groepsruimtes met weinig tijd tussendoor om te ventileren. Te openen ramen zijn in fitnesshallen niet altijd aanwezig. De ochtenden zijn het drukst bezet en de avonden. De ventilatie wordt na werktijd uitgeschakeld (geen ventilatie nadat laatste cliënten het pand verlaten hebben).
Yoga/Pilates	De oefeningen vinden vaak plaats op matjes. Er zijn verschillende yoga/Pilates vormen, die meer of minder intensief van aard kunnen zijn. Yoga/Pilates wordt

	vaak in groepen gegeven, vaak verschillende soorten yogavormen achter elkaar. Lessen duren meestal $\frac{3}{4}$ tot 1 uur. Regelmatig zijn meerdere lessen achter elkaar in dezelfde zaal, met weinig tijd tussendoor om te ventileren via te openen ramen. Trainingen zijn vaak in de ochtend en tot laat in de avond, maar weinig in de middag. Na de ochtendsessie is doorventileren een optie, maar niet na de avondsessie, dan wordt de ventilatie uitgeschakeld (geen ventilatie in de avond nadat laatste cliënten het pand verlaten hebben).
YWijkgebouwen	Zie Yoga/Pilates
Kleedruimtes Zw	N.v.t. (aanwezigheid: kortstondig voor en na zwemlessen)

VENTILATIE VERSUS OVERIGE EISEN VANUIT DE GEBRUIKSFUNCTIE

Vanuit de gebruiksfunctie worden eisen gesteld t.a.v. comfort (temperatuur, tocht/luchtsnelheid), gezondheid, geurhinder, geluidshinder, energie, etc. Die randvoorwaarden kunnen de ventilatie in positieve of negatieve zin beïnvloeden. Dit kan zijn weerslag hebben in de ontwerpfase en/of in de gebruiksfase.

COMFORT IN DE WINTER

Risico: tocht en koude luchtstroom als reden om ramen te sluiten

Algemeen	Dicht bij een open raam is de invloed van buiten (wind / koude luchtstroom) groter dan dieper in het vertrek. Moet bij het raam getraind worden en wordt tocht/kou ervaren, dan worden ramen gesloten en is er minder verse luchttoevoer. Systemen A en C zijn van directe toevoer van lucht van buiten afhankelijk.
Fysiogym	Sporters hebben het niet snel te koud en waarderen een raampje open mits geen tocht/te koud. Fysiotherapeuten bewegen minder en hebben het eerder te koud en hebben de neiging om ramen te sluiten, maar kleden zich daarop aan.
Fitness	Sporters hebben het snel te warm en waarderen een raampje open, mits comfortabel, anders worden ramen gesloten
Yoga/Pilates	Bij intensieve yogavormen/Pilates wordt het openen van een raam gewaardeerd, mits dit geen discomfort (tocht/koude luchtstroom) oplevert, dan wordt raam gesloten. Bij meditatieve yogavormen, met cliënten stil zittend of liggend op een matje op de grond, wordt het openen van een raam in de winter niet gewaardeerd vanwege het risico op tocht en kou. Na de les (3 kwartier tot een uur) worden ramen opengezet voor verse luchttoevoer. Volgen lessen snel op elkaar, dan is de afvoer van vervuilde binnenlucht beperkt en nemen concentraties uitgedemde stoffen na de les toe.
YWijkgebouwen	Zie Yoga/Pilates
Kleedruimtes Zw	Het voorkomen van te hoge luchtsnelheden kan discomfort opleveren op de natte blote lichamen. Klachten hierover kunnen een reden zijn tot minder luchtinblaas in de kleedkamers.

COMFORT IN DE ZOMER

Risico: buiten warmer dan binnen als reden om ramen dicht te doen en airco (circulatie koele lucht) in te schakelen.

Algemeen	Sporters hebben behoefte aan afkoeling. Als het in de zomer warm is kan de buitenlucht weinig afkoeling bieden. Zonwering wordt vaak neergelaten omwille van temperatuurbeheersing, maar screens beperken de luchttoevoer van buiten, terwijl een fris windje wenselijk is. Als de natuurlijke en mechanische ventilatie tekortschiet voor temperatuurbeheersing, biedt airco vaak een uitkomst voor het temperatuurprobleem om de lucht te koelen, maar ramen worden gesloten, koele lucht circuleert, de hoeveelheid ventilatie wordt beperkt.
Fysiogym	Bij warm weer wordt de ventilatie een standje hoger gezet, maar de capaciteit schiet regelmatig tekort voor temperatuurbeheersing. Airco biedt vaak uitkomst, maar ramen worden dan gesloten. Veel fysiogymruimtes zijn voorzien van een vaste airco aan plafond of wand.
Fitness	Mechanisch ventilatiedebiet schiet vaak tekort voor temperatuurbeheersing. Ramen en deuren worden vaak open gezet, maar geluid naar buiten kan een probleem zijn. Airco biedt regelmatig uitkomst, maar verhoogt het ventilatiedebiet niet.
Yoga/Pilates	Airco in mindere mate aanwezig, maar indien aanwezig, dan kan dit tot te weinig ventilatie leiden als ramen worden gesloten en het (mechanische) ventilatiedebiet tekort schiet voor temperatuurbeheersing.
YWijkgebouwen	Zie Yoga/Pilates
Kleedruimtes Zw	n.v.t.

GELUID

Risico: Luchtstromingsgeluid van installaties kan hinderlijk zijn en sluiten van ramen bij te hoge geluidniveaus buiten of binnen

Algemeen	Geluid kan de concentratie verstoren. - Te hoge geluidniveaus van de ventilatie op hoge stand kan hinderlijk zijn en reden om op lager vermogen te ventileren dan gewenst/noodzakelijk. - Geluid van buiten (wegverkeer, etc.) kan hinderlijk zijn en reden om ramen te sluiten. Sporten op (harde) muziek kan geluidoverlast naar de omgeving veroorzaken, waardoor ramen en deuren moeten worden gesloten tijdens de les.
Fysiogym	n.v.t.
Fitness	Sporten op harde muziek kan reden zijn dat ramen moeten worden gesloten.
Yoga/Pilates	Zie fitness, voor de actieve yoga/Pilatesvormen Voor de meditatieve yogavormen, kan geluid van de installaties reden zijn om niet maximaal te ventileren. Storende geluiden van buiten kunnen reden zijn om ramen te sluiten tijdens de les.
YWijkgebouwen	Zie Yoga/Pilates
Kleedruimtes Zw	n.v.t.

MASKEREN GEURHINDER

Risico: Maatregelen tegen geurhinder nopen niet tot meer ventileren als ventilatie tekortschiet

Algemeen	De geur van zwetende mensen is niet prettig, maar men went aan de geuren (en vindt soms dat het bij de functie hoort). Bij te weinig ventilatie kunnen maatregelen als airco, plafondventilatoren en chemische odeurs ongewenste zweetlucht maskeren. Dat stimuleert meer ventileren niet.
Fysiogym	n.v.t.
Fitness	n.v.t.
Yoga/Pilates	Gebruik van wierook / odeurs tijdens sommige yogalessen. Minder ventileren zorgt dat de gewenste toegevoegde geuren langer blijven / intenser zijn. Zolang men in de ruimte is neemt men de menselijke geuren niet/weinig waar, wat geen prikkel vormt tot meer ventilatie. Daar staat tegenover dat men voldoende ventilatie heel belangrijk vindt en luchtreinigers aanschaft.
YWijkgebouwen	Zie Yoga/Pilates
Kleedruimtes Zw	n.v.t.

RUIMTELIJK EN TECHNISCH ONTWERP

RUIMTELIJK ONTWERP, TE OPENEN RAMEN, RUIMTEVOLUME, POSITIE VAN ROOSTERS IN HET PLAFOND

Risico: Kleine ruimtes, vaak ontworpen vanuit een andere functie, beperkte hoogte (snel concentratietoename) of grote hoogte (efficiënte doorspoeling als probleem), vorm in relatie tot opstelling van ventilatieornamenten: risico op dode hoeken

Algemeen	Vaak is er bij MUS-gebouwen geen sprake van een initieel ontwerp, maar gebruik van een ouder gebouw dat voorheen een andere functie had, met als risico dat het ventilatiesysteem onvoldoende/niet is aangepast op gewijzigde gebruiksomstandigheden. Lage ruimtes waarin groepen trainen hebben als nadeel dat bij beperkte ventilatie de concentratie aerosolen snel kan toenemen. Hoge ruimtes hebben als nadeel dat de ventilatie-efficiëntie vaak beperkt is, omdat goede doorspoeling moeilijk te realiseren is. Ramen zijn vaak aan één zijde van het vertrek gerealiseerd, waardoor de (natuurlijke) doorspoeling beperkt is: nabij het raam is het frisser. Dwarsventilatie is vaak niet mogelijk. Bij ruimtes met een L-vormige plattegrond bestaat het risico op "dode hoeken". Worden weinig toe/afvoervoorzieningen in het plafond gesitueerd dan is dat risico er eveneens, met name bij ruimtes met bijzondere vormen, zoals een lange pijpenla of diepe vertrekken.
Fysiogym	Fysiogymruimtes worden regelmatig aangetroffen in kantoorpanden, waarbij het ventilatiesysteem beperkt wordt aangepast, en airco voor extra koeling zorgt. Toepassing van te veel glas kan voor overmatige opwarming in de zomer zorgen, wat meer airco's in de hand kan werken (=risico op minder open ramen). Bijzondere ruimtevormen in combinatie met weinig toe/afvoerpunten in het plafond levert potentieel risico van "dode hoeken".
Fitness	Fitnessruimtes zijn regelmatig hoog en in voormalig oude panden (bijv. bedrijfshallen, oude fabrieken, kerken, etc.). De doorspoeling van die ruimtes (posities van de ramen ten opzichte van de afvoerpunten) is hier vaak een probleem. Raamvlakken in de gevels zijn vaak niet ontworpen op goede doorspoeling. Te openen (nood)deuren zijn regelmatig een maatregel om in extra ventilatie te voorzien.
Yoga/Pilates	Regelmatig gehuisvest in oude, sfeervolle, gebouwen waarbij het ventilatiesysteem (systeem A) niet is toegespitst op het gewijzigde gebruik, of dat ramen moeilijk toegankelijk zijn om ze te openen. Raamvlakken zijn vaak niet ontworpen op goede doorspoeling van de ruimte. Dwarsventilatie is vaak niet mogelijk via de openingen in gevel en dak. Yoga/Pilates wordt ook in zaaltjes van fitnesscentra onderwezen.
YWijkgebouwen	Hier is sprake van multifunctioneel gebruik. Afhankelijk hoe de ruimte wordt ingezet, komt zowel veel als weinig ventilatie voor. Het aantal deelnemers aan de les kan variëren (in ons onderzoek in de wijkcentra: lage bezetting bij de yoga/pilates lessen)
Kleedruimtes Zw	Geen bijzondere vormen aangetroffen.

Technische aspecten

VENTILATIEDEBIET EN VENTILATIEVOUD

Risico: Beperkte verdunning/verwijdering van met aerosolen besmette lucht

Algemeen	De hoeveelheid ventilatie is over het algemeen beperkt en schiet tekort bij maximum bezetting volgens de BBL-richtlijn, maar ook regelmatig bij gemiddelde bezetting. Anders gesteld, er zijn meer mensen aanwezig dan op basis van de aanwezige ventilatiehoeveelheid zou mogen worden verwacht. Intensieve sportvormen zorgen voor hoge CO₂-productie (en meer vrijkomende aerosolen in de uitgeademde lucht). Hoge CO₂-pieken worden aangetroffen bij sommige sportactiviteiten (w.o. spinning), maar ook bij sommige yoga/pilates lessen. Ventilatievouden zijn in de MUS-gebouwen in de regel laag (1 of lager), waardoor concentraties stoffen in de binnenlucht niet snel dalen. Bij hogere concentraties kunnen aerosolen bij lage ventilatievouden langere tijd in de lucht rondwaren en bij lage ventilatiehoeveelheden is de verdunning beperkt. In veel gebouwen wordt na werktijd de nachtventilatie uitgeschakeld (energie) en ramen worden gesloten (inbraak/energie), wat ertoe kan leiden dat zelfs de volgende ochtend de ruimte nog niet geheel van verse lucht is voorzien.
Fysiogym	< 200 m³/h, gemiddeld volume V < 300 m³, ventilatievoud overwegend n < 1 h⁻¹ De bezetting varieert gedurende de dag, doorventileren op een continu hogere stand werkt dan positief bij tijdelijk lagere bezetting, maar na piekmomenten kan het uren duren om concentraties (uitgeademd CO₂ c.q. aerosolen) fors te verlagen.
Fitness	< 900 m³/h, grote variatie in volume (regelmatig hoge ruimtes van 6 meter) – vaak V < 500 m³, overwegend n < 1,3 h⁻¹ maar doorventileren in de rustige middagperiode is mogelijk om concentraties CO₂/aerosolen te verlagen. De ventilatie in de nacht is soms zeer gebrekkig, vooral bij systeem A, waardoor de volgende ochtend de ruimte niet goed doorspoeld is.
Yoga/Pilates	< 220 m³/h, gemiddeld volume V < 250 m³, overwegend n < 1 h⁻¹ De ventilatie in gebouwen met systeem A is vaak slecht, zowel tijdens gebruik als ook in de nacht. Dat zorgt bij langdurig gebruik (diverse groepen achter elkaar) zonder forse ventilatiepauzes, dat CO₂-concentraties sterk oplopen. Het niet in gebruik zijn van de ruimtes in de middag is daarentegen positief omdat de ruimte dan kan worden geventileerd. Worden ramen na de les(sen) gesloten, dan neemt de CO₂-reductie direct sterk af. Men is dan van ingrijpen van de instructeur afhankelijk. De ventilatie in de nacht is in sommige situaties gebrekkig, waardoor de volgende ochtend de ruimte nog niet goed doorspoeld is.
YWijkgebouwen	Ventilatie in ruimtes van wijkcentra die bedoeld zijn voor grote groepen mensen, hebben in ons onderzoek een hoog ventilatievoud; kritisch zijn natuurlijk geventileerde gebouwen.
Kleedruimtes Zw	Ventilatievouden van 4 per uur zijn aangetroffen. De ventilatie is regelmatig onderdeel van het totaal systeem van het zwembad (ontvochtiging, toevoerlucht voor douches, etc.). Goede doorspoeling van de kleedkamers, de ventilatie-efficiëntie, is een aandachtspunt.

INRICHTING VAN DE RUIMTE. POSITIES SPORTTOESTELLEN ↔ LUCHTTOE-/AFVOER PUNTEN*Risico: Verspreiding van aerosolen via luchtstroming*

Algemeen	Er komen bij intensief sporten meer aerosolen vrij en de ademhaling is intensiever. Door luchtstromingen kunnen de aerosolen verspreiden. Juiste positionering van toe- en -afvoer kan het risico op besmetting beperken of juist vergroten. Grote afstanden tussen infectiebron en afvoerpunt dienen voorkomen te worden.
Fysiogym	Vaak is er centrale toe/afvoer in de ruimte met een beperkt aantal toe/afvoerpunten, waarbij geen of beperkt rekening wordt gehouden met de positie apparaten. Afvoer aan de bron is er nauwelijks, luchttoevoer is er regelmatig bij de cardio/fitnessapparatuur
Fitness	idem
Yoga/Pilates	Cliënten zijn verspreid over de ruimte aanwezig. Niet altijd zijn toe/afvoerpunten goed verdeeld over de ruimte om goede doorspoeling mogelijk te maken.
YWijkgebouwen	Geen aanvullingen
Kleedruimtes Zw	n.v.t.

AANWEZIGHEID AIRCO*Risico: Als de airco wordt ingeschakeld worden ramen gesloten, met te weinig ventilatie/luchtverversing als risico bij systemen A en C*

Algemeen	Bij sportende mensen is voldoende afkoeling van het lichaam belangrijk. Wordt het te warm in de ruimte, dan biedt koeling van de lucht een uitkomst. Airco wordt dan vaak geïnstalleerd die aanwezige lucht uit de ruimte koelt. Airco zorgt niet voor de aanvoer van verse lucht. De koelende functie van de airco werkt op hete dagen, als het buiten warmer is dan binnen, beter als ramen worden gesloten. Dit levert bij systemen A en C, die afhankelijk zijn van natuurlijke luchttoevoer, een probleem. Dan is de aanvoer van verse lucht beperkt.
Fysiogym	Regelmatig een vaste airco geïnstalleerd
Fitness	Regelmatig airco geïnstalleerd.
Yoga/Pilates	Soms airco aanwezig.
YWijkgebouwen	Niet aanwezig in de 5 bezochte gebouwen
Kleedruimtes Zw	n.v.t.

AANWEZIGHEID VENTILATIESYSTEEM A

Risico: Door discomfort worden ramen gesloten en is er te weinig luchttoevoer. De afhankelijkheid van winddrukverschillen geeft geen garanties voor toegevoerde hoeveelheden lucht.

Algemeen	Bij ventilatiesysteem A is de werking afhankelijk van luchtdrukverschillen (winddruk) en de positie en afmetingen van de ramen. De luchttoevoerhoeveelheden zijn dus niet gegarandeerd. In geval van discomfort door de toevoerlucht (tocht / kou) kunnen gebruikers ramen sluiten, waardoor te weinig luchtverversing. In koude periodes kan teveel koude luchttoevoer leiden tot discomfort en bij veel wind tot tocht (koude luchtstroming / tocht). Te openen ramen kunnen ook worden gebruikt als spuiventilatievoorziening en kunnen bij weinig wind minder effectief werken, zeker als ook screens of binnenzonwering wordt toegepast. Worden ramen gesloten vanwege risico op inbraakgevaar, dan is ook de nachtventilatie vaak beperkt.
Fysiogym	Te openen ramen worden zeer gewaardeerd, maar de zekerheid om voldoende koele lucht te krijgen maakt dat aanvullend regelmatig airco wordt geïnstalleerd.
Fitness	Het goedkope systeem wordt in hergebruikssituaties regelmatig aangetroffen, ook in combinatie met een plafondventilator ter verbetering van het comfort (te warm in de zomer)
Yoga/Pilates	Natuurlijke luchttoevoer wordt zeer gewaardeerd; men is zich vaak onvoldoende bewust dat de ventilatie tekortschiet. Soms is airco geïnstalleerd voor additionele koeling.
YWijkgebouwen	In één situatie aangetroffen, zorgt voor te weinig ventilatie bij groepsyoga op koude dagen.
Kleedruimtes Zw	n.v.t.

AANWEZIGHEID VENTILATIESYSTEEM C

Risico: zie systeem A, echter hier is de luchttoevoerhoeveelheid niet afhankelijk van de winddruk maar van de onderdruk door het mechanisch afzuigsysteem

Algemeen	In veel van de onderzochte gebouwen met systeem C is er te weinig ventilatie. Het betreft vaak oudere gebouwen met eerder een andere functie. Een risico is dat de aanwezigheid van mechanische afzuiging suggereert dat voldoende ventilatie gegarandeerd is, terwijl ramen niet / onvoldoende zijn geopend.
Fysiogym	Geen aanvullingen
Fitness	Geen aanvullingen
Yoga/Pilates	Geluid van het mechanische ventilatiesysteem kan bij rustige vormen van yoga reden zijn om niet op maximum stand te ventileren.
YWijkgebouwen	Geen aanvullingen
Kleedruimtes Zw	n.v.t.

AANWEZIGHEID VENTILATIESYSTEEM D

*Risico: Systeem werkt (vaak onverwacht) niet naar behoren en presteert lager dan verwacht.
Stromingsgeluid kan hinderlijk zijn.*

Algemeen	Men verwacht vanwege aanwezigheid van luchttoe- en -afvoer dat er voldoende ventilatie is, terwijl CO₂-concentraties in de praktijk hoog kunnen oplopen bij forse inspanning. Bij maximum bezetting voldoet het systeem regelmatig niet. Anders gesteld er zijn dan meer mensen dan op basis van de ventilatiehoeveelheid zou mogen worden verwacht. Er is weinig aandacht voor mogelijke disbalans tussen toe- en afvoer. Waar de toevoerlucht vandaan komt of naar toe gaat, is dan ongewis. Spuiventilatie wordt vaak verzorgd door het openen van ramen.
Fysiogym	De ventilatiehoeveelheid voldoet regelmatig niet aan de minimum-eis bij maximum bezetting en CO₂-concentraties boven 1000 ppm komen regelmatig voor bij normaal gebruik. De luchttoevoerpunten zijn vaak centraal in de ruimte. Bij nieuwe gebouwen zijn er vaker meerdere toevoerpunten op een rij boven gedeeltes waar intensiever wordt gesport. Afvoer is vaak niet gekoppeld aan locaties van de sporters. Is er één afvoerpunt in een grote fysiogymruimte, dan is de capaciteit van de afzuiging daar volledig van afhankelijk. In nieuwere gebouwen zijn er regelmatig meerdere afvoerpunten op een rij.
Fitness	De ventilatiehoeveelheid voldoet regelmatig niet aan de minimum-eis en CO ₂ -concentraties boven 1000 ppm komen regelmatig voor bij normaal gebruik.
Yoga/Pilates	De ventilatiehoeveelheid schiet zeer vaak tekort bij zowel normaal gebruik als maximaal gebruik. Geluid van het systeem kan bij rustige vormen van yoga reden zijn om niet op maximum stand te ventileren.
YWijkgebouwen	
Kleedruimtes Zw	Disbalans is een aandachtspunt. Tochtvrije inblaas moet voorkomen dat de luchttoevoerhoeveelheid wordt bijgesteld.

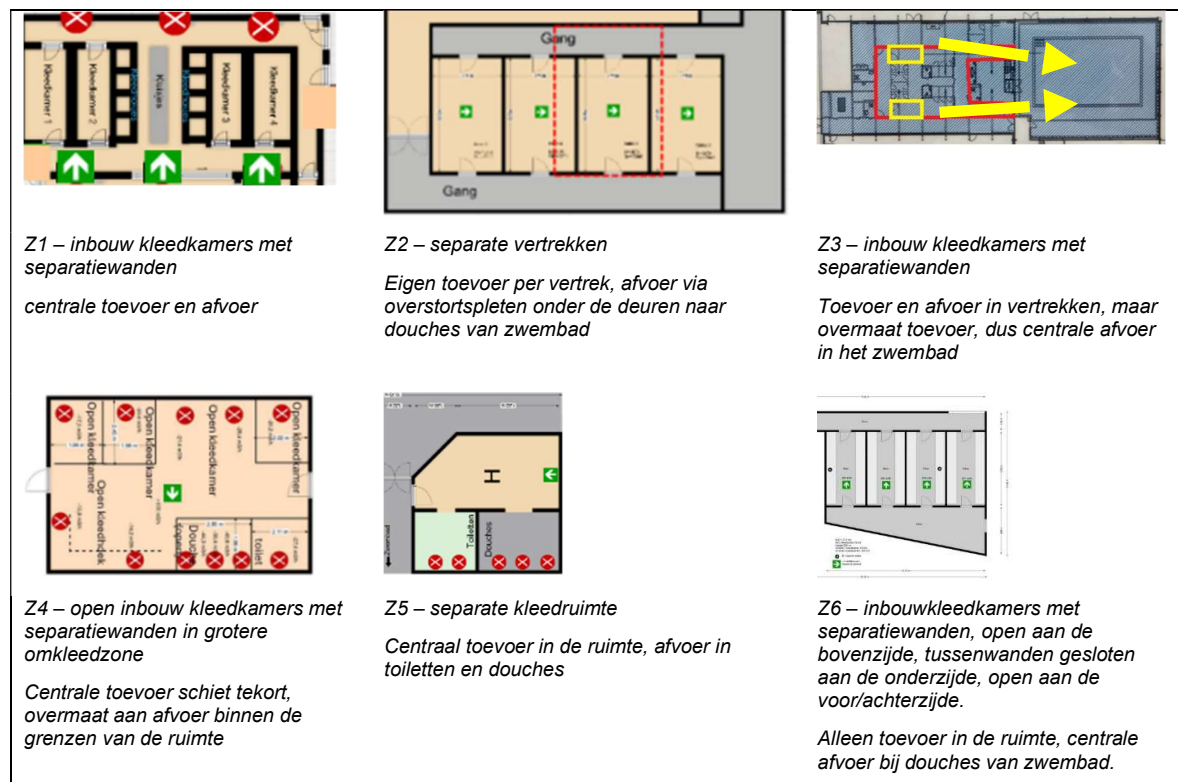
REGELINGEN VAN DE VENTILATIE

Risico: Veel ventilatieregelingen in MUS-gebouwen zijn handschakelingen met een regelknop of tijdschakelingen. Dat maakt de ventilatie afhankelijk van menselijk ingrijpen. Waar een digitale regeling is, weten vaak niet alle medewerkers daar goed mee om te gaan.

Algemeen	In veel van de onderzochte gebouwen met systeem C of D is de ventilatie regelbaar, zij het vaak met een handbediende schakelaar. Of op maximum stand wordt geventileerd of dat er wel/niet nachtventilatie is, is eenvoudig instelbaar, maar afhankelijk van (het inzicht en discipline van) de verantwoordelijk medewerker, die vaak geen technische achtergrond heeft. In sommige vertrekken is via een display de temperatuur en hoeveelheid ventilatie in het vertrek regelbaar. Vaak weten niet alle medewerkers daar goed mee om te gaan.
Fysiogym	Geen aanvullingen
Fitness	Geen aanvullingen
Yoga/Pilates	Geen aanvullingen
YWijkgebouwen	Geen aanvullingen
Kleedruimtes Zw	n.v.t.

Bijlage 5: Positionering ventilatievoorzieningen zwembaden

Zwembaden

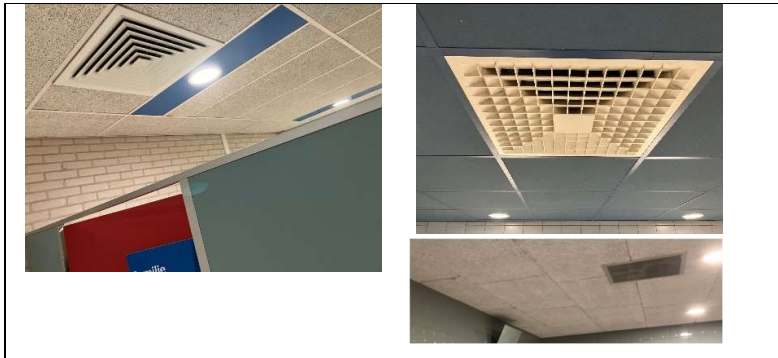


Figuur 40 a,b,c,d,e,f Toevoer en afvoer van ventilatie in groepskleedkamers van zwembaden.

Enkele opstellingen voor de luchttoevoer:



Figuur 41 a,b,c Luchttoevoer in groepskleedkamers



Figuur 33d Drie verschillende soorten inblaasroosters in groepskleedruimtes van zwembaden waarbij horizontale inblaas is nagestreefd.

Tabel 10 Procentuele verdeling van de ventilatie-opstellingen in M- F en Y- gebouwen (zie fig.31)

	M	F	Y	Yw
A	18%	27%	31%	20%
C1	11%	13%	8%	
C2	7%	0%	15%	
C3	0%	0%	0%	20%
C4	4%	7%	15%	
D1	14%	0%	0%	
D2	0%	7%	0%	20%
D3	4%	0%	8%	20%
D4	7%	0%	0%	
D5	0%	7%	0%	
D6	0%	13%	0%	
D7	29%	0%	8%	20%
D8	7%	13%	0%	
D9	0%	13%	15%	
	100%	100%	100%	100%