

Auteurs Ir. A.M.S. (Annemarie) Weersink¹, Ir. F.G.H. (Frans) Koene², Dr. Ir. C. (Christian) Struck³

^{1,3}) Lectoraat Sustainable Building Technology, Hogeschool Saxion Enschede
²) Afdeling Buildings & Energy Systems, TNO, Delft

Ventilatie in zorggebouwen pandemisch paraat?

In het kader van Pandemische Paraatheid is in opdracht van het ministerie van Volksgezondheid Welzijn en Sport (VWS) de effectiviteit van ventilatiesystemen en het gebruik ervan onderzocht in 111 huiskamers van instellingen voor langdurige zorg [1]. Het doel van dit inventariserende onderzoek in bestaande zorggebouwen, als onderdeel van het onderzoeksprogramma P3Venti [2], was na te gaan hoe zinvol het is om ventilatiesystemen en het gebruik ervan te verbeteren en wat daarbij risico's zijn op virusoverdracht via aerosolen [3]. Diverse verbeterpunten zijn geïdentificeerd en ventilatie dient beter te worden afgestemd op de behoeften van bewoners en personeel.

Bijna de helft van de COVID-19 gerelateerde sterfgevallen in Nederland en Europa vond plaats in zorginstellingen [4]. Verklaringen daarvoor zijn o.a. de kwetsbaarheid van de oudere bewoners, het samenzijn van groepen bewoners in huiskamers en bij activiteiten, maar ook specifieke kenmerken van die gebouwen/installaties. In pandemietijd kreeg men onvoldoende grip op de potentiële risico's, mede door gebrek aan kennis en dan in het bijzonder over ventilatie. Daarom startte het Ministerie van VWS (Volksgezondheid Welzijn en Sport) het onderzoeksprogramma P3Venti (Pandemische Paraatheid met Ventilatie). Het lectoraat Sustainable Building Technology van Saxion en TNO voerden voor P3Venti in 2023-2024 een inventarisatie uit van ventilatiesystemen in ruim 60 bestaande gebouwen voor langdurige zorg [1]. De focus lag op bijeenkomstruimten, in het bijzonder gezamenlijke huiskamers vanwege het hoogst ingeschatte risico op aerosole overdracht.

Belang van ventilatie bij aerosole virusoverdracht

Uit literatuuronderzoek en aanvullend onderzoek van P3Venti [2] volgt dat virussen zich via luchtstroming kunnen verplaatsen, lang in de lucht kunnen blijven zweven en via aerosolen (kleine uitgedemde druppeltjes) kunnen worden overgedragen. Hoewel de dosis-effect relatie, de mate waarin aerosole virusoverdracht bijdraagt aan het risico op een virusinfectie, van vele factoren afhangt en nog steeds onderwerp van onderzoek is, is wel duidelijk dat goede ventilatie het risico op aerosole virusoverdracht evenwel sterk kan verkleinen door afvoer van infectieuze virusdeeltjes. Ondanks alle maatregelen om contactbesmettingen en besmettingen binnen 1,5 meter te voorkomen, bleek tijdens de Coronapandemie dat de aerogene transmissie van SARS-CoV-2 plaatsvond, terwijl veel uitgedemde virusdeeltjes al snel inactief zijn na uitademing [3]. Omdat ouderen in de zorginstellingen extra kwetsbaar zijn voor virusinfecties, is daar effectieve ventilatie dus van belang. In niet of zeer slecht geventileerde ruimtes neemt het aantal infectieuze virusdeeltjes toe in de tijd. Dat zorgt dat ook voor een toenemend risico op besmetting door inademing van infectieuze virusdeeltjes [3].

Inventarisatie ventilatiesystemen in bestaande zorggebouwen

Wat kunnen deze zorginstellingen doen om zich beter voor te bereiden op een volgende pandemie? Eén van de vragen daarbij is in hoeverre het zinvol en noodzakelijk is om te investeren in een betere ventilatie. Om die vraag te kunnen beantwoorden, voerden Saxion en TNO binnen het programma P3Venti de inventarisatie uit van bestaande ventilatiesystemen in gebouwen voor langdurige zorg, waarbij de technische eigenschappen van ventilatiesystemen, zoals luchthoeveelheid, aantallen en posities van roosters in een vertrek in kaart zijn gebracht. Interviews met zorgpersoneel gaven een beeld van het gebruik van de ventilatievoorzieningen. Het onderzoek beperkte zich tot huiskamers, restaurants en activiteitenruimten in zorginstellingen, omdat bewoners en personeel hier veel tijd samen doorbrengen en er veel contacten zijn. Hier werd de kans op besmetting via de lucht door een eventueel virus het grootst

Hoofdcategorie	Subcategorie	Subsubcategorie
Algemeen	Gebouw	Bouwjaar
		Bruto vloeroppervlakte (m ²)
		Oppervlakte vertrek (m ²)
		Vertrekhoogte (m)
		Typisch aantal aanwezigen (pers)
	Indruk luchtdichtheid	
Ventilatiesysteem	installatiejaar	
	Type ventilatiesysteem (A t/m D)	
	Type wtw	
	Capaciteit	Totaal gebouw (m ³ /h)
		Per vertrek (m ³ /h)
Integratie		
Basisventilatie en spui ventilatievoorzieningen	Toe- en afvoerroosters	Aantal per vertrek
		Bruto oppervlakte
		Positie/verdeling
		type
	Spui ventilatievoorzieningen	Aantal ramen voor luchttoevoer / roosters
		Oppervlakte te openen ramen / deuren / roosters
Aansturing (automatisch) Onderhoud	Onderhoud kanalen/roosters	
	Inregeling	
Robuustheid tegen verkeerd gebruik		Makkelijk te bedienen
		Standenschakelaar
Airco aanwezig		Vast / mobiel

Tabel 1: Taxonomie ventilatie (TNO).

Interviewvragen zorgpersoneel
Hoe fijn is de ruimte om in te verblijven?
Hoe goed werkt het ventilatiesysteem, vindt u?
Hoe goed is het ventilatiesysteem te bedienen?
Heeft u geluidsoverlast van het ventilatiesysteem of van buiten?
Hoe waarderen bewoners, resp. zorgpersoneel ramen open in de winter?
Hoe waarderen bewoners, resp. zorgpersoneel ramen open in de zomer?
Is er voldoende frisse (=niet bedompte) lucht in de winter, resp. zomer?
Is er verschil in ventilatiebehoefte tussen bewoners/zorgpersoneel, zo ja welk?
Heeft u last van droge lucht in de winter, resp. zomer?
Ventileerde u anders in Coronatijd?
Hoe waardeert u het verwarmingssysteem?
Hoe waarderen bewoners, resp. zorgpersoneel het comfort in de winter?
Hoe waarderen bewoners, resp. zorgpersoneel de koeling / airco?

Tabel 2: Walkthrough vragenlijst gebruik ventilatievoorzieningen (TNO) (gevraagd: waardering als rapportcijfer 0-10, met motivatie).

geacht. Het praktijkonderzoek had als doel input te geven t.a.v. te onderzoeken risicofactoren in de praktijk, de effectiviteit van maatregelen, zoals [5], handelingsperspectief en kosten/batenanalyses [2].

Onderzoeksaanpak

In 111 huiskamers van ruim 60 gebouwen zijn de ventilatiesystemen geïnventariseerd op basis van een door TNO ontwikkelde technische taxonomie die met een facilitair medewerker op locatie werd ingevuld (tabel 1). Daarnaast werd de walkthrough vragenlijst van TNO ingezet (tabel 2) om tijdens hun dienst vragen aan zorgpersoneel te stellen over het gebruik van ventilatievoorzieningen.

Elke inventarisatie van een halve dag op locatie, werd gestart met het gesprek met de facilitair manager. Dit gesprek leverde informatie over bouwjaar, verbouwingen, aanwezige ventilatievoorzieningen, het onderhoud, klachten van gebruikers/personeel en bijzonderheden in Corona-tijd met betrekking tot ventilatie. Huiskamers, restaurant en activiteitenruimtes werden bezocht, waarbij in twee tot drie huiskamers zorgpersoneel werd geïnterviewd en eventueel een CO₂-meter werd geplaatst. Uit de walkthrough interviews met zorgpersoneel werd zo achterhaald hoe wordt geventileerd in periodes met warmte- en koudebehoefte, welke factoren invloed hebben op de ventilatie en of in de Coronapandemie anders werd geventileerd. Dit gaf inzicht in de ventilatiebehoefte van zowel zorgpersoneel als bewoners. Het zorgpersoneel beantwoordde de vragen over de beleving van bewoners. Met de oude, vaak dementerende bewoners zelf werden geen interviews afgenomen.

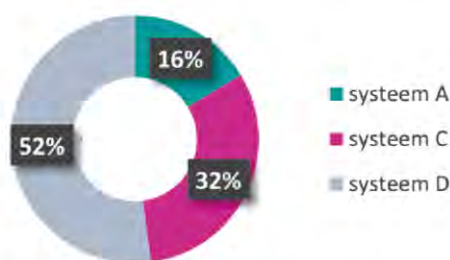
In de (huis)kamers zijn posities en afmetingen van luchttoevoer- en afzuigroosters in kaart gebracht. Om een beeld te krijgen van de ventilatiekwaliteit werd in 36 van de 111 huiskamers gedurende een week het verloop van de CO₂-concentratie gemonitord [1]. Daaruit is het gemiddelde ventilatievoud en het gebruikspatroon herleid [6]. Ter controle zijn in enkele kamers ventilatiedebiten gemeten met een flowfinder [7].

Ventilatiesystemen

In het onderzoek zijn in de zorggebouwen drie soorten ventilatiesystemen aangetroffen, zie figuur 1, met daarbij de opmerking dat in het onderzoek t.o.v. het landelijk gemiddelde relatief meer gebouwen uit de periode 2010-2020 waren betrokken. 16% van de huiskamers had ventilatiesysteemtype A, volledig natuurlijke ventilatie. Dit systeem werd in het onderzoek alleen in bezochte gebouwen van vóór 1990 aangetroffen. Ten tweede type C -natuurlijke toevoer en mechanische afvoer- al dan niet met CO₂-sturing, in 31% van de huiskamers.

Type C kwam voor in gebouwen daterend uit jaren '60 t/m 2020. Ten derde type D, gebalanceerde ventilatie met warmteterugwinning, ook mogelijk met CO₂-sturing, voorkomend in 51% van de huiskamers in gebouwen na 1980, met een zwaartepunt na 2000. Dat dit systeem veel voorkomt na 1996 is verklaarbaar omdat toen de energieprestatienormering verplicht werd voor nieuwe gezondheidszorggebouwen. Alle bezochte zorginstellingen hebben te openen ramen, die vanwege tocht vaak worden gesloten als bewoners de huiskamers binnenkomen. Gebouwen met type D hebben vaak (afsluitbare) draaikiepramen vanwege uitvalrisico.

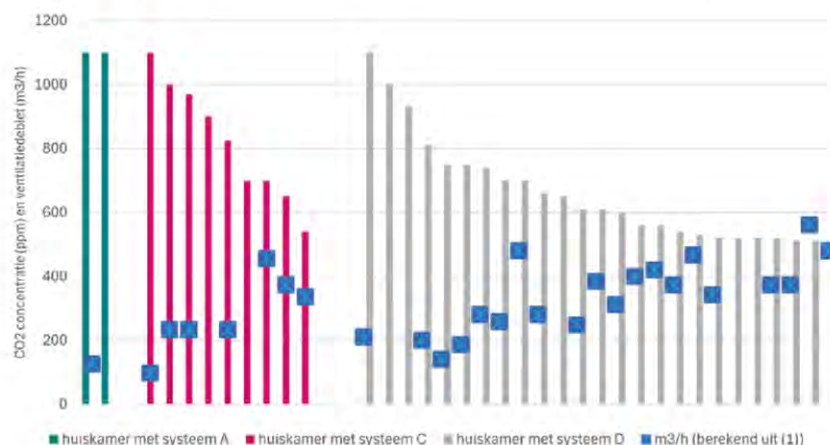
Aangetroffen ventilatiesystemen in 60 zorggebouwen (111 huiskamers)



Figuur 1: Soorten ventilatiesystemen aangetroffen in de 60 zorggebouwen [1].

Toe- en afvoerventilatieroosters bevinden zich vaak in het plafond of in een ventilatiekoof (horizontale inblaas). Aantallen en posities van roosters variëren sterk. In ongeveer de helft van de situaties wordt aan één zijde van de ruimte lucht toegevoerd via plafond of koof en aan de andere zijde van de ruimte afvoer. Vaak zijn er evenveel roosters voor toevoer en afvoer, of meer toe- dan afvoerpunten. Disbalans ligt dan op de loer. Te hoge inblaasluchtsnelheden leiden regelmatig tot tochtklachten, met afplakken van roosters als slotsom. In enkele gemeenschapsruimtes zijn airsocks (textielen luchtkanalen) aangetroffen, waar veel lucht wordt ingeblazen zonder tochtklachten. Opvallend waren de serieuze klachten van bewoners over tocht bij gebalanceerde ventilatiesystemen waar lucht met hoge snelheid horizontaal werd ingeblazen vanuit een koof in de wand.

CO₂ concentratie in 36 huiskamers die 80% van de verblijfstijd (8-20 uur) niet wordt overschreden (meetperiode: 1 week)



Figuur 2: De CO₂-concentratie die in 80% van de tijd tussen 8:00-20:00 uur niet werd overschreden in de 36 huiskamers (x-as) voor langdurige zorg waar de CO₂-concentratie is gemeten. Het ventilatie-debiet in m³/h (y-as) werd afgeleid uit gemeten CO₂-concentraties via de build-up methode [6,7].

CO₂ als proxy voor ventilatiekwaliteit

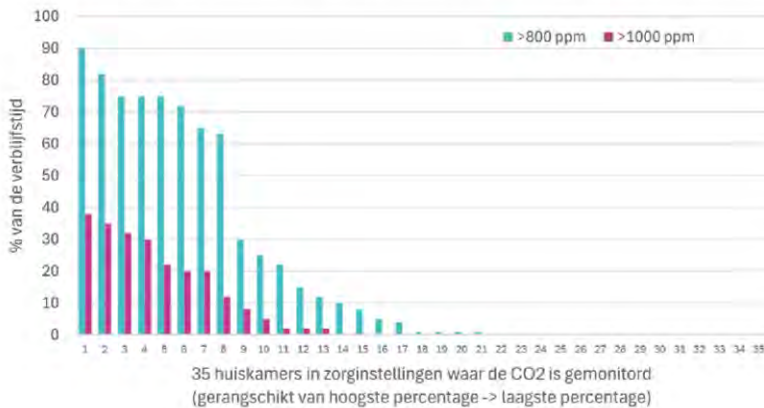
De huiskamers hebben een wisselende bezetting met de bewoners, met piekmomenten tijdens koffie/thee- en etenspauzes. Omdat CO₂-concentraties een proxy zijn voor de ventilatiekwaliteit, zijn CO₂-metingen uitgevoerd. In 60% van de huiskamers waar is gemeten zijn geen CO₂-concentraties boven 1000 ppm aangetroffen in de meetweek. 1000 ppm werd maar in 20% van de huiskamers in 20% van de verblijfstijd overschreden. In 50% van de huiskamers kwam de CO₂-concentratie in zijn geheel niet boven 800 ppm. 800 ppm werd maar in 30% van de huiskamers in 20% van de tijd overschreden.

Geconcludeerd is op basis van de analyses van de CO₂-metingen van een week in 36 huiskamers (figuur 2) met de CO₂-buildup methode [6,7] dat 75% van de huiskamers voldoet aan de nieuwbouw ventilatie-eis van minimaal 6,5 dm³/s per persoon (figuur 3) [7]. De hoogste concentraties treden op bij systeem A, treden op bij systeem A en de laagste bij systeem D. De CO₂-concentraties waren lager dan vooraf verwacht, met als verklaringen de relatief grote ruimtes – vaak voorzien van een keuken-, de regelmatig lage bezettingsgraad in de praktijk, de open deuren naar gangen, en de lage CO₂-productie van de beperkt actieve ouderen [8].

Bevindingen inventarisaties en resultaten van interviews

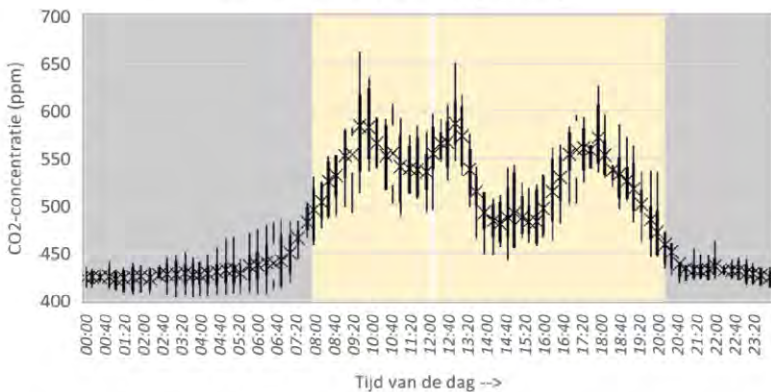
In ruim de helft van de huiskamers zijn 7 à 10 bewoners op twee verzorgers aanwezig, met een gemiddelde bezetting van ca. 8,4 m² per persoon. Zij zijn niet de hele dag gezamenlijk bijeen in de huiskamers en dus varieert de bezettingsgraad van de huiskamers over de dag. Momenten dat bewoners bijna allemaal langere tijd gezamenlijk bijeen zijn in huiskamers zijn koffietijd rond 9.30-10:00 uur, lunch rond 12:00 uur en het avondeten rond 17:00-18:00 uur. Dit volgt ook uit het verloop van de CO₂-concentraties (figuur 4).

Overschrijding CO₂-concentraties van 800 en 1000 ppm in 35 huiskamers gedurende een meetweek



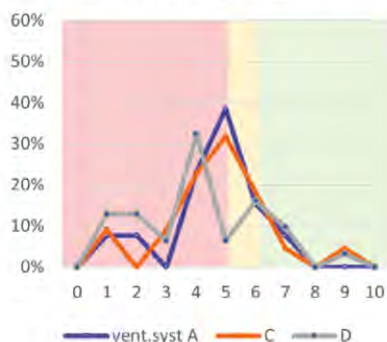
Figuur 3: Overschrijding van CO₂-concentraties als percentage van de verblijfstijd (8-20 uur) in 35 huiskamers van gebouwen voor langdurige zorg (meetperiode: 1 week) [1] Het ventilatie-debiet in m³/h (y-as) werd afgeleid uit gemeten CO₂-concentraties via de build-up methode [6,7].

Boxplot verloop CO₂-concentratie gedurende een dag in een huiskamer van een zorginstelling

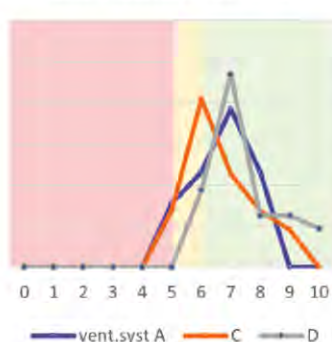


Figuur 4: Verloop van de CO₂-concentratie in een van de onderzochte huiskamers voor 8 psychogeriatrische bewoners (ventilatiesysteem D) (meetperiode 1 week) De lagere CO₂-productie van ouderen in combinatie met wisselende bezettingsgraden temperen de dagelijkse CO₂-piekniveaus.

Waardering bewoners mb.t. openen van ramen in de winter (volgens het zorgpersoneel)



Waardering zorgpersoneel m.b.t. openen van ramen/roosters in de winter



Klimaat, comfort en risico's gebruik

Uit de interviews (figuur 5) blijkt dat de oudere bewoners zeer gevoelig zijn voor kou en tocht en dat zij daarover snel klagen. In het stookseizoen zijn temperaturen van 22 à 23°C voor de oudere mensen comfortabel, 20°C vinden zij al snel te koud. Ook in Coronatijd hadden zij vaak onvoldoende notie van het belang van ventilatie en wisten gesloten ramen en roosters, in tegenstelling tot zorgpersoneel. Het zorgpersoneel dat vaak druk in de weer is, wil juist vaak ramen en roosters open vanwege de hoge temperaturen en de vaak te droge lucht. Een compromis wordt vaak gevonden door te ventileren als bewoners (nog) niet aanwezig zijn, en aangepaste zorgkleding. Is het koud, dan blijven de ramen gesloten. Inrichting en het gebruik van de huiskamers en ventilatievoorzieningen levert diverse aandachtspunten op. De ruggen van bewonersstoelen staan vaak bij ramen onder ventilatieroosters, levert het tochtklachten dan worden roosters gesloten. Ramen zijn soms permanent vergrendeld vanwege veiligheid voor de bewoners. Lucht uit mechanische ventilatieroosters leveren regelmatig klachten op. Hoewel ten strengste afgeraden door de facilitaire dienst, worden ventilatieroosters dan soms afgeplakt, wat op een andere plek een nieuw probleem kan opleveren. Het afsluitbaar zijn van een deel van een huiskamer, bijvoorbeeld met schuifdeuren, kan uitkomst bieden om bepaalde ruimtedelen extra te ventileren.

Koeling

Van de 60 bezochte gebouwen heeft slechts een kwart geen mechanische koeling. Zorgpersoneel vindt koeling in de zomer een verademing, maar veel bewoners houden niet van de koude luchtstroom, die zij snel als tocht ervaren. Daarom wordt vaak niet maximaal gekoeld. Optimaal profijt van de airco impliceert in de praktijk vaak ramen dicht. Het gevolg is minder ventilatie, wat in pandemietijd een potentieel risico betekent vanwege minder afvoer van eventueel met virus besmette lucht.

Figuur 5a en 5b: Rapportcijfer (0-10) van de bewoners (grafiek links) en het zorgpersoneel (grafiek rechts) voor het openen van ramen en roosters in huiskamers t.b.v. ventilatie in de winter. De drie grafieklijnen zijn voor ventilatiesystemen A, C en D (0-5=zeer negatief tot negatief (rood)... 5-6=neutraal (geel)... 6-10=positief tot zeer positief (groen)) [1]

Meer ventilatie tijdens een pandemie?

Aan het zorgpersoneel is gevraagd of hun ventilatiegedrag anders was tijdens de Coronapandemie. 56% van de respondenten antwoordde dat er meer werd geventileerd, met name door ramen en deuren vaker open te doen, 24% gaf aan niet anders te ventileren dan voorheen. 7% ging fors ventileren bij afwezigheid van bewoners. 10% gaf aan dat de huiskamer niet in gebruik was in Coronatijd. Een enkeling gaf aan dat er meer werd geventileerd als een bewoner uit (Corona)isolatie kwam. Enkele respondenten gaven aan dat personeel wel meer wilde ventileren, maar dit op weerstand van bewoners stuitte.

Slechts 8% van het geïnterviewde zorgpersoneel was van mening dat geen extra maatregelen nodig zijn in het kader van pandemische paraatheid. 27% vond dat er meer natuurlijke ventilatievoorzieningen nodig zijn in (huis)kamers en gangen. 40% wil betere klimaatbeheersing/gebalanceerde ventilatie met luchtfiltering. 10% van de respondenten benoemt voorzieningen om tochtvrij te kunnen ventileren als een aandachtspunt.

Aandachtspunten ventilatiesystemen in pandemietijd

Er zijn verschillende zwaktes geconstateerd tijdens de inspecties. Een greep daaruit:

- Onvoldoende luchttoevoer/-afvoer of disbalans in toe- en afvoer
- Tochtklachten door te hoge lichtsnelheid en/of koude toevoerluchtstroming
- Opstelling van stoelen bij ramen en onder ventilatieroosters (tochtklachten)
- Verstopte of vuile roosters, waardoor minder luchtdoorlaat
- Gesloten ventilatieroosters of toevoer- en afzuigroosters dicht bij elkaar
- Te droge lucht of defecte bevochtiging
- Geluidsoverlast installatie als reden om roosters te sluiten
- Gebrek aan bewustzijn bij personeel van belang van goede ventilatie en onduidelijke ventilatierichtlijnen
- Onvoldoende rekening houden met gewijzigde ventilatiebehoefte bij interne verbouwingen, bijvoorbeeld van kantoorruimte naar huiskamer

In 8 huiskamers zijn luchtdebietmetingen uitgevoerd met een balometer. In die huiskamers waren problemen met de capaciteit van de luchttoevoer/-afvoer uit de roosters, de ventilatiebalans, te hoge lichtsnelheden uit roosters, wat discomfort veroorzaakt, dichte roosters, en zeer sterk vervuilde roosters.

In driekwart van de gebouwen zijn ventilatieroosters in de gevel aanwezig die dichtgezet zijn. Alle gevels van huiskamers hebben natuurlijke ventilatievoorzieningen, maar tochtvrij ventileren is daarmee niet altijd mogelijk. Bijvoorbeeld waar alleen – vaak grote - draaikiepramen zijn met te grote ventilatieopeningen voor permanente ventilatie (30% van de gebouwen) vanwege tocht en koude luchtstroom. Bij een kwart van de gebouwen is een te hoge de inblaaslichtsnelheid bron van tochtklachten bij bewoners. In ruim een derde van de bezochte huiskamers liggen luchttoevoer- en luchtafvoer dicht bij elkaar liggen en/of wordt een reëel risico ingeschat op verminderde doorspoeling/dode hoeken.

In de helft van de 36 huiskamers zijn er één of meerdere roosters die vervuild zijn of zijn dichtgezet, wat voor verminderde afzuigcapaciteit zorgt. 25% van de huiskamers



Slecht ingeregelde roosters beperken ventilatiedebiet.



Kortsluiting van toevoer en afvoer.

heeft maar één afzuigpunt, vaak dicht bij de gang. Deuren naar de gang staan regelmatig open wat ook invloed kan hebben op de ventilatiebalans met één luchtafzuigpunt nabij de deur (40%).

Pandemische paraatheid

Uit de gebouwbezoeken volgden o.a. de volgende aanbevelingen in het kader van pandemische paraatheid:

- Voer periodiek een inspectie uit van het ventilatiesysteem in alle zorginstellingen.
- Stel duidelijke richtlijnen op voor optimale ventilatie en inrichting om klachten te voorkomen.
- Ventilatiesystemen die functioneren op basis van hoge inblaaslichtsnelheden hebben vooral in ruimtes die niet hoog zijn, een groter risico op tochtklachten bij de daarvoor gevoelige bewoners. Meerdere inblaaspunten met lage inblaaslichtsnelheid zijn te prefereren. In enkele grote bijeenkomst ruimtes bleken airsocks een geschikt alternatief om met lage lichtsnelheid de benodigde ventilatiehoeveelheid toe te kunnen voeren zonder tochtklachten van de oudere bewoners. Ook textielplafonds lijken potentie te hebben.



Tocht door hoge inblaasluftsnelheid vanuit roosters in koef en luchtcirculatie.



Tocht vanuit ventilatieroosters in kozijnen boven de stoelen van bewoners.



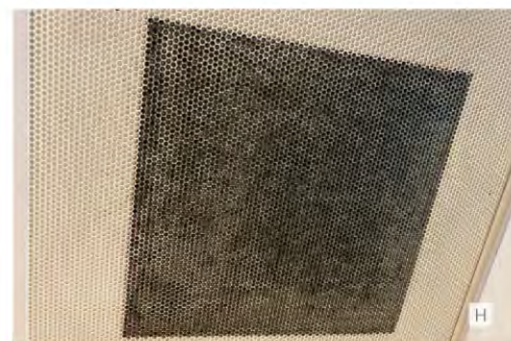
Wisselende bezetting. Langere periodes met lage bezetting in huiskamers is positief, hoge bezetting negatief.



Koude luchttoevoer uit airco zorgt voor tochtklachten.



Koeling van lucht kan leiden tot sluiten van ramen, dus minder verse luchttoevoer.



Sterk vervuilde roosters beperken het ventilatiedebiet.

- Voorzie zorgpersoneel van hulpmiddelen zoals CO₂-sensoren met bijbehorende instructies om een beter beeld van de ventilatiekwaliteit te krijgen.
- Benadruk het belang van onderhoud en reiniging van ventilatiesystemen.
- Voorkom geluidsoverlast: geluid wordt geassocieerd met "te veel lucht".
- Voorzie personeel van een eigen ruimte met instelbaar klimaat en privacy.
- Creëer een optie om delen van ruimtes tijdelijk te kunnen separeren, bijvoorbeeld met schuifwanden, om reguliere processen en pandemische maatregelen simultaan, maar onafhankelijk van elkaar te kunnen uitvoeren. Het ene deel van de ruimte kan dan tijdelijk extra worden geventileerd op het moment andere bewoners tochtvrij in de nevenruimte verblijven.

Conclusie

In 60 zorginstellingen, 111 huiskamers, zijn ventilatiesystemen en gebruik onderzocht. Systemen A en C kwamen beide voor in oudere gebouwen, systemen C en D kwamen beide voor in nieuwere gebouwen, waarbij systeem C dan vaak in combinatie met CO₂-sturing werd aangetroffen. Uit de CO₂-analyses van 28 huiskamers is geconcludeerd dat in 75% daarvan werd voldaan aan de nieuwbouw ventilatie-eis volgens de bouwregelgeving. De relatief lage CO₂-concentraties die in de huiskamers zijn aangetroffen worden deels verklaard door de lage activiteit van ouderen.

Grote verschillen tussen comforteisen van bewoners en personeel maken ventilatie-uitdagingen complex. Tijdens de coronapandemie werd vaak iets beter geventileerd, maar pas bij meer gematigde temperaturen of als bewoners afwezig waren. Personeel heeft behoefte aan duidelijke ventilatie-instructies. Ook geeft personeel aan dat betrouwbare CO₂-monitoring met indicator zou kunnen helpen om tijdig en voldoende te ventileren.

Dit onderzoek is uitgevoerd binnen het Programma Pandemisch Paraat (P3Venti) [2], met financiering van het Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport, en gecoördineerd door TNO. ■

Referenties

1. Weersink A.M.S., Saleminck G.A.M., Struck C., Koene F., Technische en gebruiksinventarisatie ventilatiesystemen in bestaande gebouwen voor langdurige zorg, op basis van een taxonomie en vragenlijst, P3Venti Rapport Saxion Lectoraat Sustainable Building Technology, 15 Mei 2024
2. www.p3venti.nl
3. Paauw A., Hornstra L.M., Eigenschappen van uitgedemde aerosol deeltjes met Sars-Cov-2 en de effecten van de omgeving daarop – P3Venti rapport TNO 2023 R11579, 13 mei 2024
4. Comas-Herrera A, Zalakaln J, Lemmon E, Henderson D, Litwin C, Hsu AT, Schmidt AE, Arling G and Fernández J. Mortality associated with COVID-19 in care homes: international evidence. Article in LTCovid.org, International LongTerm Care Policy Network, CPEC-LSE. 2020 April 12. Last updated 14th October 2020
5. Loomans M., Hooff T. van, 2025, Handelingsperspectief systeemconfiguratie (P3Venti), rapport TU/e BE2025-2055381, pp.60
6. Ahn, K. U., Kim, D.-W., Cho, K., Cho, H. M., & Chae, C.-U. (2022). Hybrid Model for Forecasting Indoor CO₂ Concentration. Buildings, 12(10), 1540. <https://doi.org/10.3390/buildings12101540>
7. Weersink A.M.S., Koene F., Caris Y., Struck C., 2024, Ventilatie in zorggebouwen beter in beeld, Bouwfysica 2024 (2), 14-18
8. Persily A, de Jonge L., 2017, Carbon dioxide generation rates for building occupants, Indoor Air. 27(5), 868-879