

Van ontkenning naar acceptatie van 'airborne' transmissie: waarom duurde het zo lang?

Op 5 januari 2020 maakt de WHO (World Health Organization) het eerste nieuws over de uitbraak van de ziekte COVID-19 (Coronavirus disease 2019) als gevolg van een nieuw virus bekend. Op 11 maart 2020 wordt COVID-19, veroorzaakt door SARS-CoV-2 (SARS Coronavirus 2), door de WHO als een pandemie uitgeroepen. Op 4 april 2020 worden door de BBC 1 miljoen COVID-19 gevallen gerapporteerd.

Terwijl de aantallen snel stijgen, wordt duidelijk dat het begrijpen van de transmissie mechanismen van SARS-CoV-2 de sleutel is naar het voorkomen van verdere verspreiding. Er was geen tijd te verliezen: alle mogelijke transmissieroutes moeten onderzocht worden. Drie mogelijke routes worden geïdentificeerd [1]:

1. Direct contact met een besmettelijk persoon.
2. Indirect contact via contact met oppervlakken waarop het virus zit, zoals via een bal.
3. Of via virusdragende druppels en aerosolen, die zich via de lucht verspreiden.

Terwijl in landen om ons heen wel publiekelijk wordt erkend dat verspreiding via de lucht een mogelijke route is (Duitsland voegt eind september 2020 ventileren toe aan de basisregels; de Britse overheid komt in november met een voorlichtingsfilmje waarin het belang van ventilatie wordt uitgelegd; en in België wordt een Taskforce ventilatie opgezet), houdt het RIVM voet bij stuk. Direct en indirect contact blijven de belangrijkste routes, en voor die routes worden de inmiddels welbekende maatregelen keer op keer opgevoerd:

- De 1,5 meter voor het verminderen van directe overdracht.
- Voor indirecte overdracht, schoonmaken van oppervlakken en handen wassen.
- Wanneer geen afstand gehouden kan worden, persoonlijke beschermingsmiddelen gebruiken, zoals een mondkapje of beschermende handschoenen.

Ten aanzien van ventilatie is het advies op de website van het RIVM: het Bouwbesluit. In dit artikel worden enkele hardnekkig mythes en uitspraken op het gebied van ventilatie, die zijn ontstaan en gedaan in de afgelopen jaren op juist dit vlak, besproken en weerlegd.

Uit verschillende studies, die in 2020 en later over de hele wereld zijn uitgevoerd, blijkt dat op een afstand verder weg van de geïnfecteerde persoon overdracht via aerosolen een belangrijke rol bij cross-infecties van SARS-CoV-2 kan spelen. Ook tonen labstudies aan dat het virus meer dan drie uur in de lucht kan blijven leven, en dus voldoende tijd heeft om te worden ingeademd door een niet-besmet persoon die aanwezig is in dezelfde ruimte. In veldstudies wordt het virus zowel in luchtmonsters, als op oppervlakken aangetoond. Verder weten we inmiddels dat indirecte overdracht via oppervlakken niet of nauwelijks plaatsvindt; en dat nabij het gezicht van een geïnfecteerd persoon de concentratie van uit de luchtwegen afkomstige range van druppels het hoogst is.

Al deze informatie maakt dat op 30 april 2021 de WHO eindelijk erkent dat transmissie behalve via druppels ook kan optreden via aerosolen; kleinere uit de luchtwegen afkomstige deeltjes die kunnen zweven, in slecht geventileerde en/of drukbezette binnenruimtes. Niet lang er na, op 7 mei, past de US Centers for Disease Control and Prevention hun advies voor COVID-19 aan, en geven duidelijk aan dat inademing van deze kleinere deeltjes de belangrijkste route van transmissie van het virus is. Ook het RIVM in Nederland past haar website aan (op 19 mei 2021), net na een publicatie in het vooraanstaande wetenschappelijk tijdschrift Science door 39 wetenschappers, met het verzoek meer aandacht te geven aan ventilatie als een manier om te vechten tegen luchtweginfecties [2].

Toch wordt er nog steeds niet openlijk over gecommuniceerd. Pas nadat alle maatregelen eind juni 2021 worden opgeheven, er gedanst mag worden met Janssen, de Delta-variant zich aandient, en warempel de explosieve stijging medio juli gelinkt wordt met het uitgaansleven in slecht geventileerde ruimtes, en een e-mail van een aantal wetenschappers (inclusief ondergetekende) wordt in het 119e advies van het OMT (Outbreak Management Team) van 9 juli 2021 gesproken over ventilatiemaatregelen. Maar pas na een open brief aan premier Rutte ondertekend door 20 wetenschappers op 13 juli en een Tweede Kamerdebat die daarna, wordt door hem openlijk toegezegd een vierde icoontje tijdens de persconferenties toe te voegen. In het 121e advies van het OMT (26 juli 2021) wordt dan voor het eerst uitgebreid ingegaan op ventilatie. Nederland staat aan het begin van een vierde golf, met bijna 18.000 doden en 1,8 miljoen positief geteste gevallen. Echter, ondanks deze aandacht voor ventilatie, ontbreken concrete maatregelen wat betreft ventilatie nog steeds [3, 4]. We gaan een tweede winter in met een lockdown die duurt tot 10 januari 2022; op 23 maart 2022 worden alle maatregelen eindelijk ingetrokken.

Het is belangrijk om aan te geven dat er voor elk van de routes in het begin zeer beperkt direct bewijs was voor de overdracht van SARS-COV-2. Toch hielden instanties zoals de WHO en het RIVM, zich vast aan het feit dat overdracht direct of indirect plaatsvond, en daarom werden er voor die routes maatregelen getroffen. De oorzaak lijkt deels te liggen in de evidence-based benadering van de geneeskunde: je gaat pas iets doen als je het hebt aangetoond. Maar toch strookt dat niet met de genomen maatregelen; ook voor direct en indirecte overdracht was geen of beperkt bewijs aanwezig [5].

Misvattingen in de medische-gezondheid wetenschap

Naast dat aanbevelingen op basis van bewijs worden genomen, is er ook een aantal 'misvattingen' of 'mythes' die ten grondslag ligt aan de maatregelen die wereldwijd vooral door medisch geschoolde wetenschappers werden aanbevolen of juist niet werden aanbevolen [6].

Mythe 1: 'Aerosolen zijn druppels met een diameter gelijk of kleiner dan 5 micron'

Deze mythe heeft zijn oorsprong in de bevinding dat deeltjes kleiner dan 5 micron dieper het ademhalingsstelsel kunnen binnendringen, en studies daarna daarom onder-

Activiteiten in 2020-2021

Ook in Nederland waren er tal van activiteiten om transmissie via de lucht en het belang van ventilatie tussen de oren te krijgen, zoals:

- Actief aandacht in de media opzoeken door verscheidene wetenschappers en filmpjes: <https://bit.ly/40ECVWd>.
- De TVVL Expertgroep bestaande uit specialisten van de kennisorganisaties VLA, TVVL en VCCN (<http://bit.ly/40mVb6K>).
- Werkconferentie Ventilatie en COVID-19 georganiseerd door de Gezondheidsraad op 23 november 2021 (<http://bit.ly/3JI0nt2>).
- Het Landelijk Coördinatieteam Ventilatie op Scholen (LCVS) (<http://bit.ly/3LXL7Sd>).
- Het Masterplan ventilatie, een initiatief van TVVL, Binnenklimaat Nederland, ISSO en VCCN, allen verenigingen met expertise in gebouwventilatie (www.Masterplanventilatie.nl).
- Verscheidene Webinars, zoals het TVVL Webinar 'COVID-19 ventilatie maatregelen in scholen en om veilig de winter door te komen' op 11 juni 2020; en het KNAW corona Webinar: 'Er hangt iets in de lucht' - Eén jaar Coronapandemie' op 25 maart 2021 (<http://bit.ly/3lV2EuO>).

scheid maakten tussen deeltjes kleiner dan 5 micron en groter dan 5 micron [7]. We weten dat luchtweginfecties worden veroorzaakt door pathogenen, die via de neus of mond door een geïnfecteerd persoon worden uitgedemd. De pathogeen, het coronavirus in dit geval, wordt overgedragen via uit de luchtwegen afkomstige druppels tijdens ademen, praten, zingen, schreeuwen, niezen en hoesten. Het coronavirus is daarom niet naakt maar zit in een waterachtige substantie, die zouten, proteïnen, en andere componenten bevat. Terwijl deze uit de luchtwegen afkomstige druppels, een brede range aan afmetingen hebben - de meesten liggen in de range van sub-micrometers tot een paar micron - heeft het coronavirus zelf een diameter van rond de 120 nm of 0,12 micron. Zodra een druppel de mond of neus verlaat, zullen de in de druppel

aanwezig watermoleculen beginnen met verdampen. Hoeveel watermoleculen verdampen, is afhankelijk van de relatieve vochtigheid, de temperatuur van de ruimte waarin ze terecht komen, en de chemische samenstelling van de druppel. Een druppel met een diameter van 10 micron zal na uitademing in een omgeving met een relatieve vochtigheid tussen 20% en 80% krimpen tot circa 4 micron, 40% van de oorspronkelijk diameter. Wanneer uitgeademd zullen de druppels zich verspreiden in de omgeving, afhankelijk van hun afmetingen (en gewicht). De grotere 'druppels' met een diameter groter dan 100 micron, zullen onder invloed van de zwaartekracht binnen twee meter van de bron neerslaan. De kleine druppels, druppeltjes, ook wel 'aërosolen' genaamd, zijn kleiner dan 100 micron, en kunnen langere tijd in de lucht blijven hangen of zweven. Ten behoeve van het beschrijven van overdracht in termen van fysisch gedrag en route van overdracht lijkt daarom 100 micron een betere grenswaarde dan 5 micron voor het onderscheiden van druppels van aërosolen.

Mythe 2: 'Alle druppels kleiner of gelijk aan 5 micron vallen binnen 1,5 meter van de bron naar de grond'

Ook dit is een vaak terugkomend, maar wetenschappelijke foute bewering (zie foto 1).

Hoelang en hoever een druppel in de lucht kan blijven zweven, hangt namelijk af van de grootte van de druppel en van de lokale luchtstroomcondities (zoals luchtsnelheid, de luchttemperatuur en de vochtigheid van de lucht).

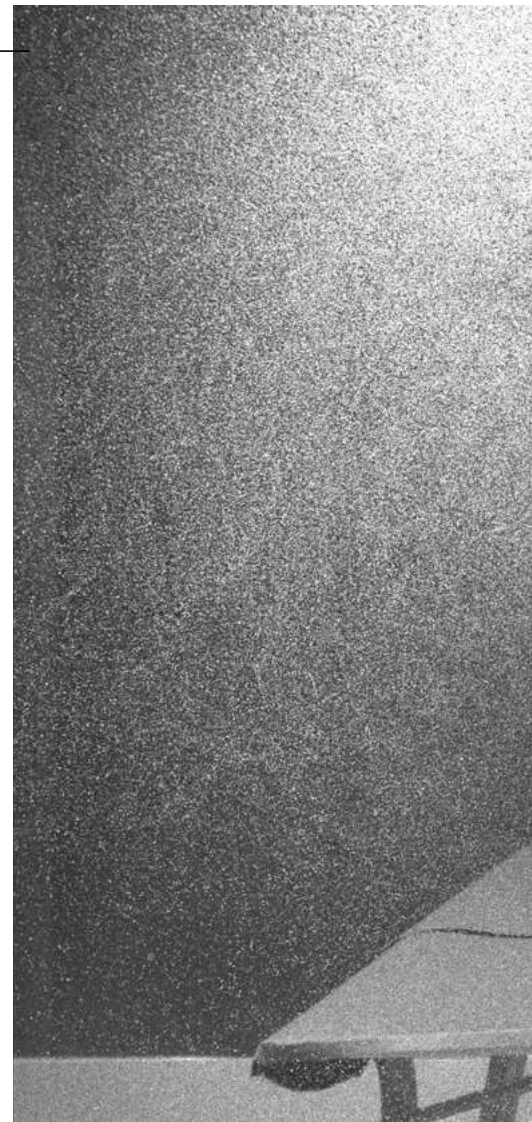
In stilstaande lucht zal de tijd die het kost om neer te slaan verschillen voor deeltjes van verschillende afmetingen. Uitgeademde deeltjes met een diameter tussen vijf en tien micron hebben 8 tot 30 minuten nodig om vanaf een hoogte van 1,5 meter op de grond te vallen onder invloed van de zwaartekracht. Deeltjes met een diameter van ongeveer 50 micron hebben maar 20 seconden nodig om van diezelfde hoogte neer te slaan.

Maar binnenlucht staat niet stil. Deeltjes die te klein zijn om snel te vallen kunnen via de thermische pluim rondom het lichaam naar boven bewegen. Daarnaast kunnen ze ook worden beïnvloed door luchtstromingen veroorzaakt door ventilatie, bewegingen van personen en warme elektrische apparaten, of aanwezige belemmeringen, zoals gordijnen. Bij lage luchtsnelheden, 5 cm per seconde, kan een deeltje met een diameter van 5 micron, in theorie, tot 100 meter ver komen, terwijl een deeltje van 10 micron ongeveer 25 meter bereikt. Bij hoge luchtsnelheden (20 cm/s) kunnen deze afstanden zelfs een factor vier verder zijn.

Foto 1: Aerosolen en ventilatie - TU Delft

SenseLab (youtu.be/PLIOeu9Ic4Q):

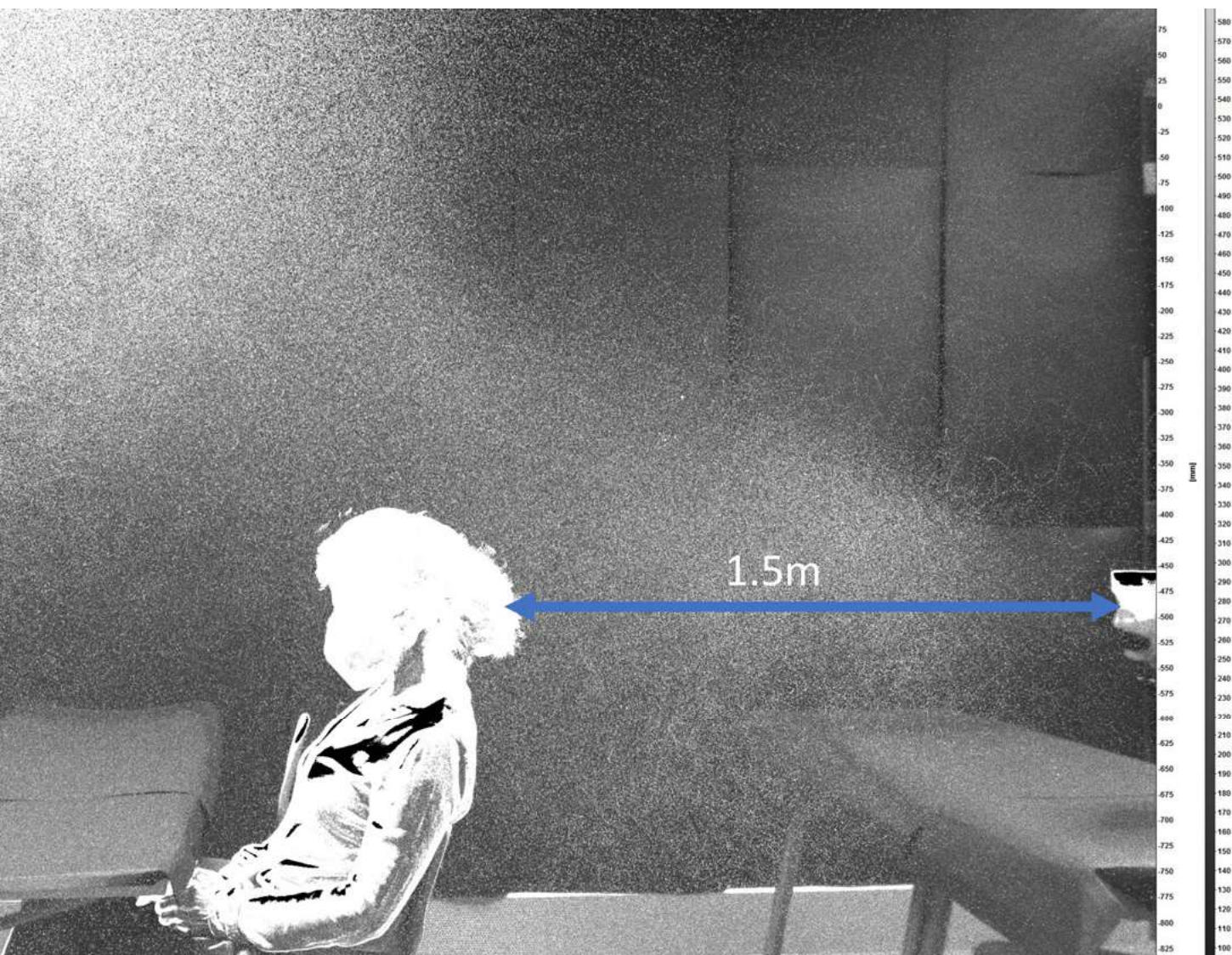
De verspreiding van aërosolen wordt hier gesimuleerd met zeepbelletjes 'uitgeademd' door een kunststof hoofd.



Mythe 3: 'Wanneer het dichtbij is, kan het niet lucht gedragen zijn'

Alleen wanneer aangetoond wordt dat overdracht plaatsvindt verder dan 1,5 meter, dan is het bewijs van overdracht via de lucht geleverd.

Het moge duidelijk zijn dat het ontbreken van bewijs dat 'lange afstand' overdracht plaatsvindt, nog niet betekent dat overdracht via de lucht niet plaatsvindt. Overdracht via de lucht kan namelijk ook op korte afstand (dichtbij) plaatsvinden, en kan zelfs de overheersende route zijn, ook al is 'lange afstand' overdracht niet aangetoond. Inademing van een pathogeen kan namelijk op elke afstand van een besmet persoon plaatsvinden, maar de kans dat dit gebeurt op korte afstand is groter omdat de concentratie van aërosolen daar groter is. Visueel is dit duidelijk te maken aan de hand van een roker en de sigarettenrook die de ruimte in wordt geblazen. Maar ook de geur van iemand die



knoflook heeft gegeten of alcohol heeft gedronken, is dichtbij die persoon beter waarneembaar dan verderaf. Hoe verder je van die persoon afstaat, hoe minder je ervan ruikt.

Mythe 4: 'Indien het reproductiegetal (R0) niet groter is dan die voor mazelen, dan kan het niet lucht gedragen zijn'

Het reproductiegetal (R0) is gedefinieerd als het gemiddelde aantal secundaire gevallen die door een besmet persoon (index geval) in een populatie met een homogene verdeling van ontvankelijke personen worden besmet. Het grootste probleem met deze definitie ligt in het feit dat R0 aangeeft hoeveel mensen worden besmet na contact met een besmet persoon, onafhankelijk van hoe de besmetting heeft plaatsgevonden. Van een aantal organismen is bekend dat overdracht via de lucht plaatsvindt, zonder overdracht van persoon-tot-persoon. Zoals bijvoorbeeld de hantavirussen, die het hantavirus

pulmonair syndroom veroorzaken, of de Bacillus anthracis, die anthrax veroorzaakt. Beiden hebben een dierlijke oorsprong en worden opgelopen door inademing, niet door overdracht van persoon-tot-persoon. Beiden hebben een R0 van 0, maar toch worden ze als via de lucht overdraagbare ziekten beschouwd. Verder is R0 niet zo nauwkeurig als de methode die wordt toegepast om de secundaire gevallen te bepalen.

Mythe 5a: 'Indien het via de lucht overdraagbaar is, werken mondneusmaskers niet'

Deze mythe is fout omdat hier wordt aangenomen dat een mondneusmasker werkt of dat een mondneusmasker niet werkt. Het gebruik van mondneusmaskers sinds de pandemie, verplicht of niet, heeft tot diverse en een groot aantal ontwerpen geleid. Het doel van een mondneusmasker is het reduceren van het verspreiden van druppels via de mond en neus in de omgeving, en daardoor een reductie in het risico om



Foto 2a: Testen van mondneusmaskers.

anderen te besmetten. Om dit mogelijk te maken zijn zowel minimale lekkage als gevolg van een slecht pasvorm op het gezicht evenals de werking van het filter om aerosolen en druppels te filteren, belangrijke eigenschappen. (Zie YouTube video: <https://bit.ly/3lKWsfJ> en Foto 2a). In diverse landen zijn richtlijnen opgezet voor publieke maskers. Verschillende labstudies hebben laten zien dat chirurgische en publieke maskers deels effectief zijn in zowel het limiteren van uitgeademde deeltjes als het beschermen van de drager tegen het inademen van deeltjes afkomstig van anderen.

Mythe 5b 'Het virus heeft maar een diameter van 100 nm (0,1 micron), dus werken filters en mondneusmaskers niet': Deze mythe is gerelateerd aan mythe 5a; twee misvattingen spelen hierbij een rol. Ten eerste, HEPA (high-efficiency particle air) filters verwijderen deeltjes door een combinatie van botsing, inertie, interceptie, diffusie, en elektrostatische krachten. Deeltjes met een diameter van ongeveer 0,3 micron zijn in het

algemeen de deeltjes die het slechts worden gefilterd. Deeltjes met een diameter kleiner dan deze 'meest doorgelaten deeltjes diameter' worden beter afgevangen. Ten tweede, virussen zijn meestal niet naakt, maar omringd met water, zout, proteïnen en andere uit de luchtwegen afkomstige componenten. Deze druppels zijn dus groter dan het virus. Een HEPA-filter vangt 99,97% of meer van deeltjes met een diameter van 0,3 micron. Uitgeademde druppels hebben afmetingen die beginnen bij 0,5 micron, en worden dus allemaal door een HEPA-filter verwijderd. Om na te gaan of een mobiel HEPA-filter systeem ook in Nederland op scholen en universiteiten een additionele maatregel zou kunnen zijn, is onderzoek gedaan in het SenseLab (Foto 2b). De uitkomsten lieten zien dat het geteste mobiele HEPA-systeem inderdaad een goede extra maatregel kan zijn om lucht te reinigen, maar dat het schoonmaak effect afhangt van de stand en de positie in de ruimte. Ook lieten de testen zien dat het systeem onacceptabele geluidsniveaus en tocht kan veroorzaken, en dat meerdere systemen nodig zullen zijn in een

klaslokaal, waardoor de overlast door geluid en tocht toe zal nemen.

Uitspraken op beleidsniveau

Naast de misvattingen in de medische-gezondheid wetenschappen, blijkt uit een aantal beweringen en maatregelen die wel of niet genomen zijn, publiekelijk of niet, dat op beleidsniveau er een gebrek is aan de juiste kennis op het gebied van ventilatie.

Uitspraak 1: 'Luchten van 15 minuten per dag'

Dit is een uitspraak zonder enige onderbouwing en heeft dan ook niet veel om het lijf. Want wanneer moet je dan dat kwartiertje luchten? Voordat je een sigaretje gaat roken, tijdens of daarna? Als bij de uitspraak een aantal keren per dag bij wordt vermeld, of bijvoorbeeld een kwartier per uur, dan wordt het al beter. Maar dan wordt het nog steeds niet gereleateerd aan de context waarin die ventilatie moet plaatsvinden.

Er moet dus meer aandacht komen voor het belang van ventileren, maar ook de juiste manier van ventileren.

'Goede' of juiste ventilatie betekent in de eerste plaats zorgen voor voldoende en effectieve ventilatie. Ventilatie die voorziet in toevoer van 'schone' lucht en afvoer van verontreinigde (geïnfecteerde) lucht afkomstig van de ademhalingszones van elk individu, het liefst zonder onderweg ademhalingszones van andere personen te passeren, en zonder recirculatie (hergebruik) van lucht. En dan hebben we luchtreiniging als een additionele optie wanneer ventilatie onvoldoende is of recirculatie van lucht niet kan worden voorkomen.

Uitspraak 2: '6 ACH of 10 l/s is voldoende'

In veel berichten over COVID-19 wordt de hoeveelheid ventilatie van een binnenuimte uitgedrukt in het aantal malen per uur dat de lucht wordt verversed ('Air Changes per Hour' - ACH). Er worden zelfs aanbevelingen gedaan op basis van deze ACH-maat, bijvoorbeeld: 6 luchtverversingen per uur. Toch is dit geen goede maat, omdat een ACH die voldoende is voor één type ruimte, bijvoorbeeld een woonkamer met 3 personen, niet adequaat is voor een bus met 30 personen. Hetzelfde geldt voor een ventilatiehoeveelheid van bijvoorbeeld



Foto 2b: Testen van een mobiel HEPA-filter systeem in het SenseLab.

10 l/s of 36 m³/uur. Wanneer in een ruimte 1 persoon zit, zou die 10 l/s wellicht kunnen voldoen, afhankelijk van de activiteit, maar wanneer er drie personen bijkomen, zeker niet. En ook bij deze uitspraak geldt, de juiste manier van ventileren ontbreekt.

Uitspraak 3: 'Houd je aan het Bouwbesluit'

Deze uitspraak is op zich beter dan '15 minuten' luchten per dag, maar heeft ook zeker zijn beperkingen. De ventilatievoorschriften in het Bouwbesluit zijn minimale eisen, opgezet voor behoud van comfort, en zijn opgesteld voor gebouwen die al bestonden in 2012 (bestaand) en voor gebouwen van na 2012 (nieuw) (zie Tabel 1). Er is blijkbaar verschil in de hoeveelheid benodigde ventilatie wanneer je in een nieuw of bestaand gebouw verblijft. Bovendien zijn deze eisen niet gericht op het (voorkomen van) (respiratoire) infectieziekten.

Uitspraak 4: 'Ventilatie betekent ingewikkelde systemen die moeilijk te realiseren zijn en veel geld kosten'

Ventilatie gericht op het verversen van binnenlucht met buitenlucht hoeft niet persé veel geld te kosten en hoeft ook niet ingewikkeld te zijn. Met te openen ramen en deuren, in combinatie met maatregelen t.a.v. bezetting en verblijfstijd kan men al heel ver komen. Natuurlijk zijn bij complexere gebouwen en intensief gebruik van ruimtes, ook complexere systemen mee gemoeid. Maar niet iedere ruimte hoeft een 'clean room' te zijn.

Uitspraak 5: 'Het is onvoldoende bekend in welke mate ventilatie helpt om de overdracht van COVID-19 tegen te gaan'

Deze uitspraak is in de afgelopen jaren regelmatig gevallen, en wordt vaak als onderbouwing gebruikt om geen extra of andere ventilatiemaatregelen te nemen dan in het Bouwbesluit staan. Het klopt dat er geen cijfers bekend zijn over de mate waarin ventilatie helpt om de overdracht van COVID-19 te voorkomen. Voor handen wassen en afstand houden zijn ook geen absolute cijfers bekend. De meest bekende berekeningsmethode om te bepalen hoeveel ventilatie er nodig is om overdracht van infectieuze 'aërosolen' via de lucht beheersbaar te maken, is de Wells-Riley vergelijking. Met behulp van deze vergelijking is het theoretisch mogelijk het infectie risico bij een bepaalde ventilatiehoeveelheid en een aantal aanwezigen, waaronder één geïnfecteerd persoon, te bepalen.

Helaas is er een aantal beperkingen: Quantum, de eenheid van besmetting, geïntroduceerd door Wells om het effect op ontvankelijke personen bij inhalering van infectieuze aerosolen te bepalen, is gebaseerd op beschikbare informatie en daarom niet gemakkelijk te bepalen. De berekening houdt geen rekening met verschillen tussen personen.

Daarnaast neemt het model aan dat de concentratie van infectieuze aërosolen homogeen verdeeld is in de binnenruimte, of in termen van ventilatie: volledige menging. Het model neemt aan dat deze

Situatie	2012
Minimum in verblijfsruimten	Bestaand/nieuw
Woningen (l/s per m ² vloeroppervlak)	0,7/0,7
Onderwijsfunctie (l/s per persoon)	3,44/8,5
Kantoor cel (l/s per persoon)	6,4/12
Kantoorfunctie (l/s per persoon)	3,44/6,5
	Minimum l/s
Woningen bestaand/nieuwbouw	7,0
Kantoren bestaand/nieuwbouw	7,0

Tabel 1: Bouwbesluit: minimale ventilatiedebieten [8].

uniforme concentratie in de tijd constant is; en dus ook de inademing van die concentratie. Echter, we weten niet hoeveel 'levend virus' er in een uitgeademde druppel of aerosol zit, en aan hoeveel 'levend virus' een persoon moet worden blootgesteld om besmet te raken.

Tot slot

Voor het efficiënt beheersen van overdraagbare luchtweginfecties zijn risico-gebaseerde richtlijnen nodig in plaats van ventilatierichtlijnen met absolute getallen. Bestaande richtlijnen zijn gericht op het beheersen van geur en uitgeademde CO₂ door bewoners. Voor binnenruimten met de bewoner als de voornaamste bron van verontreiniging, gebruiken we richtlijnen met limietwaarden voor de CO₂-concentratie in de lucht. CO₂, in principe een relatief goedaardige chemische stof, wordt hierbij gebruikt als indicator voor de aanwezigheid van mensen. Of CO₂ als indicator voor infectieuze druppels gebruikt kan worden, is nog maar

de vraag. CO₂ is een gas, en uitgeademde druppeltjes en aërosolen zijn geen gassen, en gedragen zich dus hoogstwaarschijnlijk ook niet als gassen. Onderzoek naar gedrag van druppels en aërosolen bij verschillende omgevingscondities, maar ook de levensvatbaarheid van het virus in een druppel/aerosol, nadat deze de mond/neus hebben verlaten, is daarom noodzakelijk.

Wat COVID-19 ons heeft laten zien, is dat er meer kennis nodig is over hoe potentiële ziekteverwekkers zich verspreiden in gebouwen, wat de beste condities en manieren zijn om ze te bestrijden, maar ook hoe we betaalbare, flexibele, efficiënte en effectieve ventilatie kunnen creëren. Het is duidelijk dat het niet alleen gaat om de vraag welke ventilatiehoeveelheden zijn er nodig, maar ook hoe er moet worden geventileerd in verschillende situaties, vooral in drukbezette ruimtes waar mensen voor een langere tijd verblijven zoals bijvoorbeeld in klaslokalen, kantoortuinen, restaurants, verpleeghuizen, theaters en sportclubs.

Deze nieuwe aanpak moet niet alleen gericht zijn op het ventileren van een ruimte, maar zal een range van opties moeten kunnen aanbieden, zodanig dat aan de veranderende eisen van de bewoners in de tijd kan worden voldaan, of het nu om gezondheid gaat of om comfort. Andere bronnen van verontreiniging mogen we hierbij niet vergeten, evenals andere aspecten. Van het binnenmilieu die samen de beleving van het binnenmilieu bepalen. Denk aan geluid, licht, en thermische aspecten. Neem bijvoorbeeld het openen van ramen en deuren in klaslokalen, bedoeld om de mogelijke infectieuze aërosolen weg te ventileren. Een hele goede maatregel in tijden van een pandemie, maar niet bevorderlijk voor het thermisch comfort van de leerlingen in de klaslokalen.

Tot slot is dit een prima gelegenheid om ook de maatregelen voor het tegengaan of beter het omgaan met de klimaatverandering aan te pakken. Dit vereist een geïntegreerde visie en een lange termijn stappenplan.

Zie ook: Filmpje Ventilatie in strijd tegen corona.
www.youtube.com/watch?v=qbl3fmDxyBY

Initiatieven sinds 2022

Inmiddels zijn er verschillende initiatieven op nationaal niveau onderweg, waaronder:

- Het frontrunner project "Predicting, measuring and quantifying airborne virus transmission" onder het PDPCC (Pandemic And Disaster Preparedness Centre) opgericht door de TU Delft, Erasmus Universiteit Rotterdam en het Erasmus MC (<https://convergence.nl/pandemic-disaster-preparedness/>).
- Het onderzoeksprogramma Pandemische Paraatheid en Ventilatie (P3Venti), gecoördineerd door TNO, in het leven geroepen door het ministerie van VWS (www.P3Venti.nl).
- Het onderzoeksprogramma Mitigation Strategies for Airborne Infection Control (MIST) gefinancierd door NWO en gecoördineerd door de TU Twente.
- Het top-sector Life Sciences & Health gefinancierd project CLAIRE (Clean Air for Everyone) gecoördineerd door de Universiteit van Utrecht.

Referenties

1. Morawska, L., Tang, J., Bahnfleth, W., Bluysen, P.M., Boerstra, A., et al. 2020. How can airborne transmission of COVID-19 indoors be minimised? *Environment International* 142: 105832.
2. Morawska, L., Allen, J., Bahnfleth, W., Bluysen, P.M., Boerstra, A., et al. 2021. A paradigm shift to combat indoor respiratory infection, Building ventilation systems must get much better, *Science* 372(6543):689-691.
3. Dyani Lewis, 'Why indoor spaces are still prime Covid hotspots,' *Nature* 592, 2021: 22-25, doi:10.1038/d41586-021-00810-9.
4. Anne ter Rele en Martin van den Wier 'Hoe Nederland ventileren druppelsgewijs serieus ging nemen,' *Trouw*, 31 juli 2021.
5. Jimenez, J.L., Marr, L., C. Randall, K., Ewing, E.T., Tufekci, Z., et al. 2022. What were the historical reasons for the resistance to recognizing airborne transmission during the COVID-19 Pandemic? *Indoor Air* 32(8) e13070.
6. Tang, J.W., Bahnfleth, W.P., Bluysen, P.M., Buonanno, G., Jimenez, J.L., et al. 2021. Dismantling myths on the airborne transmission of severe acute respiratory syndrome coronavirus (SARS-CoV-2)- Narrative review, *Journal of Hospital Infection* 110:89-96.
7. Moltani, M. 2021. The 60-year-old scientific screwup that helped Covid kill, *Wired* May 13, <https://www.wired.com/story/the-teeny-tiny-scientific-screwup-that-helped-covid-kill/>
8. Bluysen, P.M. 2018. Wat je moet weten over installaties – Het hoe en waarom over klimaatinstallaties in een notendop, Delft Academic Press, Delft.