

Date
3 februari 2021

Our reference
-

Your reference
-

Department Built Environment
Building Physics

T +31 (0)40 247 2138
b.j.e.blocken@tue.nl

www.urbanphysics.net

Nederlandse samenvatting: Ventilatie en luchtfiltering in sportscholen om aerosolenconcentraties te reduceren

Dit is een korte toelichting in het Nederlands bij het Engelstalige onderzoek dat bestaat uit twee onderdelen: enerzijds een peer-reviewed wetenschappelijk artikel dat op 1 februari 2021 werd aanvaard voor publicatie in een toptijdschrift in het vakgebied "civil engineering", anderzijds een deel van een wetenschappelijk artikel in voorbereiding. Dit laatste deel biedt enkele praktische hulpmiddelen om voor een willekeurige sportruimte de nodige mate van ventilatie en/of luchtreiniging te bepalen.

Het doel van dit onderzoek was om de effectiviteit van ventilatie en innovatieve luchtreiniging te onderzoeken om de concentraties aan aerosoldeeltjes in sportscholen te reduceren in het kader van de COVID-19-pandemie. Dit onderzoek werd geïnitieerd door Sportinnovator en uitgevoerd in opdracht van het Topteam Sport. Het experimentele deel van het onderzoek werd deels uitgevoerd in de fitnessruimte van het Studentensportcentrum (SSC) van de Technische Universiteit Eindhoven op 11 juli 2020 in samenwerking tussen de volgende onderzoekspartijen:

- TU Eindhoven – Faculteit Bouwkunde – Leerstoelgroep Bouwfysica (Bert Blocken en medewerkers)
- TU Eindhoven – Faculteit Bouwkunde – Technisch Laboratorium (Jan Diepens en medewerkers)
- TU Eindhoven – Faculteit Industrial Design (Steven Vos, Dennis Arts)
- PlasmaMade (Martin van der Sluis en medewerkers)

Inhoud van het onderzoek en belangrijkste conclusies

Artikel: "Ventilation and air cleaning to limit aerosol particle concentrations in a gym during the COVID-19 pandemic". Stand van zaken: Aanvaard voor publicatie in peer-reviewed tijdschrift Building & Environment op 1 februari 2021.

Het volledige Engelstalige artikel zit in de bijlage.

De **inleiding** geeft een beeld van de relevante stand van zaken in de wetenschappelijke literatuur. Een aerosol is een suspensie van vaste of vloeibare deeltjes in de lucht. In het kader van de COVID-19-pandemie wordt hiermee bedoeld: een suspensie van speekseldruppeltjes in de lucht. De inleiding van het artikel geeft aan dat het voorzorgsprincipe vereist dat er aandacht gaat naar de concentraties van aerosoldeeltjes en het beperken van die concentraties in binnenruimtes. Er wordt aangegeven hoeveel speekseldruppels er ongeveer gegenereerd worden door niezen, hoesten en praten. Op basis van

literatuurbronnen wordt aangegeven dat er geen consensus bestaat over de “kritische” diameter die grote druppels van kleine druppels of aerosoldeeltjes scheidt, en dat dit gebrek aan consensus waarschijnlijk zijn oorsprong vindt in het feit dat eerdere studies uitgevoerd zijn bij verschillende relatieve vochtigheden. Met dit inzicht lijkt het logisch om de grens tussen grote en kleine druppels te leggen bij een diameter van “enkele tientallen micrometer”. De grote druppels vallen relatief snel naar de grond onder invloed van de zwaartekracht, vandaar de ingevoerde “sociale afstand” van 1.5 m. De kleine druppels verdampen heel snel, in enkele seconden of zelfs fracties van een seconde, en kunnen dan als druppelkernen, al dan niet beladen met virusdeeltjes, urenlang in de lucht blijven zweven. Eerder onderzoek heeft aangetoond dat het virus tot ongeveer 3 uur kan overleven op zo’n druppelkern. De inleiding vermeldt ook dat nationale en internationale organisaties en overheden het belang van “voldoende ventilatie” benadrukken. Dat betekent tegelijkertijd dat ze impliciet rekening houden met virustransmissie door aerosoldeeltjes, omdat ventilatie enkel maar een effect heeft op deze vorm van transmissie. Echter is het vooralsnog onbekend hoeveel ventilatie dan precies “voldoende” is. Literatuurbronnen geven aan dat dit zelfs voor de diverse bestaande virussen nog steeds onvoldoende bekend is. Desalniettemin is het belangrijk om na te gaan wat de invloed is van ventilatie, al dan niet aangevuld met innovatieve en performante luchtreinigingssystemen, op de concentraties van aerosoldeeltjes die kunnen optreden in diverse binnenruimtes. Want hoe lager deze concentraties, hoe veiliger de situatie. In deze studie wordt dit onderzocht, specifiek voor het geval van een fitnessruimte.

De **tweede sectie** van het artikel (zie p. 3) gaat wat dieper in op de stand van zaken in de wetenschappelijke literatuur wat aerosolengeneratie, ventilatie en luchtreiniging in fitnessruimtes betreft. Eerder onderzoek heeft aangetoond dat diep uitademen 4 tot 6 keer meer aerosoldeeltjes kan genereren dan gewoon ademen in rust, en dat snel inademen die hoeveelheid nog eens met een factor 2 tot 3 kan doen toenemen. In het meest extreme geval gaat het dus om een toename met een factor 18. Dit blijkt ook uit een andere studie, onafhankelijk uitgevoerd van deze eerste. Ook daar vond men die factor 18 terug, al is het wel zo dat dit zeker niet voor elke proefpersoon gold, meer nog, er waren zelfs hele grote verschillen in de aerosoldeeltjesproductie door de diverse proefpersonen. Wel geeft dit aan dat de zorgen in verband met COVID-19 en fitness niet onterecht zijn. Een recente publicatie in het tijdschrift Nature verwees ook naar fitnesscentra (en restaurants) als efficiënte locaties voor mogelijke overdracht van SARS-CoV-2-virusinfecties.

Er bleek echter geen studie te bestaan in de wetenschappelijke literatuur die specifiek de speekselaerosolen in fitnesscentra heeft onderzocht. De voorliggende studie is dus de eerste. Er zijn zelfs bijzonder weinig studies over luchtkwaliteit in fitnesscentra in het algemeen. De weinige studies die voorhanden zijn richten zich niet specifiek op de speekselaerosolen maar meer algemeen op “fijn stof”. Merk op dat de definitie van fijn stof impliciet speekselaerosolen insluit; aerosoldeeltjes en fijn stof zijn synoniemen. In de vorige studies naar luchtkwaliteit in fitnesscentra vond men dat oefeningen met heftige bewegingen, zoals aerobicslessen, veel fijn stof genereerden. Dit werd hoofdzakelijk toegeschreven aan de resuspensie van fijn stof dat zich eerder had afgezet op oppervlakken. Maar onvermijdelijk heeft men toen ook speekselaerosoldeeltjes gemeten, hoewel de meetapparatuur niet toeliet om dit onderscheid te maken.

Het Bouwbesluit voorziet de minimumventilatiegebieden waaraan gebouwen moeten voldoen, afhankelijk van hun gebruikstype. Voor sportgebouwen is dat een toevoer van 6.5 dm³/s per persoon voor nieuwe gebouwen, en 3.44 dm³/s per persoon voor bestaande gebouwen. Het Handboek Sportaccommodaties van het NOC*NSF geeft richtlijnen die veel hogere ventilatiegebieden stipuleren: 6 ACH voor fitnessruimtes, 8 ACH voor aerobics- en gevechtssportruimtes en 10 ACH voor spinningruimtes. Hierbij is ACH de “air change rate per hour”, dit wil zeggen het aantal keer per uur dat het volledige binnenluchtvolume van de ruimte vervangen wordt door verse lucht. Dit zijn vrij hoge waarden. Ook wordt er een minimum vermeld van 11.1 dm³/s per sporter, veel hoger dan de waarden in het Bouwbesluit, maar in overeenstemming met de Amerikaanse richtlijn (ASHRAE-standaard) van minimum 10 dm³/s per persoon.

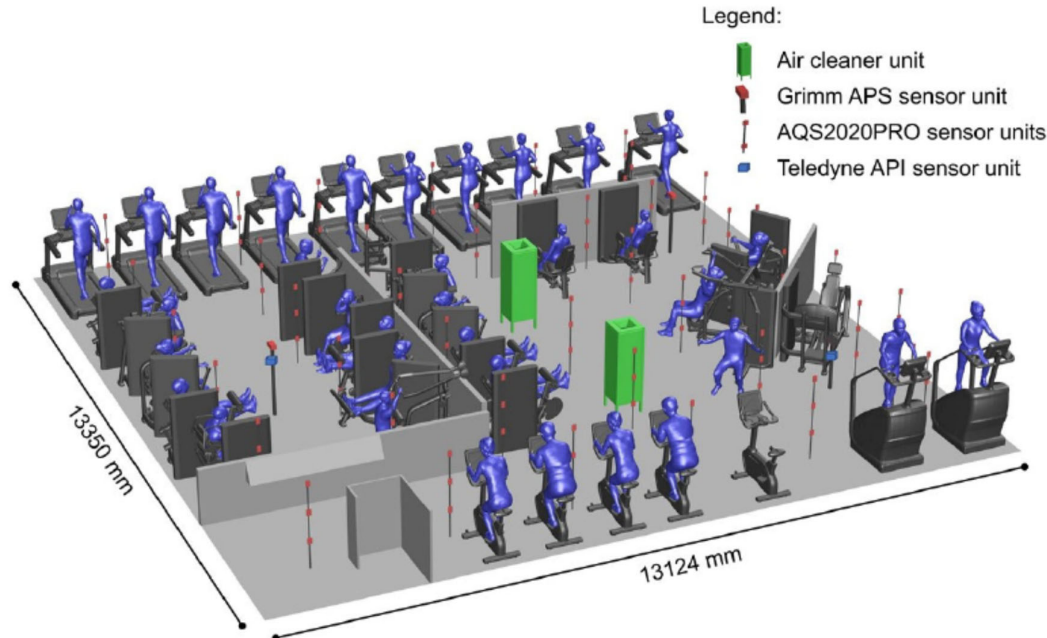
Ondanks het feit dat de COVID-19 pandemie in onze contreien bijna een jaar oud is, wordt luchtreiniging met mobiele professionele units in Nederland en in West-Europa als geheel eerder uitzonderlijk toegepast. Dit is deels te wijten aan het gebrek aan certificering en normering en mede daardoor aan reputatieproblemen: er zijn toestellen op de markt beschikbaar met zeer lage efficiëntie en effectiviteit, en zelfs toestellen die grote hoeveelheden schadelijke bijproducten zoals ozon en stikstofoxiden genereren. Keuze, installatie en onderhoud van luchtreinigingssystemen is daarom werk

voor professionals, net zoals dat het geval is bij het ontwerp, de installatie en het onderhoud van ventilatie-installaties.

De **derde sectie** van het artikel (zie p. 6) is een kort bijkomend onderzoek dat werd uitgevoerd in een speciale luchtdichte klimaatkamer om te bepalen hoeveel van de aerosoldeeltjes die door een sportende persoon worden gegenereerd nu effectief speekselaerosolen zijn. In het kader van de COVID-19-pandemie en dus ook dit onderzoek zijn vooral de speekselaerosolen van belang. Echter, personen geven ook deeltjes vrij via de haren, kledij, de huid, en ook fitnessapparaten veroorzaken deeltjes door de wrijving tussen verschillende componenten en de wrijving tussen machineonderdelen, kledij en huid. Ook kunnen deeltjes die zich eerder hebben afgezet op oppervlakken terug in suspensie in de lucht komen, dit wordt resuspensie genoemd. Een opstelling werd ontworpen met een statische fiets (home trainer) in het midden van de klimaatkamer en aan proefpersonen werd gevraagd om eerst te sporten waarbij ze vrij inademen en uitademen in de klimaatkamer, en vervolgens na een rust- en drankpauze opnieuw te sporten waarbij ze vrij inademen maar uitademen via een slang die uitmondt buiten de klimaatkamer. Op deze manier is het verschil in gemeten concentraties tussen beide sportsessies een indicatie voor de hoeveelheid speekselaerosolen. De resultaten van dit kleine onderzoek tonen aan dat – in overeenstemming met eerdere onderzoeken naar uitademen van aerosolen – de verschillen tussen diverse proefpersonen onderling zeer groot zijn. Bij de eerste proefpersoon was de gemeten speekselaerosolenuitstoot nagenoeg verwaarloosbaar vergeleken met de uitstoot van niet-speekselaerosolen. Bij een andere persoon daarentegen was de uitstoot van de speekselaerosolen in dezelfde grootteorde als de uitstoot van de niet-speekselaerosolen. Dit resultaat toont aan dat – in tegenstelling tot aannames in sommige eerdere studies – de speekselaerosolen zeker niet als verwaarloosbaar gezien kunnen worden maar dat veel meer testen met grote aantallen proefpersonen nodig zijn om een goed beeld te krijgen van de verhouding generatie van speekselaerosolen tot totale aerosolengeneratie. Een dergelijke studie blijkt vooralsnog niet beschikbaar.

In de **vierde sectie** van het artikel (zie p. 8) wordt eerst de meetopstelling in het fitnesscentrum van de TU Eindhoven besproken. De ruimte werd opgedeeld in twee delen met een verticaal scherm van vloer tot plafond en slechts in een van de delen werd de test uitgevoerd. Het volume van de ruimte is ongeveer 886 m³. Er is een mechanisch ventilatiesysteem aanwezig, met zowel de inblaasopeningen als de afzuigopeningen nabij het plafond. Het totale ventilatiedebiet dat ingeblazen wordt in deze ruimte is 1949 m³/h. Dat levert een ACH van 2.20 keer per uur, dat is 4.5 keer hoger dan het minimum in het Bouwbesluit voor bestaande gebouwen, uitgaande van 35 aanwezigen. Het is weliswaar veel lager dan de ACH van 6 keer per uur in de Richtlijnen van het Handboek Sportaccommodaties.

Aan de gerecruteerde proefpersonen en onderzoekers werd een strikt veiligheidsprotocol opgelegd. Iedereen werd getest ivm COVID-19 en vervolgens twee dagen in quarantaine in een hotel in Eindhoven centrum geplaatst tot de ochtend van zaterdag 11 juli 2020, waarop het hele gezelschap zich in een lange kolonne te voet verplaatste van het hotel naar de fitnessruimte. In de fitnessruimte waren apparaten opgesteld voor cardio- en krachttraining. Aerosolenconcentraties werden voornamelijk gemeten met 2 Grimmsensoren en 110 ASQ2020PRO-sensoren. Die laatste sensoren maten ook CO₂-concentratie, luchttemperatuur en relatieve vochtigheid. Twee mobiele professionele luchtreinigingsunits ("air cleaners") werden opgesteld in het middengedeelte van de ruimte. Deze units hadden elk een capaciteit van 617 m³/h en een energieverbruik van (slechts) 105 W elk. De onderstaande figuur toont schematisch de proefopstelling. Er moet opgemerkt worden dat de aerosolenconcentraties die gemeten werden niet enkel speekselaerosoldeeltjes waren, maar ook de aerosoldeeltjes afgegeven door haren, huid, kledij, de fitnessapparaten zelf en resuspensie van deeltjes die zich eerder op oppervlakken hadden afgezet. De voorhanden meetapparatuur laat/liep niet toe om dit onderscheid te maken.



Figuur: meetopstelling in fitnessruimte 3 van het Studentensportcentrum van de TU Eindhoven.

Er werden zes scenario's uitgevoerd:

- Scenario 1: 35 sporters, ventilatie, geen luchtreiniging
- Scenario 2: geen sporters, ventilatie, geen luchtreiniging
- Scenario 3: 35 sporters, geen ventilatie, geen luchtreiniging
- Scenario 4: geen sporters, geen ventilatie, geen luchtreiniging
- Scenario 5: 35 sporters, geen ventilatie, luchtreiniging
- Scenario 6: geen sporters, geen ventilatie, luchtreiniging

Elk scenario duurde 30 minuten en op voorhand was duidelijk voorgeschreven welke toestellen op welk moment door elke proefpersoon gebruikt moesten worden. Deze zes scenario's lieten toe om de diverse belangrijke natuurkundige processen te analyseren. Scenario 1 gaf informatie over aerosoldeeltjesgeneratie en de gelijktijdige verwijdering door ventilatie. Scenario 2 gaf aan hoe het ventilatiesysteem werkt zonder aanwezigheid van de bronnen (dit wil zeggen de sporters). Scenario 3 gaf informatie over de bronnen zonder de invloed van ventilatie- en luchtreinigingssystemen. Scenario 4 gaf inzicht in de natuurlijke depositie in "kalme" binnencondities, dus zonder de luchtstromingen veroorzaakt door de ventilatie of luchtreinigers. Scenario 5 toonde hoe de bronnen en de luchtreinigers samen werken. Scenario 6 tenslotte toonde hoe de luchtreinigers alleen inwerken op de aerosoldeeltjesconcentraties. Meer scenario's waren niet mogelijk op de meetdag zelf gezien de beperkte beschikbare tijd en optredende vermoeidheid bij de sporters. Een scenario dat niet werd getest maar wel zeer relevant is, is de combinatie van ventilatie met luchtreiniging. Die combinatie komt later in deze tekst nog aan bod.

De meetresultaten in elk van die scenario's kunnen kort samengevat worden als volgt. Ventilatie alleen was niet voldoende om een sterke toename in aerosoldeeltjesconcentraties over de periode van 30 minuten te vermijden. Hetzelfde gold voor luchtreiniging alleen. Opvallend was dat de stijging van de concentraties in scenario 1 (sport én ventilatie) ongeveer gelijk was aan die in scenario 5 (sport én luchtreiniging). Ook de daling in aerosoldeeltjesconcentraties door ventilatie in scenario 2 was ongeveer gelijk aan de daling door luchtreiniging in scenario 6. Dat ventilatie en luchtreiniging ongeveer hetzelfde effect hadden lijkt enigszins verwonderlijk omdat de capaciteit van het ventilatiesysteem ($1949 \text{ m}^3/\text{h}$) ongeveer 60% hoger was dan die van de twee luchtreinigers samen ($= 2 \times 617 \text{ m}^3/\text{h}$). Het ventilatiesysteem blijkt dus minder efficiënt. Dat komt omdat de fitnessruimte vrij hoog is, 5.1 m, en de inblaas- en afzuigopeningen zich nabij het plafond bevinden. Dat betekent dat een deel van de ingeblazen lucht niet het looppniveau (max. 2 m hoogte) bereikt en dus niet volledig wordt ingezet voor

ventilatie op de plaats waar die het meest van belang is, met name waar de personen aanwezig zijn. De luchtreinigers daarentegen zijn wel opgesteld op loophoogte, en behandelen de lucht op die hoogte. Dat ventilatiesystemen op die manier worden ontworpen en uitgevoerd is niet uitzonderlijk, integendeel. Het is een standaardpraktijk om de inblaas- en afzuigopeningen nabij het plafond te plaatsen, waarbij de ventilatiekanalen in het verlaagde plafond worden weggewerkt. Dat is bouwkundig de meest handige en goedkope manier. Dat heeft geen nadelige gevolgen voor de ventilatie-efficiëntie bij lage vertrekken zoals kantoren en klaslokalen, maar wel voor hoge ruimtes zoals fitnesslokalen en sporthallen. Scenario 4 toonde dat vooral de grote deeltjes (met diameter tussen 2.5 en 10 micrometer) uitzakten en uit de lucht verwijderd werden door “depositie”. Bij de kleinere deeltjes was dat nauwelijks het geval, die bleven dus gedurende die periode van 30 minuten voornamelijk in de lucht zweven.

Tijdens de 6 scenario's werden ook CO₂-concentraties gemeten. De CO₂-concentraties namen logischerwijze toe wanneer er gesport werd, namen af wanneer er niet gesport en wel geventileerd werd, en bleven gelijk wanneer er niet gesport werd en wel luchtreiniging werd toegepast. De meeste luchtreinigers – net zoals deze toegepast in dit onderzoek – verwijderen vooral deeltjes uit de lucht en hebben geen invloed op CO₂. Daarom is het niet aangewezen om enkel luchtreiniging en geen ventilatie toe te passen. Dit is overigens in strijd met de wet – het Bouwbesluit eist terecht minimale ventilatiedebieten.

In **sectie vijf** wordt een eenvoudig wiskundig rekenmodel toegepast, gebaseerd op differentiaalvergelijkingen die de massabalans van CO₂ in de fitnessruimte beschrijven. De oplossing van die differentiaalvergelijkingen voor de diverse scenario's geeft meer inzicht in de natuurkundige processen die plaats hebben gevonden. Zo kan zowel de CO₂-productie door de sporters als de ventilatie-efficiëntie op loophoogte bepaald worden. De berekende CO₂-producties liggen in de buurt van de getallen die zijn gevonden in eerdere studies voor personen die een fysieke activiteit uitoefenen. Het volgens dit rekenmodel berekende debiet waarmee de CO₂ op loophoogte wordt verwijderd is 995 m³/h, dat is ongeveer de helft van het totale ventilatiedebiet van 1949 m³/h. De ventilatie-efficiëntie is dus ongeveer 50%. Dit is – zoals eerder aangegeven – te wijten aan het feit dat zowel de inblaas- als de afzuigopeningen nabij het plafond zitten.

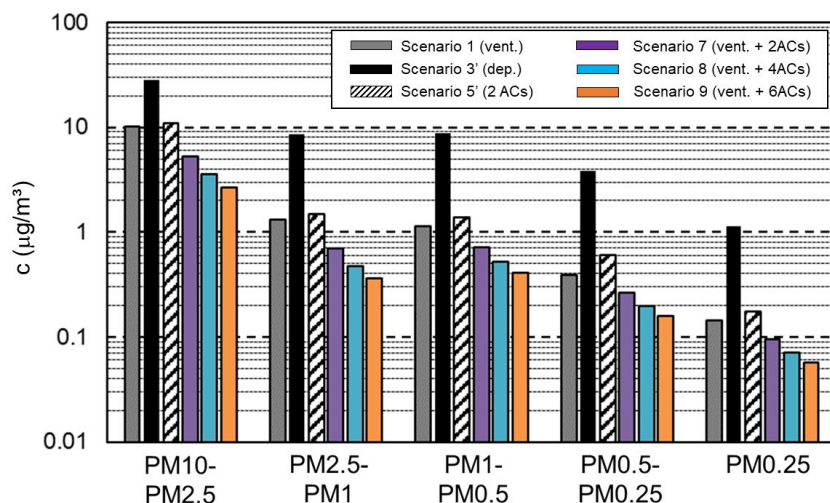
In **sectie zes** wordt een gelijkaardig eenvoudig wiskundig rekenmodel toegepast voor de aerosoldeeltjesconcentraties. De aerosoldeeltjes worden in vijf groepen verdeeld, naargelang hun diameter: groep 1 met diameter tussen 10 en 2.5 micrometer, groep 2 tussen 2.5 en 1 micrometer, groep 3 tussen 1 en 0.5 micrometer, groep 4 tussen 0.5 en 0.25 micrometer en groep 5 onder de 0.25 micrometer. Voor elk scenario wordt een differentiaalvergelijking opgesteld, en de oplossingen van die vijf keer zes differentiaalvergelijkingen – wegens zes scenario's – vormen een stelsel van dertig vergelijkingen dat toelaat om dertig onbekenden te bepalen. Dit geeft cijfers die aangeven hoeveel en hoe snel deeltjes uit de lucht zakken en zich op oppervlakken neerzetten (depositie), hoe belangrijk ventilatie is bij het verwijderen van aerosoldeeltjes, idem voor luchtreiniging, en hoeveel deeltjes er werden gegenereerd door de 35 sporters. De getallen ivm deeltjesgeneratie komen goed overeen met eerder en kleinschaliger onderzoek waarbij de deeltjes die door één persoon werden gegenereerd werden gemeten.

De bedoeling van het opstellen van het wiskundige rekenmodel is niet enkel om meer inzicht te krijgen in wat er precies is gebeurd in elk van de zes scenario's, maar ook om te kunnen extrapoleren naar andere scenario's. Zoals eerder vermeld zijn er een aantal interessante scenario's die niet aan bod zijn gekomen op de meetdag, met name scenario's waarin ventilatie wordt gecombineerd met luchtreiniging. Het model laat ook toe om na te berekenen wat er gebeurt tijdens een hele dag in de fitnessruimte, niet alleen tijdens 30 minuten. Het model toont aan dat de combinatie van ventilatie met luchtreiniging er in slaagt om de stijging van aerosoldeeltjesconcentraties, die onvermijdelijk optreedt wanneer men begint te sporten, relatief snel af te vlakken en te beperken tot een drempelwaarde die men vooraf zou kunnen opleggen. Hoe meer luchtreinigers worden ingezet, hoe sneller in de tijd die stijging wordt gestopt en hoe lager de uiteindelijke concentraties liggen. De onderstaande figuur toont, voor de vijf groepen van aerosoldeeltjes, de maximale concentraties die nog kunnen optreden in de fitnessruimte met de 35 sportende personen, voor diverse scenario's:

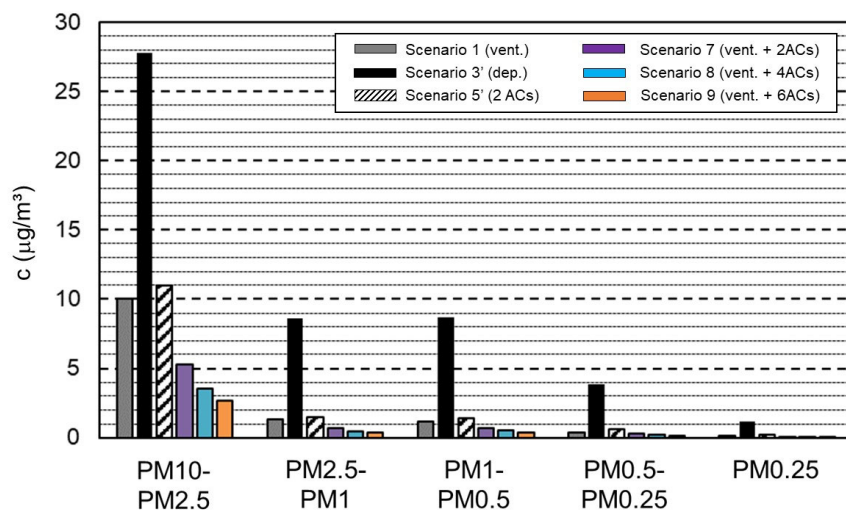
- Scenario 1: 35 sporters én ventilatie (dit scenario is identiek aan het hogervermelde scenario 1)
- Scenario 3': aanpassing van hogervermelde scenario 3: 35 sporters met constante aerosolenproductie gelijk aan die in scenario 1, geen ventilatie, geen luchtreiniging)
- Scenario 5': aanpassing van hogervermelde scenario 5': 35 sporters, enkel 2 luchtreinigingsunits

- Scenario 7: 35 sporters, ventilatie en 2 luchtreinigingsunits
- Scenario 8: 35 sporters, ventilatie en 4 luchtreinigingsunits
- Scenario 9: 35 sporters, ventilatie en 6 luchtreinigingsunits

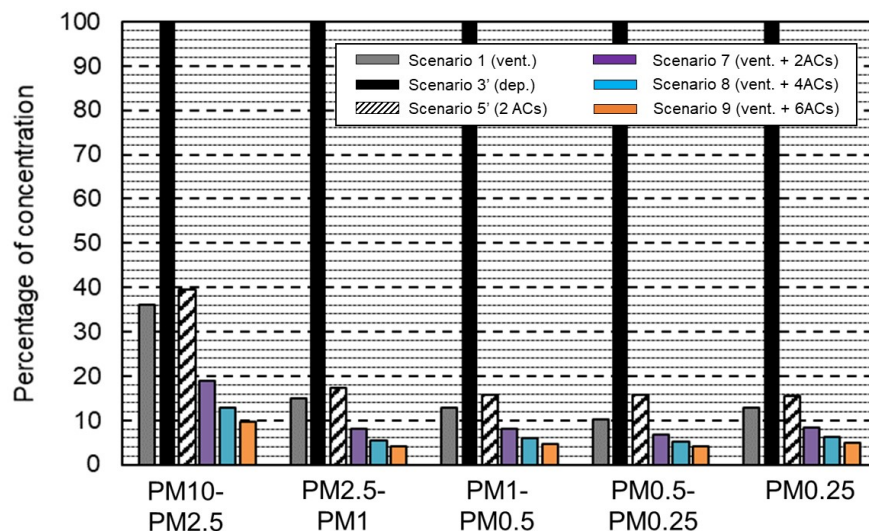
De figuur heeft een logaritmische verticale as, om alle staafjes in het staafdiagram duidelijk voor te stellen. Zo'n figuur geeft wel typisch een vertekend beeld, en daarom staat daaronder opnieuw dezelfde figuur, maar met een lineaire as. Die laatste figuur toont duidelijker hoe groot het effect van ventilatie, luchtreiniging en vooral ventilatie én luchtreiniging is. De figuur daaronder toont procentueel hoeveel de concentratie aan aerosoldeeltjes wordt gereduceerd door het inzetten van ventilatie en/of luchtreiniging. Ventilatie en luchtreiniging alleen reduceren de concentraties met meer dan 60% voor de grote deeltjes en met meer dan 80% voor de kleine deeltjes. Ventilatie samen met luchtreiniging (2 units) daarentegen reduceert de concentraties met meer dan 80% voor de grote deeltjes en met meer dan 90% voor de kleine deeltjes. Door de inzet van meerdere luchtreinigingsunits zijn reducties met 90 tot 95% mogelijk.



Figuur: Berekende concentraties aan aerosoldeeltjes in diverse scenario's voor de situatie van 35 sportende personen in de fitnessruimte van het Studentensportcentrum van de TU Eindhoven – met logaritmische verticale as.



Figuur: Berekende concentraties aan aerosoldeeltjes in diverse scenario's voor de situatie van 35 sportende personen in de fitnessruimte van het Studentensportcentrum van de TU Eindhoven – met lineaire verticale as.



Figuur: Berekende concentraties aan aerosoldeeltjes in diverse scenario's voor de situatie van 35 sportende personen in de fitnessruimte van het Studentensportcentrum van de TU Eindhoven – procentueel uitgedrukt.

In **sectie zeven** wordt dit onderzoek aan een ruimere discussie onderworpen. Het is een uniek onderzoek en dat is ook de reden waarom het gepubliceerd zal worden in een internationaal peer-reviewed tijdschrift Tier 1. Het tijdschrift "Building & Environment" is volgens Clarivate Analytics het vierde hoogst gerangschikte tijdschrift van de 134 meest vooraanstaande peer-reviewed tijdschriften in het vakgebied "Civil Engineering". Echter, zoals elk onderzoek is ook dit onderzoek onderworpen aan beperkingen. Een belangrijke beperking is dat de gemeten aerosoldeeltjes niet enkel speeksel-druppeltjes zijn, die aandacht verdienen in de COVID-19-pandemie, maar ook aerosoldeeltjes afkomstig van de huid, haren, kledij van personen en van de fitnessapparaten. Desalniettemin worden ook deze aerosoldeeltjes schadelijk geacht voor de gezondheid en kunnen en moeten ook zij door ventilatie en luchtreiniging verwijderd worden. Dit is zowel een beperking als een extra troef van dit onderzoek: luchtreiniging toepassen samen met ventilatie zal ook zonder virusdragende speekselaerosolen bijdragen tot een gezondere sportomgeving. Ook enkele andere beperkingen worden verder uitgelegd in sectie zeven.

Sectie acht omvat de conclusies. De hoofdconclusie van dit onderzoek en tevens het belangrijkste advies voor de praktijk is dat het niet nodig is dat fitnessruimtes en andere sportbinnenruimtes investeren in dure upgrades van hun mechanische ventilatiesystemen, op voorwaarde dat de ventilatie reeds voldoet aan het Bouwbesluit. In plaats daarvan kunnen zij het bestaande ventilatiesysteem aanvullen met mobiele professionele luchtreinigingsunits. Belangrijk hierbij is dat deze units zorgvuldig worden geselecteerd, dat zij voldoende capaciteit hebben in verhouding tot de ruimte waarin ze worden toegepast, dat ze een voldoende hoog rendement hebben en dat ze geen schadelijke bijproducten genereren. Luchtreinigingsunits selecteren, plaatsen en onderhouden is werk voor specialisten, net als dat het geval is bij mechanische ventilatiesystemen. Bestaande ventilatiesystemen aanvullen met energiezuinige luchtreinigingssystemen is ook energetisch-ecologisch de meest verantwoorde oplossing. Ventilatielucht zal, omdat die van buiten komt, vaak moeten worden verwarmd, gekoeld, bevochtigd of ontvochtigd, wat veel energie vraagt. De lucht die door luchtreinigingssystemen wordt behandeld daarentegen is binnenlucht die al op nagenoeg gepaste temperatuur en relatieve vochtigheid staat.

In de bijlage volgt na de tekst van het wetenschappelijke artikel nog een korte tekst die een eerste versie voorziet van enkele nomogrammen die gebruikt kunnen worden om in de praktijk, voor elke willekeurige fitnessruimte of sportruimte, de hoeveelheid luchtreiniging te bepalen die nodig is om bepaalde doelstellingen te bereiken, bijvoorbeeld bepaalde maximale aerosoldeeltjesconcentraties of bepaalde minimale ventilatiedebieten per persoon.

Prof.dr.ir. Bert Blocken

Prof. dr. ir. B. Blocken - Civil Engineer, PhD, MSc
Unit Building Physics & Services
Department of the Built Environment
Eindhoven University of Technology (TU/e)
P.O.Box 513, 5600 MB Eindhoven
The Netherlands
URL: <http://www.UrbanPhysics.net>

Also Part-Time Full Professor at:
Building Physics Section
Department of Civil Engineering
KU Leuven
Kasteelpark Arenberg 40 – bus 2447, 3001 Leuven
Belgium

Scientific Director: *Eindhoven Atmospheric Boundary Layer Wind Tunnel*
