

Medisch Monitoring Onderzoek;

deel 1

Ventilatie in zwembaden

8-10-2020

Inleiding

Om meer inzicht te krijgen in besmettingsrisico's en beheersmaatregelen heeft de zwembranche, op initiatief van de VTZ, de handen ineens geslagen om hier onderzoek naar te doen. Dit onderzoek is mogelijk gemaakt door financiële bijdragen van bedrijven en instellingen uit de zwembranche¹. In deze notitie worden de eerste resultaten van het Medisch Monitoring Onderzoek gepresenteerd.

Het oorspronkelijk doel van het onderzoek was om vanuit medisch perspectief meer inzicht te krijgen in het gedrag van personeel en zwemmers, de hygiënische kwaliteit van water, lucht en oppervlakken, medische klachten van personeel en zwemmers en de effectiviteit van diverse beheersmaatregelen in de aanloop naar het veilig heropenen van de zwembaden na de Corona sluiting van voorjaar 2020. Het bleek lastig om medewerking voor dit onderzoek te krijgen van zwembaden en er was, ondanks toezeggingen, vertraging ontstaan bij het regelen van de benodigde financiering.

Daar kwam bij dat de vragen rondom de verspreiding van het virus via aerosolen in de actualiteit stonden en meer urgentie krijgen naarmate de herfst en winter naderbij komen. Er is daarom besloten om het onderzoek in twee delen te splitsen. Het eerste deel richt zich op de verspreiding van het virus via aerosolen en het tweede deel op de andere vragen met betrekking tot coronavierspreiding in zwembaden. In deze notitie worden de eerste resultaten van het aerosol onderzoek kort gepresenteerd. Het onderzoek is uitgevoerd door de TU Delft in samenwerking met de Zwembadpoli en de VTZ.

Opzet onderzoek

De overdracht van het Coronavirus (SARS-CoV-2) vindt plaats via besmette oppervlakken of via aerosolen. Deze aerosolen fungeren als potentiële drager van het Coronavirus. Inzicht in het ontstaan en de afvoer van aerosolen in de zwemzaal geeft daarom inzicht in de risico's op verspreiding van het coronavirus in zwembaden. Vanuit de Legionellabeheersing weten we dat diverse recreatieve elementen in zwembaden aerosolen kunnen vormen. Dit onderzoek is daarom uitgevoerd bij een viertal recreatiebaden. Deze zwembaden zijn geselecteerd op basis van de aanwezige recreatieve elementen, het type luchtbehandeling en de bereidheid tot medewerking². Bij deze onderzoeklocaties zijn diverse recreatieve elementen in- en uitgeschakeld om de vorming van aerosolen te kunnen meten. Voor deze meting is gebruik gemaakt van een Laser Aerosol Spectrometer, type Grimm 11R (GRIMM). Deze spectrometer meet de diameter van deeltjes variërend van 0.25-32 µm. In de spectrometer wordt continu een luchtstroom door een straal laserlicht geleid. De in de lucht aanwezige deeltjes zorgen voor verstrooiing van het laserlicht wat vervolgens gemeten wordt. De software van de spectrometer haalt hieruit informatie over de afmetingen en het aantal van de deeltjes verdeeld over 31 fracties tussen 0.25-32 µm. In NEN-EN 481 worden deeltjes in drie fracties verdeeld³:

1. Inadembare deel; deeltjes die via de neus en mond worden ingeademd
2. Thoracale deel; deeltjes die doordringen tot in de luchtwegen
3. Respirabele deel; deeltjes die doordringen tot in de longblaasjes

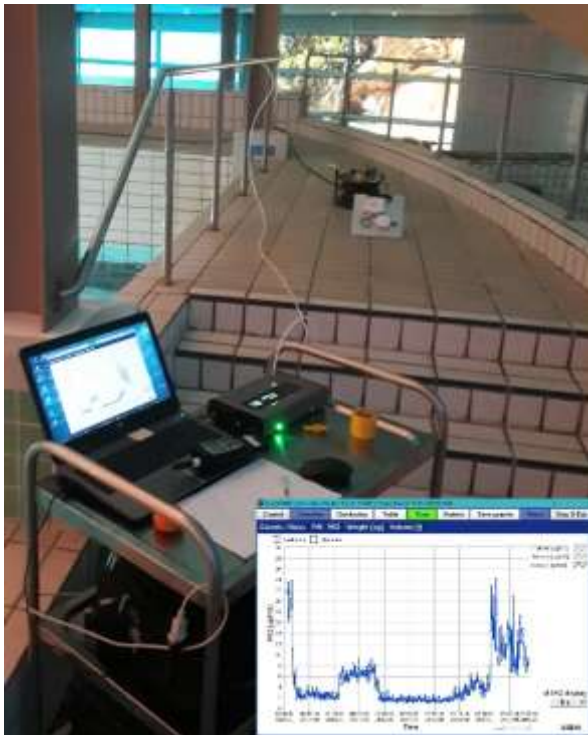
¹ Zie bijlage A voor een overzicht van de financierende bedrijven en instellingen

² De vier onderzoek locaties zijn in bijlage B genoemd

³ De verdeling van de deeltjes over de drie fracties volgens NEN-EN 481 is weergegeven in bijlage C

De kleinste deeltjes, de respirabele deeltjes, blijven het langste in de lucht hangen. Daarbij dringen de respirabele deeltjes het diepste de longen binnen, tot in de longblaasjes (NEN 1994). De respirabele deeltjes zijn daarom ook de groep deeltjes waar in dit onderzoek uitsluitend naar gekeken is.

Bij het begin en eind van elk onderzoek is een referentiemeting gedaan in de buitenlucht en in de hal van het zwembad. Vervolgens is op verschillende plekken in de zwemzaal gemeten boven perrons, boven zwembadwater, boven een whirlpool, nabij glijbanen, waterspuiters en boven een golfslagbad. Daarnaast is gekeken naar de invloed van de luchtbehandeling. Tijdens elk onderzoek is de luchttemperatuur en luchtvochtigheid gemeten door gekalibreerde sensoren van C-Mark en periodiek met een gekalibreerde handmeting (Testo).



Figuur 1 geeft een beeld van de meetopstelling met de spectrometer en laptop op de voorgrond en de online meting van C-Mark op de achtergrond. Via de teflon slang wordt continu lucht aangezogen en in de spectrometer geanalyseerd op aerosolen. De resultaten zijn live zichtbaar op het scherm van de laptop, zie screenshot rechtsonder bij figuur 1. Door deze live weergave van de resultaten is het gedrag van de aerosolen direct zichtbaar. Het effect van recreatieve elementen, de accumulatie van aerosolen in de ruimte en de snelheid waarmee aerosolen afgevoerd worden door de verschillende standen van de luchtbehandeling zijn op deze wijze onderzocht. De spectrometer maakt geen onderscheid tussen stofdeeltjes of aerosolen. Aannahme is dat de wijzigingen in het aantal deeltjes in de zwemzaal vooral aerosolen zijn en nauwelijks stofdeeltjes.

Figuur 1; Proefopstelling met screenshot live resultaten

Resultaten onderzoek

De referentiemetingen laten zien dat bij alle locaties het aantal deeltjes in de buitenlucht groter is dan in de hal van het zwembad. Verklaring hiervoor is dat elke luchtbehandeling is voorzien van stoffilters die de stofdeeltjes uit de lucht verwijderen voordat deze in het gebouw gebruikt wordt. Het laagste aantal deeltjes is bij alle locaties gemeten in de hal, dit is als referentie gebruikt. Bij het onderzoek in de zwembaden is duidelijk geworden dat alle recreatieve elementen respirabele aerosolen produceren. De mate waarin de recreatieve elementen dat doen is verschillend.

De twee glijbanen in figuur 2 gaven een verschillend beeld. De linker glijbaan produceerde nauwelijks respirabele aerosolen, terwijl de rechter glijbaan veel respirabele aerosolen produceerde, vergelijkbaar met een whirlpool. Het lijkt erop dat de mate waarin water en lucht met elkaar gemengd worden (turbulentie) bepaalt hoeveel respirabele aerosolen vrij komen. Hierbij valt op dat het aandeel respirabele aerosolen stijgt naarmate de glijbaan meer gebruikt wordt. De zwemmers hebben dus invloed op de respirabele aerosolen door versterking van de turbulentie. Opvallend was een daling van het aandeel aerosolen nadat de golfmachine in bedrijf was gesteld. Wellicht is een verklaring dat de glijbaan toen minder gebruikt werd.



Figuur 2; twee glijbanen

Opvallend was een spuitter in een peuterbad, die tegen de verwachting in, dezelfde hoeveelheid respirabele aerosolen produceerde als een meter naast een whirlpool, zie figuur 3. Een stroomversnelling had nauwelijks invloed op het aantal aerosolen en een golfbad alleen als ook daar intensief contact van water en lucht plaats vond, bijvoorbeeld waar de golven omslaan (turbulentie).



Figuur 3; Spuitter peuterbad

De invloed van de luchtstromen bleek zeer bepalend voor de mate waarin aerosolen aangetroffen worden. Bij de ene whirlpool, met de centrale lucht afzuiging recht boven de whirlpool wordt nauwelijks verschil gemeten in de hoeveelheid respirabele aerosolen op verschillende hoogtes boven het wateroppervlak, terwijl op een andere locatie, waar de luchtcirculatie meer horizontaal was, het aantal respirabele aerosolen afneemt met de hoogte boven de whirlpool. In dit laatste geval is het aannemelijk dat de respirabele aerosolen met de luchtstroom meegevoerd worden. Tijdens het onderzoek was het niet mogelijk de luchtstromen in beeld te brengen.

De luchtbehandeling bleek effectief in het verwijderen van respirabele aerosolen. In de inblaasluucht (meetslang is in het inblaasrooster gestoken) werden nagenoeg geen respirabele aerosolen

aangetroffen. Dit is bij alle proeflocaties vastgesteld met 100% verse buitenlucht, met 60% buitenlucht en 40 % recirculatie, met 20% buitenlucht en 80% recirculatie en met 100% recirculatie. Het aantal aerosolen was bij alle metingen in de inblaasroosters vergelijkbaar met de referentiemetingen in de hal.

Tot slot is gekeken of het afvoeren van de aerosolen uit de zwemzaal beïnvloed wordt door de instellingen van de luchtbehandeling zoals het aandeel verse (buiten) lucht en de actuele capaciteit van de ventilatoren. Hiervoor is een vast meetpunt gekozen, zijn alle relevante recreatieve elementen ingeschakeld tot een piek in het aantal respirabele aerosolen vastgesteld was, waarna alle recreatieve elementen uitgeschakeld werden. De snelheid van daling van het aantal aerosolen werd vervolgens bij verschillende variaties van aandeel verse (buiten) lucht en capaciteit van de ventilatoren gemeten. Deze bleek voor alle instellingen nagenoeg gelijk te zijn. Het lijkt erop dat de afvoer van respirabele aerosolen in de zwemzaal niet afhankelijk is van de instelling van de luchtbehandeling voorzover het, het aandeel verse (buiten) lucht betreft. Ook zonder filters in de recirculatielucht blijft de afvoer van aerosolen uit de zwemzaal nagenoeg gelijk.

De capaciteit van de ventilatoren heeft daarentegen wel invloed op de snelheid waarmee de aerosolen afgevoerd worden. Hiervoor zijn bij een proeflocatie alle recreatieve elementen ingeschakeld en is het aantal aerosolen vervolgens gevolgd bij verschillende standen van de ventilatoren. Een toename van de ventilator capaciteit leidt tot een lager aantal respirabele aerosolen in de zwemzaal. In de bijlagen D t/m G zijn alle resultaten van het onderzoek weergegeven. Tabel 1 geeft samenvatting van het verschil in respirabele aerosolen bij verschillende situaties tijdens het onderzoek.

Tabel 1 Respirabele aerosolen en de invloed van luchtbehandeling daarop

ruimte	recreatieve elementen	% buitenlucht	Ventilator %	aerosolen/deeltjes
hal	nvt			2-5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
buiten	nvt			6-14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
zwemzaal	alles uit	30%	60%	5.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
zwemzaal	alles aan	30%	60%	22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
zwemzaal	alles aan	30%	80%	14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
zwemzaal	alles aan	60%	80%	12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
zwemzaal	alles aan	100%	80%	8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
zwemzaal	alles aan	100%	100%	6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
zwemzaal	waterpolo training	100%	100%	5.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
zwemzaal	inblaasrooster			1-4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Tot slot is in het Medisch Monitoring Onderzoek ook gekeken naar de vorming van aerosolen tijdens het doorspoelen van een toilet met en zonder deksel. Doorgaans is er geen deksel aanwezig op de toiletten in de zwembaden. Tijdens het onderzoek is nauwelijks verschil gemeten in de productie van aerosolen met en zonder deksel. Met deksel werd 2.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ gemeten en zonder deksel 3.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Beide waarden zijn zeer laag, nabij de referentiewaarden. Door deze resultaten is het niet nodig om deksels te installeren op de toiletten bij zwembaden, temeer omdat de afzuiging in toiletruimtes (vaak gekoppeld aan douches) altijd ruim voldoende is en de watersloten van toiletten altijd gevuld zijn.

Discussie

Bij dit Medisch Monitoring Onderzoek zijn recreatieve elementen in zwembaden gebruikt om aerosolen te produceren zodat het verblijf in de zwemzaal en de afvoer van aerosolen via de luchtbehandeling bestudeerd kon worden. Alle recreatieve elementen in zwembaden produceren aerosolen. Daarbij zijn ook zeer kleine aerosolen die de longblaasjes kunnen binnendringen; de respirabele aerosolen. De mate waarin respirabele aerosolen vrijkomen lijkt vooral afhankelijk te zijn van de intensiteit van het mengen van lucht en water (turbulentie). Bij een whirlpool of een glijbaan met veel waterverplaatsing/valhoogte is die menging/turbulentie zeer intensief en worden de meeste respirabele aerosolen geproduceerd. Bij een stroomversnelling of een golfslagbad is dat veel minder.

Een internationale groep wetenschappers verbonden aan REHVA⁴ heeft recent een richtlijn gepubliceerd over Corona en luchtbehandeling (Kurnitski et al. 2020). Het REHVA document is gebaseerd op diverse wetenschappelijke publicaties. Deze publicaties leveren het bewijs dat het Coronavirus zich via aerosolen kan verspreiden. Er zijn diverse casussen van superbesmettingen nader onderzocht. Een superbesmetting is een situatie waarbij één index persoon meerdere anderen met het Coronavirus besmet. Voorbeeld hiervan is een casus in een restaurant met slechte luchtbehandeling waarbij één index persoon 9 anderen besmet heeft. Zo zijn er diverse andere casussen van superbesmettingen onderzocht in ziekenhuizen, wooncomplexen, studentenhuizen, kantoorpanden etc. Ook is in deze casussen niet alleen gekeken naar Corona, maar ook naar andere virussen zoals griep of MERS. Door deze casus onderzoeken is het inmiddels duidelijk dat ziekteverwekkers zich kunnen verspreiden via kleine aerosolen die vrijkomen tijdens ademen, praten, hoesten en niezen. In dit rijtje neemt de mate waarin deze aerosolen vrijkomen toe van ademen naar niezen. Voor SARS-CoV-2 wordt verspreiding via aerosolen inmiddels als belangrijkste besmettingsroute gezien. Bij de in het REHVA document beschreven casussen zijn tekortkomingen gemeld aan de luchtbehandeling, zo was het verse lucht aandeel vaak 1-2 L/s/persoon. Het REHVA document maakt geen onderscheid tussen grote of kleine aerosolen zoals beschreven in NEN-EN 481 (1994). Het belang van juist de kleine aerosolen bij overdracht van het Coronavirus is aangetoond door Falk (2020). Door het gebrek aan wetenschappelijke publicaties over het gedrag van aerosolen in de luchtbehandeling, doet het REHVA document daar geen uitspraken over. De beste maatregel tegen aerosolen is het maximaal verversen van de lucht in een ruimte. Dat betekent 100% buitenlucht en 100% ventileren, aldus het REHVA document (Kurnitski et al. 2020).

Het Medisch Monitoring Onderzoek is uitgevoerd om meer kennis te krijgen over de respirabele aerosolen. Uit dit Medisch Monitoring Onderzoek is gebleken dat de luchthandeling een belangrijke rol speelt bij het beheer de respirabele aerosolen in de zwemzaal. Tijdens recirculatie komen nauwelijks respirabele aerosolen terug naar de zwemzaal. Het blijft vooral belangrijk om de lucht goed te ventileren, ongeacht met of zonder recirculatie. Het verlagen van de capaciteit van de ventilatoren leidt tot een verhoging van het aantal respirabele aerosolen. Dit is dus in lijn met het REHVA document.

Het advies van het Medisch Monitoring Onderzoek om recirculatie van lucht in zwembaden toe te staan lijkt in strijd te zijn met de adviezen van REHVA. Echter, het advies van het Medisch Monitoring Onderzoek is gebaseerd op uitvoerige metingen naar het gedrag van aerosolen in de zwemzaal. Hierbij is voldoende aangetoond dat respirabele aerosolen voor meer dan 90% niet met de recirculatielucht mee terug komen. Terwijl juist deze respirabele aerosolen belangrijk zijn voor een eventuele overdracht van het Coronavirus via de luchtbehandeling (Falk 2020). Dit sluit niet uit dat er ook voldoende verse buitenlucht aangevoerd moet worden. Het Medisch Monitoring Onderzoek onderstreept de in het Bouwbesluit 2012 genoemde aanvoer van verse buitenlucht. Voor sportcomplexen en kantoren betekent dit tenminste 6.5 L/s/persoon aan verse buitenlucht aanvoer.

⁴ REHVA is de federatie van Europese verenigingen voor verwarming, ventilatie en airconditioning

Door de sportkoepel NOC-NSF worden andere normen gehanteerd voor toevoer van verse (buiten) lucht in sportaccommodaties (NOC-NSF 2012). Voor sporters moet 11.1 L/s/persoon aan verse lucht toegevoegd worden en voor toeschouwers is dat 5.5 L/s/persoon. In de praktijk is er altijd een deel van de zwemmers niet actief bezig met sporten en gedraagt zich dus als toeschouwer. Hierdoor zal in de praktijk de in het bouwbesluit gehanteerde 6.5 L/s/persoon aan verse (buiten) lucht maatgevend zijn. Bij de onderzochte locaties is het verse (buiten) lucht berekend en deze bleek onder de meest ongunstige omstandigheden nog steeds aan de eisen van het Bouwbesluit 2012 te voldoen (zie tabel 2).

Tabel 2 Verse lucht toevoer in zwembaden

Locatie	Arnhem	Nieuwegein	Nijmegen	Nunspeet
Ruimte	Recreatiebad	Glofslagbad	Recreatiebad	Recreatiebad
Maximale capaciteit Ventilatoren	27.500 m ³ /h	45.000 m ³ /h	26.500 m ³ /h	25.000 m ³ /h
Minimaal verse (buiten) lucht aandeel	30%	30%	30%	100%
Maximaal aantal bezoekers*	350	400	150	200
Minimale ventilator stand	100%	70%	100%	100%
Verse (buiten) lucht per persoon	6.5 L/s/pers.	6.6 L/s/pers.	14.7 L/s/pers	25 L/s/pers.
* in coronatijd				

Het is goed om onderscheid te maken tussen de capaciteit van de ventilatoren en het aandeel verse (buiten) lucht. De capaciteit van de ventilatoren geeft aan hoeveel lucht ingebracht/afgezogen wordt. Door de enorme warmtevraag van zwembaden is dat meestal een menging van recirculatielucht en verse (buiten) lucht. Het aandeel verse (buiten) lucht is het deel van de recirculerende lucht wat vers van buiten gehaald wordt. Als duurzaamheidsmaatregel wordt deze lucht vaak voorverwarmd met restwarmte. Hierdoor ontstaan geen risico's op overdracht van het Coronavirus, de kwaliteit van de lucht blijft zoals die buiten was. Sommige sportaccommodaties maken gebruik van een warmtewiel. Theoretisch zouden aerosolen via dit wiel teruggebracht kunnen worden in de "verse" (buiten) lucht, die dan niet meer zo vers is. Echter volgens het REHVA document is dit te verwaarlozen en is het voldoende dergelijke systemen periodiek te controleren op lekkages, lees ongewenste luchtstromen (Kurnitski et al. 2020).

REHVA adviseert om de luchtbehandeling twee uur vóór opening en twee uur ná sluiting in bedrijf te laten (Kurnitski et al. 2020). Dit advies neemt de zwembranche niet over. De luchtbehandeling bij zwembaden is erop gericht om vocht af te voeren. Hierdoor is de capaciteit van de installaties hoger dan bij andere sportaccommodaties en ook hoger dan de minimale eisen die het bouwbesluit (2012) noemt. Het is daarom niet nodig om de installaties twee uur vóór en ná te laten lopen. Het advies is om de luchtbehandeling tenminste 30 minuten vóór te laten lopen. Gedurende de nacht komt de luchtbehandeling altijd aan aantal keer in bedrijf om vocht af te voeren, dat is voldoende om de lucht in de zwemzaal een aantal keer te verversen.

Het Europese centrum voor ziektepreventie en -bestrijding (ECDC) adviseert om bezetting-gestuurde-regelingen uit te schakelen (Baka et al. 2020). Dergelijke regelingen kunnen de capaciteit van de ventilatoren verlagen op momenten dat er weinig personen in een ruimte zijn en temperatuur en luchtvochtigheid binnen bepaalde grenzen is. Door dergelijke regelingen kan het voorkomen dat minder dan 6.5 L/s/persoon aan verse (buiten) lucht toegevoerd wordt, wat in de huidige situatie niet wenselijk is. De zwembranche neemt het advies van ECDC over om bezetting-gestuurde-regeling uit te schakelen. Dit kan door de gewenste waarde van bijvoorbeeld CO₂ sensoren op 400 ppm in te stellen.

De invloed van de zwemmers is slechts summier onderzocht. Het is belangrijk te beseffen dat de aerosolen die door recreatieve elementen geproduceerd worden niet of nauwelijks bijdragen aan de overdracht van het Coronavirus (Keuten and Bakker 2020). Dit komt omdat de aerosolen die uit zwembadwater worden gevormd, gedesinfecteerd zijn met vrij chloor. De aerosolen die door zwemmers geproduceerd worden, zijn niet gedesinfecteerd, en spelen daardoor een grotere rol bij de Coronabesmetting (Falk 2020). Het is aannemelijk dat aerosolen van menselijke oorsprong zich vergelijkbaar gedragen als de in dit rapport beschreven aerosolen uit het zwembadwater. Het verlagen van de capaciteit van de ventilatoren heeft daardoor ook een negatief effect op de afvoer van menselijke respirabele aerosolen. Los van de genoemde bevindingen blijft het afstandhouden (1,5m) een belangrijke maatregel om de overdracht van het coronavirus tussen personen tot een minimum te beperken.

Conclusies Medisch Monitoring Onderzoek

- Respirabele aerosolen worden door intensieve menging van water en lucht (turbulentie) gevormd bij recreatieve elementen.
- Respirabele aerosolen worden ook afgegeven door personen en spelen een belangrijke rol bij de overdracht van het Coronavirus tussen personen.
- Respirabele aerosolen worden met de luchtstroom meegevoerd en verplaatsen zich door de ruimte.
- De afvoer van respirabele aerosolen wordt beïnvloed door de luchtbehandeling.
- Door het verhogen van de capaciteit van de ventilatoren blijven de respirabele aerosolen minder lang in de ruimte hangen en worden deze sneller verdund. Houdt de capaciteit van de ventilatoren tijdens de openingsuren op 80-100%.
- Bij het recirculeren van lucht worden de respirabele aerosolen voor >90% niet mee gerecirculeerd. Recirculatie van lucht in zwembaden kan dus veilig toegepast worden.
- Er moet altijd een minimaal verse lucht aandeel zijn van 6.5 L/s/persoon (Bouwbesluit 2012)
- Schakel bezetting-gestuurde-regeling uit, dus niet op CO₂ of een andere luchtkwaliteitsparameter (anders dan temperatuur en luchtvochtigheid) regelen.

De bevindingen van dit Medisch Monitoring Onderzoek zullen verwerkt worden in een nieuwe versie van de richtlijn Veilig zwemmen in Coronatijd (versie 9).

De onderzoekers werken graag verder aan de nog openstaande onderzoeksvragen van het Medisch Monitoring Onderzoek. Vooralsnog wachten de onderzoekers tot het animo voor deelname aan dit onderzoek stijgt. Mogelijk dat dit in het najaar uitgevoerd kan worden als het Coronavirus de zwembaden tot nieuwe stappen dwingt. In bijlage H zijn de resterende onderzoeksvragen weergegeven.

References

Baka, A., Cenciarelli, O., Kinross, P., Penttinen, P., Plachouras, D., Semenza, J., Suetens, C. and Weist, K. (2020) Heating, ventilation and air-conditioning systems in the context of COVID-19 European Centre for Disease Prevention and Control,

<https://www.ecdc.europa.eu/sites/default/files/documents/Ventilation-in-the-context-of-COVID-19.pdf>.

Falk, R. (2020) Aerosol transmission and air conditioning. Romano Spica, V. and Keuten, M.G.A. (eds), Triumph E-learning, Online, <https://www.triumphelearning.it/course/international-conference-pool-and-spa-in-time-of-covid-19-5443>.

GRIMM Mini Laser Aerosol Spectrometer (Mini-LAS), Instrument operation and specifications, <http://www.envitech-bohemia.cz/files/008-indoor/grimm/01-mini-las/mini-las-en.pdf>.

Keuten, M.G.A. and Bakker, J. (2020) Richtlijn Veilig zwemmen in Coronatijd versie 8, TU Delft, Zwembadpoli, <https://www.zwembadpoli.nl/content/richtlijn-veilig-zwemmen-coronatijd>.

Kurnitski, J., Boerstra, A., Sicre, B., Franchimon, F., Scuderi, F., Hovorka, F., Kranenberg, H., Davies, H., Sikonczyk, I., Dijken van, F., Hogeling, J., Cabetas, J.T., Bayraktar, K.G., Borjesson, M., Lungu, C., Todorovic, M.S., Allard, F., Seppänen, O., Cao, G., Martinac, I., Mazzarella, L. and daSilva, M.G. (2020) REHVA COVID-19 guidance document, August 3, 2020, https://www.rehva.eu/fileadmin/user_upload/REHVA_COVID-19_guidance_document_V3_03082020.pdf.

NEN (1994) NEN-EN 481; Werkplekatmosfeer. Definitie van de deeltjesgrootteverdeling voor het meten van in de lucht zwevende deeltjes, NEN, Delft,

NOC-NSF (2012) Normen Wedstrijdruimte,

Bijlage A; bedrijven en instellingen die financieel bijgedragen hebben aan het Medisch Monitoring Onderzoek in alfabetische volgorde:

- Accres Apeldoorn
- C-Mark B.V.
- Eyeview Systems
- Hellebrekers B.V.
- Hiswa Recron
- Hollander Techniek
- Kiwi Jaki
- Landall Greenparks
- N.V SRO Amersfoort
- Nationale Raad Zwemveiligheid
- Omegan-Water B.V.
- Pomaz
- Prowater
- RBI Corrosions
- Roozenboom en van de Bos
- Slangen en Koenis Architecten
- Sportbedrijf Arnhem B.V.
- Sportbedrijf Rotterdam
- Sportfondsen Nederland B.V.
- Tevan B.V.
- Van der Heuvel Watertechnologie B.V.
- Van Remmen UV-techniek
- Variopool B.V.

Bijlage B; Locaties waar het Medisch Monitoring Onderzoek naar aerosolen in zwembaden is uitgevoerd in alfabetische volgorde:

- Arnhem; Sportcentrum de Grote Koppel
- Nieuwegein; Sportcomplex Merwestein
- Nijmegen; Sportfondsenbad Nijmegen-West
- Nunspeet; Sport- en Recreatiecentrum De Brake

Bijlage C; fractieverdeling van deeltjes volgens NEN-EN 481

Diameter (μm)	Inadembare deel	Thoracale deel	Respirabele deel
0	100%	100%	100%
1	97.1%	97.1%	97.1%
2	94.3%	94.3%	91.4%
3	91.7%	91.7%	73.9%
4	89.3%	89.0%	50.0%
5	87.0%	85.4%	30.0%
6	84.9%	80.5%	16.8%
7	82.9%	74.2%	9.0%
8	80.9%	66.6%	4.8%
9	79.1%	58.3%	2.5%
10	77.4%	50.0%	1.3%
11	75.8%	42.1%	0.7%
12	74.3%	34.9%	0.4%
13	72.9%	28.6%	0.2%
14	71.6%	23.2%	0.2%
15	70.3%	18.7%	0.1%
16	69.1%	15.0%	0%
18	67.0%	9.5%	0%
20	65.1%	5.9%	0%
25	61.2%	1.8%	0%
30	58.3%	0.6%	0%
35	56.1%	0.2%	0%
40	54.5%	0.1%	0%
50	52.5%	0%	0%
60	51.4%	0%	0%
80	50.4%	0%	0%
100	50.1%	0%	0%

Bijlage D; resultaten aerosolmetingen Nunspeet, Sport- en Recreatiecentrum De Brake

Onderzoek op donderdag 16 en vrijdag 17 juli 2020. Tijdens de eerste onderzoeksdag bleek bij aankomst dat de luchtbehandelingskast in storing was en niet op korte termijn gerepareerd kon worden. Alle metingen van donderdag 16 juli zijn daarom uitgevoerd zonder luchtcirculatie. Deze metingen zijn niet gerapporteerd en alleen gebruikt om inzicht te krijgen in de mate van aerosolvorming door de verschillende recreatieve elementen en de mate waarin aerosolen zich door de ruimte verplaatsen.

Tijdens de tweede meetdag op vrijdag 17 juli is onderzoek gedaan tijdens een waterpolo training om te zien hoeveel aerosolen ontstaan bij intensieve zwemmers activiteiten. Deze metingen zijn in het wedstrijdbad gedaan.

- Referentie hal/entree; 3.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- Referentie buiten; 13.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- WB, 1.5m boven wateroppervlak op grens bad en perron, zonder zwemmers, 100% BL; 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- WB, 1.5m boven water, zwemmers warming up, 100% BL; 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- WB, 1.5m boven water, oefenwedstrijd, 100% BL; 6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Bijlage E; resultaten aerosolmetingen Arnhem, Sportcentrum De Grote Koppel

Onderzoek op zaterdag 18-7-2020 van 14.30-18.00. Recreatieve zwemmers waren aanwezig tot 16h, daarna is zonder zwemmers onderzoek gedaan.

- Referentie hal/entree; 4.7 µg/m³
- Referentie buiten; 10.6 µg/m³
- RB, 1m boven perron, zitgedeelte, 100% BL; 7.4 µg/m³
- RB, eiland badmeesterspost, tussen glijbaan opvangbak en golfslagbad, 100% BL: 14.3 µg/m³
- RB, op eiland bij BMP, tussen GBO en GSB, in treintjes van de glijbaan, 100% BL: 17.0 µg/m³
- RB, op eiland bij BMP, tussen GBO en GSB, golven aan, 100% BL: 13 µg/m³
- RB, 1.8m boven kreek, 100% BL: 19 µg/m³
- RB, zonder zwemmers, 1m boven kreek, 100% BL: 15 µg/m³
- RB, zonder zwemmers, 1m boven kreek, golven aan, 100% BL: 21 µg/m³
- RB, zonder zwemmers, 1m boven HWP, blower uit, 100% BL: 14 µg/m³
- RB, zonder zwemmers, 1m boven HWP, blower aan, 100% BL: 22.5 µg/m³
- RB, zonder zwemmers, 0.3m boven HWP, blower aan, 100% BL: 33 µg/m³
- RB, zonder zwemmers, 0.3m boven HWP, blower uit, 100% BL: 15 µg/m³
- RB, zonder zwemmers, 1.5m boven HWP, blower aan, 100% BL: 18 µg/m³
- RB, zonder zwemmers, 1.5m boven HWP, blower aan, 100% BL: 10 µg/m³
- RB, zonder zwemmers, inblaasrooster, alle aerosolpunten aan, 100% BL: 2.2 µg/m³
- RB, zonder zwemmers, inblaasrooster, alle aerosolpunten aan, 60% BL: 2.3 µg/m³
- RB, zonder zwemmers, inblaasrooster, alle aerosolpunten aan, 20% BL: 2.9 µg/m³
- RB, zonder zwemmers, inblaasrooster, alle aerosolpunten aan, 0% BL: 2.9 µg/m³

Bijlage F; resultaten aerosolmetingen Nijmegen, Sportfondsenbad Nijmegen West

Onderzoek op maandag 20-7-2020, tot 11.00 zonder zwemmers, daarna met recreatieve zwemmers.

- Referentie hal/entree; 2.75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- Referentie buiten; 8.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- RB, boven HWP, 30cm, 100% BL; 3.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- RB, boven HWP, 100cm, 100% BL; 3.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- RB, afzuigrooster boven HWP, plafond, 100% BL; 3.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- RB, 5cm boven water, 100% BL; 2.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- RB, bij overloopgoot, 100% BL; 4.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- RB, in rooster overloopgoot, 100% BL; 29.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- RB, 5cm boven water naast HWP, 100% BL; 2.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- RB, 5cm boven water naast HWP, HWP + bruisbult aan, 100% BL; 4.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- RB, 5cm boven water naast HWP, HWP + BB + BB + spuiters aan, 100% BL; 5.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- RB, 5cm boven water naast HWP, HWP + BB + BB + spuiters aan, 60% BL; 10.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- RB, 5cm boven water naast HWP, HWP + BB + BB + spuiters uit, 60% BL; 8.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- RB, inblaasrooster, HWP + BB + BB + spuiters uit, 60% BL; 0.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- RB, inblaasrooster, HWP + BB + BB + spuiters aan, 60% BL; 0.68 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- RB, inblaasrooster, HWP + BB + BB + spuiters aan, 20% BL; 0.63 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- RB, 5cm boven water naast HWP, HWP + BB + BB + spuiters aan, 20% BL; 13.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- Daling concentratie aerosolen bij 20% BL; 0.38 $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{min}$
- Daling concentratie aerosolen bij 60% BL; 0.43 $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{min}$
- Daling concentratie aerosolen bij 100% BL; 0.45 $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{min}$
- RB, met zwemmers, 50cm boven water boven bruisbult, 100% BL; 15.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- RB, met zwemmers, 50 cm boven wateroppervlak, 1m naast bruisbult, 100% BL; 19.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- RB, met zwemmers, 150 cm boven perron, 100% BL; 16.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- RB, met zwemmers, glijbaan uitstroombak, 100% BL; 4.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- RB, met zwemmers, 5cm boven water, in verlengde van inspuisers (aan overkant), 100% BL; 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Bijlage G; resultaten aerosolmetingen Nieuwegein, Sportcomplex Merwestein

Onderzoek op vrijdag 24-7-2020 en maandag 3-8-2020. Tot 10h zonder zwemmers, daarna met recreatieve zwemmers.

- referentie hal; 2.7 µg/m³
- referentie buiten; 5.9 µg/m³
- RB, 2m boven water achterin speelstraat, glijbaan + hwp + 2 watervallen aan, 100% BL, 100% ventilator; 13 µg/m³
- RB, 2m boven speelstr., GB + HWP + WV uit, 100% BL, 100% vent.; 5.2 µg/m³
- RB, 2m boven speelstr., GB + HWP + WV aan, 60% BL, 100% vent.; 13.2 µg/m³
- RB, 2m boven speelstr., GB + HWP + WV uit, 60% BL, 100% vent.; 5.3 µg/m³
- RB, 2m boven speelstr., GB + HWP + WV aan, Climotion ; 18 µg/m³
- RB, 2m boven speelstr., GB + HWP + WV aan, Climotion, zonder filters ; 19 µg/m³
- RB, 2m boven speelstr., GB + HWP + WV aan, 60% BL, 100% vent., zonder filters; 13 µg/m³
- RB, 2m boven speelstr., GB + HWP + WV uit, 60% BL, 100% vent., zonder filters; 7 µg/m³
- RB, 2m boven speelstr., GB + HWP + WV aan, 100% BL, 100% vent., zonder filters; 9 µg/m³
- RB, 2m boven speelstr., GB + HWP + WV uit, 100% BL, 100% vent., zonder filters; 7 µg/m³
- RB, 2m boven speelstr., GB + HWP + WV aan, Climotion, zonder filters; 12 µg/m³
- RB, inblaasrooster, GB + HWP + WV aan, Climotion, zonder filters; 2.1 µg/m³
- RB, inblaasrooster, GB + HWP + WV aan, Climotion, met filters; 1.8 µg/m³
- RB, afzuigrooster, GB + HWP + WV aan, Climotion, met filters; 4 µg/m³
- WB, 30cm boven water, zwemmer zonder bubbels, Climotion, met filters; 4.2 µg/m³
- WB, 30cm boven water, zwemmer blaast bubbels, Climotion; 4.4 µg/m³
- WB, 5cm boven water, zwemmer blaast bubbels, Climotion; 5.1 µg/m³
- WB, 5cm boven water, zwemmer blaast over water, Climotion; 4.8 µg/m³
- WB, zwemmer blaast richting meetslang 40 cm afstand, Climotion; 3.6 µg/m³
- Toilet, zonder deksel, regelmatig doortrekken, Climotion; 3.1 µg/m³
- Toilet, met deksel, regelmatig doortrekken, Climotion; 2.8 µg/m³
- Toilet, zonder deksel, regelmatig doortrekken, Climotion; 3.2 µg/m³
- Tweede meetdag
- Referentie hal; 2.1 µg/m³
- RB, 2m boven speelstr., GB + HWP + WV aan, 20% BL, Climotion, Ventilator 54%; 22 µg/m³
- RB, 2m boven speelstr., GB + HWP + WV aan, 38% BL, Climotion, Ventilator 65%; 15 µg/m³
- RB, 2m boven speelstr., GB + HWP + WV aan, 27% BL, Climotion, Ventilator 75%; 21 µg/m³
- RB, 2m boven speelstr., GB + HWP + WV aan, 30% BL, Ventilator 60%; 23 µg/m³
- RB, 2m boven speelstr., GB + HWP + WV aan, 30% BL, Ventilator 80%; 13 µg/m³
- RB, 2m boven speelstr., GB + HWP + WV aan, 60% BL, Ventilator 80%; 11 µg/m³
- RB, 2m boven speelstr., GB + HWP + WV aan, 100% BL, Ventilator 80%; 10 µg/m³
- RB, 2m boven speelstr., GB + HWP + WV aan, 100% BL, Ventilator 100%; 5 µg/m³

Bijlage H, openstaande vragen uit het Medisch Monitoring Onderzoek

- 1) Ondervinden personeel en zwemmers medische klachten tijdens hun verblijf in de zwemzaal
- 2) Hoe is de naleving van het protocol “Verantwoord zwemmen” bij personeel en bezoekers van zwembaden?
- 3) Is hierbij verschil tussen verschillende activiteiten, zoals banen zwemmen, les zwemmen, vrij zwemmen etc.?
- 4) Hoe is dat bij de wisseling tussen opvolgende groepen/activiteiten?
- 5) Geldt dit ook voor buitenbaden, of recreatiebaden zoals bij een bungalowpark?
- 6) Is dat in een regio met veel Corona besmettingen (“hot spot”) anders dan in een regio waar nog nauwelijks Coronabesmettingen zijn geweest?
- 7) Worden alle maatregelen in voldoende mate door de deelnemers begrepen, of speelt het onvoldoende beheersen van de Nederlandse taal hierbij nog een rol?
- 8) Is het verhogen van de desinfectiekracht van het zwembadwater voor alle zwembaden eenvoudig haalbaar?
- 9) Daar waar dat niet eenvoudig haalbaar is, zijn er alternatieve maatregelen te bedenken om deze baden tegemoet te komen?
- 10) Bij de nieuwe desinfectiekracht worden er meer irriterende stoffen gevormd, ondervinden zwemmers of personeel daar dan ook medische klachten/hinder van?
- 11) Hoe is het hygiënisch gedrag van de zwemmers in het water? Hierbij spelen de volgende deelvragen een rol:
 - a) Komt er geregeld slijm uit neus of keelholte in het badwater tijdens het zwemmen?
 - b) Neemt een zwemmer regelmatig zwembadwater in de mond?
 - c) Worden kleedruimtes, douches en toiletten op een hygiënische manier aangeboden en gebruikt?
- 12) Wat is de hygiënische staat van oppervlakken zoals vloeren en kleedruimtes?
- 13) Wat is de effectiviteit van verschillende reinigingsregimes daarop?
- 14) Kan de effectiviteit van reiniging en desinfectie in zwembaden op een goedkopere manier bepaald worden dan met vloermonsters?