

Onderzoek risico COVID-19 aerosol overdracht

5.1.5

5.1.5

&

5.1.5

5.1.5

Datum: 17-8-2020
Projectnummer: BM20200911
Status: definitief
Adviseurs: [redacted] 5.1.2e
[redacted] 5.1.2e [redacted] 5.1.2e
Contactinformatie: [redacted] 5.1.2e @binnenmilieu.nl, 088- [redacted] 5.1.2e
Opdrachtgever: [redacted] 5.1.5



Samenvatting

5.1.5 5.1.5 heeft in samenwerking met 5.1.5 5.1.5 en 5.1.5 5.1.5 aan bba binnenmilieu gevraagd om te onderzoeken wat het risico is op overdracht van COVID-19 via aerosolen tijdens een evenement in één van de twee zalen.

Hiertoe zijn 6 hoofdvragen geformuleerd die hieronder worden beantwoord.

Wordt COVID-19 via aerosolen overgebracht en zo ja, welke factoren spelen daarbij een rol?

Het is zeer waarschijnlijk dat COVID-19 (ook) wordt overgebracht via aerosolen. Uit wetenschappelijk onderzoek blijkt namelijk dat het Corona virus (SARS-CoV-2) na uitademing langere tijd in de lucht in leven blijft (infectieus blijft). Ook zijn er sterke aanwijzingen dat COVID-19 besmettingen vaak optreden in matig of slecht geventileerd binnenruimten; zelfs ook als men in die ruimten onderling afstand hield. Ook dat wijst op een aerosol-aandeel.

Wat is de kans op overdracht van COVID-19 via aerosolen tijdens een evenement in de

5.1.5 5.1.5 ?

Met behulp van zogenaamde WELLS RILEY berekeningen is bepaald wat de besmettingskansen zijn bij grootschalige evenementen, e.e.a. rekening houdend met de besmettingsgraad in het land. De kans op overdracht via aerosolen bij een evenement in de grote zaal van 5.1.5 5.1.5 blijkt minder te zijn dan 0,1% (ruim onder de streefwaarde van 1%) als men uit gaat van een zitopstelling (12.500 stil zittende personen) en een landelijke besmettingsgraad van 100 : 100.000 (ca. niveau begin augustus 2020). Wanneer men zingt en danst tijdens een evenement, dan stijgt de aerosol besmettingskans bij 17.000 bezoekers naar 1,50%. Bij een extreme landelijke besmettingsgraad van 600 : 100.000 (maart 2020) en maximale bezetting is de aerosol besmettingskans 8,68% (ruim boven de voorgestelde grenswaarde van 5%).

Wat is de kans op overdracht van COVID-19 via aerosolen tijdens een evenement bij

5.1.5 ?

De kans op overdracht via de aerosolroute bij een evenement in de grote zaal van 5.1.5 5.1.5 is < 0,1% als men uit gaat van een zitopstelling (3.600 zittende personen) en een landelijke besmettingsgraad van 100 : 100.000. E.e.a. uitgaande van maximaal ingeschakeld ventilatiesysteem. Wanneer men zingt en danst, dan stijgt de aerosol besmettingskans bij 6.000 bezoekers naar 2,25%. Bij een extreme landelijke besmettingsgraad van 600 : 100.000 (maart 2020) en maximale bezetting is de aerosol besmettingskans 12,75%.

Zijn er in het verleden grootschalige besmettingen geweest tijdens evenementen?

Nee, niet echt. Bij slechts twee van 1408 wereldwijd gerapporteerde super spreading events (die plaats vonden in de periode januari-juli 2020) uit de Swinkels database betrof het besmettingsclusters die tijdens evenementen hebben plaats gevonden. In een andere database kwamen we wereldwijd totaal 3 voorbeelden tegen van (kleinschalige) evenementen waarbij sprake was van 1 besmette persoon die 10 of meer anderen besmette. Het betrof hierbij o.a. een benefietavond met optredens met 500 mensen in Kessel en een carnaval bijeenkomst met 350 personen in Gangelt, Duitsland. Merk hierbij op dat in beide gevallen onderling geen 1,5m afstand gehouden is (de besmettingen traden op voor de lockdown). Besmettingsclusters die

Onderzoek risico COVID-19 aerosol overdracht

gerelateerd zijn aan grootschalige evenementen in grote evenementhallen hebben we in de literatuur niet kunnen vinden.

Wordt overdracht van COVID-19 via aerosolen tijdens een evenement afdoende voorkomen met de eisen en richtlijnen van de Rijksoverheid?

Nee, de Rijksoverheid (specifiek ook het RIVM) vereist op dit moment een hoeveelheid luchtverversing conform Bouwbesluit. Waarbij onduidelijk is of men de nieuwbouw eisen of de bestaande bouw eisen uit het Bouwbesluit bedoelt. Als er in de 5.1.5 5.1.5 en bij 5.1.5 5.1.5 slechts geventileerd wordt conform de Bouwbesluit eis (eis bestaande bouw), dan zou de aerosol besmettingskans in beide zalen een factor 3 a 4 hoger liggen.

Welke aanvullende maatregelen zijn mogelijk om het risico op overdracht van COVID-19 via aerosolen tijdens een evenement in 5.1.5 5.1.5 en 5.1.5 5.1.5 verder te beperken?

In beide zalen kan de doorspoeling ter plaatse van de bar verbeterd worden door plaatsing van ventilatoren. Verder kan het gebruik van mondneusmaskers door bezoekers en personeel eventueel verplicht gesteld worden om de aerosol besmettingskans verder te verlagen (met ca. een factor 2). Bij de 5.1.5 5.1.5 zouden de rook- en warmteafvoerventilatoren ingezet kunnen worden voor extra ventilatie waarmee de aerosol besmettingskans ook met een factor (ca.) 2 kan worden verlaagd (bij 5.1.5 5.1.5 heeft e.e.a. veel minder effect).

Hierboven gaat het specifiek om de kans op besmetting via de aerosol route; dit staat los van eventuele besmettingen die plaats vinden via direct contact (handhygiëne etc blijft belangrijk) dan wel besmettingen die ontstaan als mensen langere tijd op korte afstand van elkaar recht in elkaars gezicht praten of schreeuwen (ook afstand houden blijft een aandachtspunt).

Tweede opmerking: we hebben in dit rapport gerekend met twee verschillende getallen voor de besmettingsgraad in Nederland (kans dat een gemiddelde Nederlander besmet is). De besmettingsgraad verandert continu. Wij hebben gerekend met de besmettingsgraden zoals die golden aan het begin van de maand augustus 2020 (gematigde besmettingsgraad) en in maart 2020 (een meer extreme besmettingsgraad).

Verder: aangezien het Corona virus (SARS-CoV-2) een relatief nieuw virus is, is nog niet alles bekend en zeker in relatie tot bv. besmettingskansen en virusoverdracht mechanismes. Dagelijks komt er nieuwe informatie beschikbaar over het virus. Bba binnenmilieu heeft het onderhavige onderzoek zo goed mogelijk, naar eer en geweten, rekening houdend met de laatste stand van de wetenschap, uitgevoerd. Desalniettemin kan het gebeuren dat toekomstig onderzoek tot nieuwe inzichten en conclusies leidt; ook daar waar het gaat om besmettingsrisico's tijdens grootschalige evenementen.



Onderzoek risico COVID-19 aerosol overdracht

Inhoud

Samenvatting		2
1	Inleiding	5
	1.1 Doel	5
	1.2 Aanpak	6
	1.3 Leeswijzer	7
2	Overdracht van SARS-CoV-2 via aerosolen	8
3	Standpunt Rijksoverheid	12
4	Rekenexercitie besmettingskans 5.1.5 5.1.5 en 5.1.5 5.1.5	15
	4.1 Algemene uitgangspunten berekening	15
	4.2 Aerosol besmettingskans i.r.t. bezetting en gebruik	18
	4.3 Aerosol besmettingskans i.r.t. besmettingsgraad	19
	4.4 Aerosol besmettingskans i.r.t. ventilatie & filtratie	21
	4.5 Vergelijking besmettingskans reguliere binnenruimtes	23
	4.6 Effect van luchtstroming op de aerosol besmettingskans	25
	4.7 Aerosol besmettingskans i.r.t. mondneusmaskers	25
5	Database analyse Super Spreading Events	29
	5.1 Database Qian / Li	30
	5.2 Database Leclerc / Knight	30
	5.3 Database Kay	31
	5.4 Database Swinkels	32
	5.5 Conclusie analyse databases	34
6	Aanbevelingen	35
	6.1 Aanbevelingen algemeen	35
	6.2 Aanbevelingen voor 5.1.5 5.1.5 en 5.1.5 5.1.5	36
Bijlagen		37
	Bijlage 1 Literatuur	38
	Bijlage 2 Toelichting aannames virusemissie	40

1 Inleiding

Om verspreiding van COVID-19 binnen Nederland te voorkomen, heeft de Rijksoverheid eisen en richtlijnen opgesteld waar iedereen zich aan moet houden. Denk bijvoorbeeld aan het onderling aanhouden van 1,5m afstand. Impliciet uitgangspunt hierbij is dat er sprake is van een acceptabel risico op overdracht van COVID-19 op het moment dat aan de eisen en richtlijnen wordt voldaan.

[5.1.5](#) [5.1.5](#) en [5.1.5](#) [5.1.5](#) vragen zich af of het risico op verspreiding van COVID-19 tijdens evenementen voldoende geminimaliseerd is als de eisen en richtlijnen van de Rijksoverheid opgevolgd worden. Specifiek vraagt men zich af of het SARS-CoV-2 virus zich via de lucht kan verspreiden over een afstand groter dan 1,5m. Bij een evenement in de [5.1.5](#) [5.1.5](#) of [5.1.5](#) [5.1.5](#) komt immers een grote groep personen samen in één ruimte waardoor eventuele verspreiding via de lucht, over een afstand > 1,5m, kan resulteren in besmetting van een grote groep personen. Dit in tegenstelling tot bijvoorbeeld besmetting door hand-op-hand-contact of besmetting t.g.v. geen 1,5m afstand houden waarbij het risico in de [5.1.5](#) [5.1.5](#) en [5.1.5](#) [5.1.5](#) niet anders is dan in situaties waar kleinere groepen personen samen komen (bv. bij kantoorwerk).

[5.1.5](#) [5.1.5](#) en [5.1.5](#) [5.1.5](#) hebben bba binnenmilieu gevraagd het risico op overdracht van COVID-19 via aerosolen tijdens binnen-evenementen in kaart te brengen en om, indien nodig, maatregelen te adviseren om die kans te verkleinen. Hiertoe heeft bba relevante literatuur samengevat, zijn er relevante (super spreading event) databases bestudeerd, is de situatie bij [5.1.5](#) [5.1.5](#) en [5.1.5](#) [5.1.5](#) op basis van gebouwdocumentatie en een locatiebezoek in kaart gebracht en zijn er berekeningen uitgevoerd om inzicht te krijgen in de besmettingskans.

De resultaten van het onderzoek worden in dit rapport weergegeven.

1.1 Doel

Doel van het onderzoek was het inzichtelijk maken van de kans op COVID-19 overdracht via de aerosolroute tijdens een grootschalig binnen-evenement. Een en ander kijkend naar o.a. de invloed van ventilatie en gerelateerde installatietechnische voorzieningen.

Om dit doel te bereiken zijn er 6 hoofdvragen opgesteld:

- Wordt COVID-19 via aerosolen overgebracht en zo ja, welke factoren spelen daarbij een rol?
- Wat is de kans op overdracht van COVID-19 via aerosolen tijdens een evenement bij [5.1.5](#) [5.1.5](#)?
- Wat is de kans op overdracht van COVID-19 via aerosolen tijdens een evenement bij [5.1.5](#) [5.1.5](#)?
- Zijn er in het verleden grootschalige besmettingen geweest tijdens evenementen? Zo ja, wat valt daarvan te leren?
- Wordt overdracht van COVID-19 via aerosolen tijdens een evenement afdoende voorkomen met de eisen en richtlijnen van de Rijksoverheid?
- Welke aanvullende maatregelen zijn mogelijk om het risico op overdracht van COVID-19 via aerosolen tijdens een evenement in [5.1.5](#) [5.1.5](#) en [5.1.5](#) [5.1.5](#) verder te beperken?

Onderzoek risico COVID-19 aerosol overdracht

1.2 Aanpak

Het onderzoek bestond uit de volgende onderdelen:

1. *Samenvatting relevante literatuur.* Bba binnenmilieu verzamelt continu wetenschappelijke studies in relatie tot COVID-19 en de link met verspreiding via aerosolen / de binnenlucht / het ventilatiesysteem. Voor dit onderzoek is in de eerste week van augustus (2020) een samenvatting gemaakt van de op dat moment beschikbare relevante literatuur.
2. *Analyse gebouwdocumentatie.* Op basis van een analyse van gebouwdocumentatie van de **5.1.5** **5.1.5** en **5.1.5** **5.1.5** is in kaart gebracht hoeveel luchtverversing er in de grote zalen is, hoe de doorspoeling van de ruimten is en is geïnventariseerd of het ventilatiesysteem risicovolle eigenschappen heeft (in het kader van COVID-19 verspreiding via aerosolen; denk o.a. aan recirculatievoorzieningen).
3. *Gebouwsurvey.* Tijdens een onderzoek op locatie heeft het onderzoeksteam zich in beide complexen een beeld gevormd van de lokale situatie (incl. de aanwezige installaties) en is verdere informatie over het functioneren van de installaties verzameld.
4. *Berekening overdrachtskans.* Met een Wells-Riley berekening is de kans op COVID-19 overdracht via aerosolen, zoals relevant tijdens een binnen-evenement, berekend. Daarnaast is (ter referentie) de overdrachtskans voor andere situaties berekend waar het risico op COVID-19 overdracht via aerosolen als acceptabel wordt beschouwd (omdat die situaties zijn toegestaan) zoals in vliegtuigen, restaurants, kleine bijeenkomsten etc.
5. *Analyse databases super spreading events.* Er bestaande verschillende databases van derden waarin details over zogenaamde super spreading events zijn verzameld (events waarbij 1 persoon 5 personen of meer besmette). De databases zijn doorgespit en er is gekeken of ze voorbeelden van super spreading events bevatten die hebben plaats gevonden tijdens binnen-evenementen.

1.3 Disclaimer

In dit rapport gaat het specifiek om de kans op besmetting via de aerosol route; dit staat los van eventuele besmettingen die plaats vinden via direct contact (handhygiëne etc. blijft belangrijk) dan wel besmettingen die ontstaan als mensen langere tijd op korte afstand van elkaar recht in elkaars gezicht praten of schreeuwen (ook afstand houden blijft een aandachtspunt).

Tweede opmerking; we hebben in dit rapport gerekend met twee verschillende getallen voor de besmettingsgraad in Nederland (kans dat een gemiddelde Nederlander besmet is). De besmettingsgraad veranderd continu. Wij hebben gerekend met de besmettingsgraden zoals die golden aan het begin van de maand augustus 2020 (gematigde besmettingsgraad) en in maart 2020 (een meer extreme besmettingsgraad).

Verder: aangezien het Corona virus (SARS-CoV-2) een relatief nieuw virus is, is nog niet alles bekend en zeker in relatie tot bv. besmettingskansen en virusoverdracht mechanismes. Dagelijks komt er nieuwe informatie beschikbaar over het virus. Bba binnenmilieu heeft het onderhavige onderzoek zo goed mogelijk, naar eer en geweten, rekening houdend met de laatste stand van de wetenschap, uitgevoerd. Desalniettemin kan het gebeuren dat toekomstig onderzoek tot nieuwe inzichten en conclusies leidt; ook daar waar het gaat om besmettingsrisico's tijdens grootschalige evenementen.

1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt relevante literatuur aangehaald om te laten zien of er overdracht van SARS-CoV-2 mogelijk is en welke factoren daarbij een rol spelen. In hoofdstuk 3 wordt het huidige standpunt van de Rijksoverheid ten aanzien van overdracht via aerosolen weergegeven. Hoofdstuk 4 geeft een indruk van de kans om COVID-19 op te lopen tijdens een evenement in [5.1.5](#), [5.1.5](#) en [5.1.5](#), [5.1.5](#); in dat hoofdstuk worden de uitkomsten van de Wells Riley berekeningen gepresenteerd. Hoofdstuk 5 laat aan de hand van een analyse van databases met super spreading events zien of er gevallen bekend zijn waarbij sprake was van grootschalige COVID-19 overdracht tijdens evenementen. In hoofdstuk 6 tenslotte worden aanbevelingen gepresenteerd (o.a. aanbevelingen voor maatregelen die genomen kunnen worden om het risico op overdracht via aerosolen verder te verminderen).



2 Overdracht van SARS-CoV-2 via aerosolen

In dit hoofdstuk wordt in algemene zin antwoord gegeven op de vraag of overdracht van SARS-CoV-2 virus via aerosolen mogelijk is op basis van de begin augustus 2020 beschikbare literatuur. In bijlage 1 is een lijst van de genoemde literatuur opgenomen.

Wat zijn aerosolen?

We spreken van aerosolen als we te maken hebben met een mengsel van zwevende kleine druppeltjes en/of stofdeeltjes in een gas. Bijvoorbeeld bij mist is sprake van aerosolen, maar ook bij roetvorming is (deels) sprake van aerosolmengsels (bron: wikipedia.nl).

Daar waar het gaat om COVID-19 overdracht en de verspreiding van het Corona virus (SARS-CoV-2) via de lucht bedoelt men (zie bv.(RIVM, 2020a)) in dit verband – als er over aerosolen gesproken wordt - meestal een mengsel van microdruppels (met een diameter tot en met 5 a 10 μm , verschillende partijen hanteren verschillende grenswaarden) die vrijkomen bij ademen, praten, schreeuwen, hoesten, niezen etc plus zogenaamde druppelkernen (restmateriaal afkomstig uit het ademhalingsstelsel met mogelijk ook virussen erin omgeven met een klein 'waterjasje').

Het idee is dat kleine druppels (met een diameter tot 5 a 10 μm) en druppelkernen makkelijk grotere afstand afleggen en langer blijven 'hangen' in de binnenlucht hangen (WHO). Terwijl grotere druppels (zeker druppels die beduidend groter zijn dan 10 μm) voor een aanzienlijk deel snel neerslaan (zeker binnen) na uitademing. Vandaar dat t.a.v. de grotere druppels een 'veilige afstand van 1,5 m gehanteerd wordt.

In dit rapport kijken we, met verwijzing naar o.a. (Morawska, 2006) daar waar we het over aerosolen hebben met name naar druppeltjes en druppelkernen met een diameter van maximaal 10 μm na uitademing (uitgeademde druppels krimpen direct na uitademing onder invloed van de omgeving, o.a. de luchtvochtigheid, binnen een paar microseconden met een factor 2-3; de grens van 10 μm bij uitademen komt overeen met druppels tot maximaal 20-30 μm groot direct bij het verlaten van mond of neus.

Niet lang nadat iemand besmet raakt met het Corona virus (SARS-CoV-2) kan hij/zij op zijn/haar beurt ook weer andere besmetten. Dit kan op de volgende drie manieren (REHVA, 2020):

1. Directe overdracht via grote druppels en (deels ook) aerosolen binnen 1,5m.
2. Overdracht via aerosolen over afstanden >1,5m.
3. Overdracht via oppervlakken (zowel direct hand-op-hand contact als via oppervlakken).

In het laatste geval gaat het dan om oppervlakken waar m.n. grotere druppels op geland zijn die aangeraakt worden dan wel oppervlakken die recent aangeraakt zijn door een besmette persoon die bv. daarvoor in de eigen hand gehoest heeft.

De laatste inzichten (zie o.a. Morawska & Milton, 2020) zijn dat in een niet-medische omgeving met name de routes 1 en 2 belangrijk zijn. Zeker daar waar (inmiddels) sprake is van goede handhygiëne. Zodra een geïnfecteerd persoon uitademt, praat, hoest of niest komt er lucht vanuit de luchtwegen naar buiten. Onderweg pikt de uit te ademen lucht druppels (groot en klein) op in

Onderzoek risico COVID-19 aerosol overdracht

de bronchiën, de luchtpijp en de mondholte (Wei & Li, 2016). Via deze druppels worden ook virusdeeltjes vanuit de luchtwegen meegevoerd en uitgedemd in de ruimte.

Deze genoemde indeling in verschillende overdrachtsroutes helpt om de juiste preventieve maatregelen te selecteren om overdracht van het virus te voorkomen. Wanneer bijvoorbeeld vooral route 3 bijdraagt aan de verspreiding van een virus, dan is vaker handen wassen een passende preventieve maatregel. Deze maatregel heeft voor route 2 echter geen enkel effect. Op dit moment wordt vooral ingezet op maatregelen die gericht zijn op route 1 (social distancing) en route 3 (goede handhygiëne). Er zijn steeds meer aanwijzingen dat met name route 2 meer aandacht verdient, o.a. ook daar waar grote groepen mensen bij elkaar komen (bv. bij grootschalige evenementen binnen).

Om overdracht via aerosolen mogelijk te maken zou het virus lang genoeg levensvatbaar (infectieus) moeten blijven in aerosolvorm om de weg van persoon A naar B te overleven zodat het zich vervolgens in persoon B kan vermenigvuldigen. Bij de start van de coronacrisis kwam naar voren dat de halfwaardetijd van het SARS-CoV-2 virus in aerosolvorm (onder laboratoriumomstandigheden) ongeveer 1,1 uur was (Doremalen et al, 2020). Dit is lang genoeg om overdracht via de lucht van persoon tot persoon mogelijk te maken. Later werd een vergelijkbaar resultaat gevonden in een tweede onderzoek waarbij met 4 verschillende verstuivers is gewerkt om de impact van de laboratoriumomstandigheden te minimaliseren (Fears et al, 2020).

Ondanks dat het virus duidelijk levensvatbaar bleef in aerosolvorm in laboratoriumomstandigheden, bleven er vragen over de levensvatbaarheid van het virus in praktijksituaties. Om hier meer duidelijkheid over te krijgen is o.a. in een ziekenhuis in Nebraska een grootschalig experiment uitgevoerd waarbij luchtmonsters zijn genomen in de kamers van COVID-19 patiënten en de naastgelegen gang (Santarpia et al, 2020). Om te bepalen of het virus levensvatbaar was zijn luchtmonsters op kweek gezet. Dagelijks is de RNA-concentratie bepaald in het vocht van het kweekmonster. De RNA-concentratie geeft weer wat de virusconcentratie in het kweekmonster is maar kan in principe geen onderscheid maken tussen levensvatbaar en infectieus of niet infectieus (dood) virus. Doordat de RNA-concentratie van het vocht uit het kweekmonster dagelijks is bepaald, ontstaat er echter *wel* een beeld van of het virus zich vermeerderde (een teken voor levensvatbaarheid) of niet. Bij één van de twee luchtmonsters nam de virusconcentratie eerst af (als gevolg van het onttrekken van vloeistof uit het monster) om vervolgens weer toe te nemen. Bij het tweede monster nam de virusconcentratie niet af ondanks dat er dagelijks vloeistof is onttrokken. Volgens de onderzoekers wijzen beide erop dat het virus zich in het kweekmonster vermenigvuldigde en dat het SARS-CoV-2 virus dus levensvatbaar blijft in aerosolvorm.

Ook recente onderzoeken met fretten en andere proefdieren (zie o.a. Herfst et al., 2020) geven duidelijke aanwijzingen dat het Corona virus zich via de lucht, via aerosolen kan verspreiden.

De beschreven onderzoeken wijzen erop dat overdracht van COVID-19 via aerosolen mogelijk is. De volgende vraag is dan of dit in de praktijk ook gebeurt c.q. of e.e.a in real live plaats vindt. Het kan bijvoorbeeld best zo zijn dat de virusdosis die personen binnenkrijgen via de aerosolroute zodanig laag is dat dit geen ziekte veroorzaakt.



Onderzoek risico COVID-19 aerosol overdracht

Er zijn diverse praktijk aanwijzingen dat het virus zich ook onder niet-laboratorium omstandigheden kan verspreiden via de lucht, via aerosolen, voorbij de 1,5m grens:

- Voor zover bekend bij bba binnenmilieu zijn er geen grote clusters, situaties waarbij meerdere mensen besmet raken, in de buitenlucht (zie ook hoofdstuk 5). Het grote verschil tussen binnen en buiten is de hoeveelheid luchtverversing die op haar beurt een grote invloed heeft op lange-afstandoverdracht via aerosolen. Daarom is dit een belangrijke aanwijzing dat overdracht via aerosolen een rol speelt bij verspreiding van COVID-19.
- Er zijn verschillende clusters bekend waarbij één geïnfecteerd persoon een groot aantal personen besmette ondanks het feit dat de onderlinge afstanden voldoende groot waren en mensen elkaar verder ook niet aanraakten. Bij veel van de onderzochte clusters (bv. koor Skagit Valley, restaurant Guangzhou en vleesverwerker Tonniés in Duitsland) bleek sprake te zijn van weinig luchtverversing, terwijl men zich wel aan afstandsregels hield en er geen direct onderling contact was (Li et al, 2020) (Miller et al, 2020) (Günther et al, 2020). Zowel de omvang van het aantal besmettingen door één persoon als de omstandigheden waarbij dit gebeurde (weinig ventilatie) wijzen in de richting van overdracht via aerosolen.

Op basis van het voorgaande is het wat bba binnenmilieu betreft verstandig om de overdrachtsroute via aerosolen serieus te nemen, al was het maar vanuit het voorzorgsprincipe. Zeker daar waar geregeld grotere groepen mensen bij elkaar komen (denk aan de horeca, vergader ruimten in kantoren, scholen maar ook aan evenementlocaties).

De volgende vraag is dan hoe men inzicht kan krijgen in besmettingsrisico's daar waar het gaat om overdracht via de lucht buiten de 1,5 m grens.

Daarbij is met name de door Wells & Riley ontwikkeld infectieziekte overdracht theorie en de zogenaamde Wells-Riley formule relevant (Riley, 1982), Wells, 1995); zie onderstaand kader.

$$P(\text{inf}) = 1 - e^{-\frac{I \cdot q \cdot P \cdot t}{Q}}$$

P(inf) =	besmettingskans	[%]
I =	aantal geïnfecteerde personen	[-]
q =	virusemissie van één geïnfecteerd persoon	[quanta/uur]
P =	ademvolume	[m ³ /uur]
t =	blootstellingsduur	[uur]
Q =	hoeveelheid luchtverversing	[m ³ /uur]

Het uitgangspunt van de Wells-Riley formule is dat het uitgeademde virus zich gelijkmatig verspreid door een ruimte (volledige mengventilatie). Laboratoriumonderzoek met twee thermische mannequins en ondersteunende CFD-simulaties laten zien dat de aerosolconcentratie in een goed geventileerde ruimte vanaf 1 m rond een geïnfecteerd persoon gelijk is aan de concentratie in de hele ruimte. Binnen de 1m rond een geïnfecteerd persoon ligt de aerosolconcentratie 4 tot 7 keer hoger dan de gemiddelde ruimteconcentratie (Liu et al, 2017). Dus de aanname dat sprake is van ideale menging gaat op zolang je wel enige afstand houdt van de bron (in dit geval: de besmette persoon). Let op: de aanname ten aanzien van ideale menging

Onderzoek risico COVID-19 aerosol overdracht

gaat over het algemeen in heel grote ruimten (zoals bv evenementhallen of grote kerken) wat minder goed op dan in kleine ruimten als bv. klaslokalen of restaurants. Voor het gemak gaan we er in dit rapport desalniettemin er voorlopig vanuit dat ook in heel grote luchtvolumes sprake is van ideale menging.

De kracht van de Wells-Riley formule is dat de formule zowel retrospectief als predictief gebruikt kan worden. Bij de start van een pandemie, zoals bij COVID-19, kan op basis van besmettingsclusters retrospectief de waarde "q" bepaald worden. Dit is een parameter die aangeeft wat de virusemissie van een besmette persoon is (per uur). Eén quantum is hierbij de hoeveelheid infectieus materiaal waarbij $(1 - e^{-1}) = 63\%$ van blootgestelde personen geïnfecteerd raakt.

Uiteraard is het uitgangspunt voor "q" aan het begin van een pandemie vrij onnauwkeurig. Naarmate meer clusters retrospectief bekeken worden, wordt de invoerwaarde voor q echter steeds betrouwbaarder. Op het moment dat er meer en meer bekend wordt over de werkelijke virusemissie en de infectieuze dosis, dan kan men steeds beter en nauwkeuriger waarden voor "q" afleiden, bv. bij stil zitten, praten, zingen, bewegen (dansen) etcetera.

Stel dat je bij de start van een pandemie super spreading events kent waarbij 1 persoon in een bepaalde context waarbij je de relevante parameters kent (zie het kader, gaat dan bv. om de ventilatie in de ruimte en het ademvolume van de blootgestelde personen, dat laatste is weer afhankelijk van bv. het activiteitsniveau) dan kun je terugrekenen (achteraf) om hoeveel virusemissie per uur (virus emissie conform Wells Riley definitie) het ging. Als je dergelijke berekeningen na verloop van tijd op basis van een aantal verschillende super spreading events gedaan hebt (liefst in verschillende omstandigheden aan de bron kant, denk bv. aan zingend vs. stil zitten) dan kan bepaald worden wat in diverse situaties realistische aannames zijn ten aanzien van de q-waarde uit de formule. Waarna vervolgens preventief aan diverse situaties gerekend kan worden en er inzicht ontstaat, op maat, ten aanzien van de kans op overdracht van COVID-19 via aerosolen.

Het betreft in het geval van SARS-CoV-2 uiteraard een relatief nieuw virus. De inputparameters t.a.v. de virusemissie die verderop in dit rapport genoemd worden zijn dus verder enigszins onder voorbehoud. Wel met de opmerking dat we hierbij aansluiten bij de meest recente wetenschappelijke inzichten op het gebied van quantum aannames (zoals o.a. gepresenteerd in Buonanno, 2020).

In hoofdstuk 4 wordt voor [5.1.5](#), [5.1.9](#) en [5.1.9](#), [5.1.5](#) de besmettingskans op overdracht via aerosolen berekend met behulp van de Wells-Riley formule. Daarbij wordt ook een analyse gemaakt van de relatieve invloed van verschillende factoren op die besmettingskans.



3 Standpunt Rijksoverheid

Tot 30 juni 2020 gaf het RIVM aan dat weliswaar onduidelijk is of 'aerogene transmissie' (overdracht via aerosolen in situaties dat men zich verder aan de 1,5m regel houdt) een rol speelt in de verspreiding van SARS-CoV-2 maar dat aanpassingen aan ventilatiesystemen niet nodig zijn om dat risico te verkleinen. Vanaf 28 juli 2020 heeft het RIVM haar advies ten aanzien van ventilatie genuanceerd door aan te geven dat ventilatie in bepaalde situaties wel een rol kan spelen en dat het daarom belangrijk is dat de verse luchttoevoer in binnenruimten voldoet aan de eisen uit het Bouwbesluit (RIVM, 2020a).

Sinds 28 juli 2020 is er op de RIVM website ook een bijlage beschikbaar waarin praktische adviezen worden gegeven voor het gebruik van ventilatiesystemen in het kader van COVID-19 (RIVM, 2020b). Hierin wordt zowel naar het Bouwbesluit als de Arboret verwezen voor de concrete eisen ten aanzien van ventilatie. Daarnaast worden adviezen gegeven over recirculatie van lucht: decentrale recirculatie op ruimteniveau wordt afgeraden, recirculatie op gebouwniveau wordt vooralsnog niet afgeraden.

Merk op dat bba en bv. ook diverse installatietechnische (branche)organisaties (o.a. TVVL en ISSO, internationaal ook REHVA) op dat laatste punt (recirculatie) het niet helemaal eens zijn met de RIVM adviezen (nader afstemming over e.e.a. volgt nog). Het valt buiten het kader van het huidige rapport om dit verder uit te leggen. Ook daar waar het gaat om de indirecte RIVM stelling 'voldoen aan de bouwbesluit eisen betekent voldoende COVID-19 veilig' is het zo dat de meningen verschillen. Dan wat betreft de meer algemene COVID-19 eisen in binnenruimten. De Nederlandse Rijksoverheid hanteerde op 6 augustus de volgende eisen die relevant zijn voor **5.1.5**, **5.1.9** en **5.1.5**, **5.1.5** (Rijksoverheid.nl, 2020):

In binnenruimtes waar mensen vooral op 1 plaats zijn, zoals bijvoorbeeld in restaurants, theaters, of bij bruiloften en uitvaarten, heeft iedereen een vaste zitplaats. Uiteraard houdt iedereen 1,5 meter afstand.

- *Zonder gezondheidscheck en reservering zijn maximaal 100 personen per ruimte toegestaan, mits hierbij voldoende afstand kan worden gehouden. De verkeersstromen moeten goed gescheiden blijven.*
- *In grotere zalen of ruimtes waar meer dan 100 personen bij elkaar kunnen komen is het verplicht vooraf te reserveren en vindt er een gezondheidscheck plaats. Dan is er geen maximum aantal personen, maar is het nodig om de verkeersstromen rond bijvoorbeeld in- en uitgang en sanitaire voorzieningen goed van elkaar te scheiden.*
- *[...]*

Discotheken, nachtclubs en vergelijkbare dansgelegenheden blijven vooralsnog gesloten.

[...]

Evenementen

Het algemene verbod op meld- en vergunningplichtige evenementen is per 1 juli opgeheven. Het is aan de lokale autoriteiten om te bepalen of organisatoren hun activiteit voldoende op 1,5 meter in kunnen richten en of er nog aan andere specifieke voorwaarden moet worden voldaan. De procedure voor het aanvragen van een vergunning kost tijd en het zal dus een aantal weken duren voordat de eerste evenementen weer plaatsvinden. Niet alles zal meteen mogelijk zijn.

Onderzoek risico COVID-19 aerosol overdracht

Samengevat betekenen de eisen en adviezen van de Rijksoverheid en het RIVM (situatie medio augustus 2020) voor evenementen in de 5.1.5 5.1.5 en 5.1.5 5.1.5 het volgende:

- Een gezondheidscheck bij bezoekers wordt gebruikt om geïnfecteerde personen zoveel mogelijk te weren.
- Het gebruik van vaste zitplaatsen, de 1,5m onderlinge afstand en een scheiding van bezoekersstromen wordt gebruikt om de kans op overdracht binnen 1,5m te minimaliseren.
- Ventilatie *minimaal* volgens Bouwbesluit / Arbowet wordt gebruikt om het risico op overdracht via aerosolen te minimaliseren. In het kader "Ventilatie-eisen Bouwbesluit en Arbowet" wordt toegelicht wat de eisen concreet inhouden voor evenementgebouwen. Opgemerkt wordt dat de Drank- en Horecawet ook eisen stelt aan ventilatie van gebouwen waar alcohol wordt verstrekt. Deze eisen zijn beschreven in het kader "Ventilatie-eisen Drank- en Horecawet".
- Registratie van bezoekers wordt gebruikt om contactonderzoek te vergemakkelijken als achteraf blijkt dat er toch verspreiding van COVID-19 op heeft getreden tijdens een evenement.

Impliciet wordt er door de Rijksoverheid aangegeven dat wanneer een evenement aan de bovenstaande voorwaarden voldoet, het risico op COVID-19 overdracht dan acceptabel wordt geacht. Indien een evenement een vergunning vereist, dan kan een lokale overheid in het kader van de vergunningsprocedure aanvullende eisen stellen.

Ventilatie-eisen Drank- en Horecawet

Op de 5.1.5 5.1.5 en 5.1.5 5.1.5 zijn naast de Arbowet en het Bouwbesluit ook de eisen uit Besluit Eisen Inrichtingen Drank- en Horecawet van toepassing. Artikel 5 van dit besluit vereist een "rechtstreeks met de buitenlucht in verbinding staande goed werkende mechanische ventilatie-inrichting met een luchtverversingscapaciteit van $3,8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ per m^2 vloeroppervlak". Omgerekend wordt een luchtverversingscapaciteit van $13,7 \text{ m}^3/\text{uur}$ per m^2 vloeroppervlak vereist. Uitgaande van 1 persoon per 2 m^2 betekent dit dat er 3,6 keer meer ventilatie moet zijn dan het Bouwbesluit vereist.

Dit is relevant omdat de eis voor ventilatie gaat verdwijnen uit de Drank- en Horecawet: "In de Drank- en Horecawet staan op dit moment nog extra ventilatie-eisen die gelden voor horecagelegenheden waar alcoholhoudende drank geschonken wordt. Deze extra eisen zullen vervallen bij de aanstaande wijziging van de Drank- en Horecawet. De eisen zoals opgenomen in het Bouwbesluit blijven dan natuurlijk wel gelden." (Rijksoverheid.nl, 2020)



Ventilatie-eisen Bouwbesluit en Arbowet

Het RIVM geeft aan dat het belangrijk is dat de ventilatie in een gebouw voldoet aan het Bouwbesluit. Omdat ventilatie een rol kan spelen bij de overdracht van COVID-19 via aerosolen, wordt in dit kader uitgelegd wat de concrete eisen uit het Bouwbesluit en de Arbowet zijn.

Het Bouwbesluit maakt onderscheid tussen nieuwbouw en bestaande bouw. 5.1.5 5.1.5 en 5.1.5 5.1.5 vallen beide in de categorie 'bestaande bouw'.

Artikel 3.37.1 van Bouwbesluit 2012 vereist:

1. *"Een bestaand bouwwerk heeft een zodanige voorziening voor luchtverversing dat het ontstaan van een voor de gezondheid nadelige kwaliteit van de binnenlucht wordt voorkomen."*
2. *"Voor zover voor een gebruiksfunctie in tabel 3.37 voorschriften zijn aangewezen, wordt voor die gebruiksfunctie aan de in het eerste lid gestelde eis voldaan door toepassing van die voorschriften."*

Volgens tabel 3.37 van Bouwbesluit 2012 betekent dit dat er in gebouwen met een 'bijkomstfunctie' een voorziening moet zijn met een capaciteit van tenminste 2,12 dm³/s (=7,6 m³/uur) luchtverversing per persoon moet zijn.

In theorie zouden lid 1 en 2 van het bovenstaande Bouwbesluitartikel moeten waarborgen dat er altijd voldoende luchtverversing is. In de praktijk is dit niet het geval. Een gebouw met bijvoorbeeld alleen te openen ramen voldoet aan het hierboven beschreven Bouwbesluitartikel (er zijn voorzieningen voor luchtverversing met voldoende capaciteit) maar in de praktijk zijn de ramen vaak gesloten.

Artikel 3.1 van de Arbowet gaat in principe één stap verder en vereist dat de werkgever beleid voert dat is gericht op zo goed mogelijke arbeidsomstandigheden. Dit wordt vervolgens concreter gemaakt in het Arbeidsomstandighedenbesluit. Artikel 6.2.1 van dit besluit vereist "op de arbeidsplaats is voldoende niet verontreinigde lucht aanwezig". Bij hoeveel luchtverversing sprake is van "voldoende niet verontreinigde lucht" stond vroeger in het Arbobesluit maar deze eisen zijn verwijderd. Tegenwoordig moet iedere branche zelf in een arbocatalogus vastleggen aan welke concrete eisen de werkplek moet voldoen om aan de algemene eisen uit de Arbowet te voldoen. Zoals in veel branches bevat de arbocatalogus voor de evenementenbranche echter geen concrete eisen voor ventilatie (ARBOPodium, sd).

4 Rekenexercitie besmettingskans 5.1.5 5.1.5 en 5.1.5 5.1.5

In dit hoofdstuk wordt de aerosol besmettingskans voor 5.1.5 5.1.5 en 5.1.5 5.1.5 berekend. Dit is de kans dat individuele personen via de aerosolroute geïnfecteerd raken met COVID-19 tijdens een evenement de grote zalen van 5.1.5 5.1.5 en 5.1.5 5.1.5. Merk op dat niet is gekeken naar het risico op overdracht via handcontact of via grotere druppels binnen 1,5m omdat dit buiten de scope van het onderzoek viel.

In paragraaf 4.1 worden de algemene uitgangspunten voor de berekening toegelicht. In de daarop volgende paragrafen wordt de relatieve invloed van bezetting & gebruik (4.2), besmettingsgraad (4.3) en ventilatie & filtratie (4.4) weergegeven. In paragraaf 4.5 wordt ingegaan op de luchtstromingen in de ruimte en in hoeverre dit nog een invloed heeft op de besmettingskans. In paragraaf 4.6 wordt weergegeven wat het effect van mondkapjes kan zijn op de aerosol besmettingskans.

4.1 Algemene uitgangspunten berekening

Voor de berekening van de aerosol besmettingskans wordt gebruik gemaakt van de Wells-Riley formule uit hoofdstuk 2 (zie onderstaand kader).

$$P(\text{inf}) = 1 - e^{-\frac{I \cdot q \cdot P \cdot t}{Q}}$$

P(inf) =	besmettingskans	[%]
I =	aantal geïnfecteerde personen	[-]
q =	virusemissie van één geïnfecteerd persoon	[quanta/uur]
P =	ademvolume	[m ³ /uur]
t =	blootstellingsduur	[uur]
Q =	hoeveelheid luchtverversing	[m ³ /uur]

Hieronder wordt per invoerparameter toegelicht welke uitgangspunten zijn gebruikt.

4.1.1 Uitgangspunten aantal aanwezige geïnfecteerde personen (I)

Voor het theoretisch aantal aanwezige geïnfecteerde personen (I) wordt in principe uitgegaan van de incidentie (besmettingsgraad) in Nederland zoals gerapporteerd op het Corona Dashboard van de overheid (<https://coronadashboard.rijksoverheid.nl/>). Informatie over de lokale besmettingsgraad (wat nuttig kan zijn voor een lokaal evenement) zijn te vinden op het dashboard van het RIVM (<https://www.rivm.nl/coronavirus-covid-19/actueel>).

Voor de berekeningen was het handig om twee vaste waarden af te leiden: één voor de huidige situatie (gekozen is 100:100.000) en één extreme situatie (gekozen is 600:100.000 wat vergelijkbaar is met de waarde in maart 2020). Hierbij enkele opmerkingen:

- In principe is de besmettingsgraad van het Corona Dashboard gebaseerd op positief geteste personen. Deze personen weten dus dat ze COVID-19 hebben, dienen daarom thuis te blijven en zullen als het goed is dus niet bij 5.1.5 5.1.5 of 5.1.5 5.1.5 langs komen. Omdat niet duidelijk is hoeveel personen in Nederland wel geïnfecteerd zijn maar zich niet laten testen, is

Onderzoek risico COVID-19 aerosol overdracht

zekerheidshalve uitgegaan van het landelijke besmettingsgetal. De verwachting is dat het werkelijk aantal geïnfecteerde personen tijdens een evenement hiermee overschat wordt in de berekeningen.

- Om het aantal aanwezige geïnfecteerden te berekenen wordt de besmettingsgraad vermenigvuldigd met het aantal aanwezigen. Bij lage bezetting zorgt dit ervoor dat de kans dat er een geïnfecteerde aanwezig is klein tot nihil is. Om toch weer te geven wat de kans op besmetting via aerosolen is als er toch een geïnfecteerd persoon in de ruimte komt, wordt altijd gerekend met tenminste één geïnfecteerd persoon.

4.1.2 Uitgangspunten virusemissie (q)

De 'virusemissie' (q) is gebaseerd op onderzoek van Buonanno et al (Buonanno et al, 2020). Bij de berekeningen in dit rapport worden de gecorrigeerde P95-waardes uit het onderzoek van Buonanno et al gehanteerd voor de virusproductie (soms wat naar boven afgerond):

- Stil zitten: 10 quanta per uur
- Stil zitten en praten: 25 quanta per uur
- Dansen en 25% van de tijd meezingen: 100 quanta per uur

In bijlage 2 wordt nader toegelicht hoe deze waardes zijn afgeleid.

4.1.3 Uitgangspunten ademvolume (P)

Voor het ademvolume (P) is uitgegaan van de volgende waarden:

- Stil zitten: 0,5 m³/uur
- Dansen: 2 m³/uur

4.1.4 Uitgangspunt blootstellingsduur (t)

Voor de blootstellingsduur (t) is in alle berekeningen uitgegaan van 2,5 uur. Merk op dat een evenement dat langer duurt dan 2,5 uur een grotere aerosol besmettingskans met zich mee brengt terwijl er bij een evenement met een verblijftijd korter dan 2,5 uur een kleinere besmettingskans is.

Opmerking: Bij de berekeningen is er verder vanuit gegaan dat de virusconcentratie na binnenkomst direct de steady state (evenwichts)concentratie bereikt. In werkelijkheid duurt het ca. 10 minuten (uitgaande van de 5.1.5 5.1.5) tot 20 minuten (grote zaal 5.1.5 5.1.5) voordat het virus zich in de ruimte heeft verspreid en de steady state concentratie is bereikt. In de eerste 10 tot 20 minuten van een evenement is de virusconcentratie in werkelijkheid dus lager dan we aannemen in de berekeningen in dit rapport. Dit betekent dat er in de praktijk een iets lagere besmettingskans is dan de berekeningen in dit rapport aangeven. We zitten op dit punt dus aan de veilige kant.

4.1.5 Uitgangspunten luchtverversing (Q)

In tabel 1 wordt weergegeven hoeveel luchtverversing (Q) per ruimte beschikbaar is.

Bij 5.1.5 5.1.5 is de ventilatiehoeveelheid bepaald aan de hand van de revisietekeningen. Een recent luchtzijdig inregelrapport (Smitsair, 2017) liet zien dat de ontwerpwaardes gehaald werden in de grote zaal.

Voor de 5.1.5 5.1.5 liet een inregelrapport uit 2012 (IOW, 2012) zien dat de ontwerpwaardes werden gehaald. In 2019 heeft Smitsair de luchttoevoermozzles op de eerste en tweede ring bij 5.1.5 5.1.5 opnieuw ingeregeld (Smitsair, 2019). Uit dat inregelrapport bleek dat er tussen 0 en 10% minder luchttoevoercapaciteit beschikbaar was dan op de revisietekeningen. Voor de ventilatiehoeveelheid bij 5.1.5 5.1.5 is daarom de ventilatiehoeveelheid uit her inregelrapport van Smitsair als basis gebruikt en aangevuld met de ontwerpwaardes van de revisietekeningen.

Onderzoek risico COVID-19 aerosol overdracht

tabel 1. Hoeveelheid luchtverversing per ruimte.

Ruimte	Volume	Maximale hoeveelheid luchtverversing		Capaciteit rook- en warmteafvoer
	[m ³]	[m ³ /uur]	[ventilatievoud]	[m ³ /uur]
5.1.5 5.1.5 • Grote zaal	Ca. 93.000	561.930	6,0	450.000
5.1.5 5.1.5 • Grote zaal	Ca. 45.500	132.000	2,9	26.630
• Kleine zaal	Ca. 5.300	8.400	1,6	n.v.t.

4.1.6 Uitgangspunten grens- en streefwaarde aerosol besmettingskans

Op basis van de hierboven genoemde uitgangspunten kan berekend worden wat de kans is dat een individuele, gemiddeld gezonde, persoon besmet raakt met COVID-19 tijdens een evenement, via de aerosolroute.

De vraag is dan wel: wat definiëren we als een voldoende veilig niveau? Hier is nog geen formele (NEN) norm voor (e.e.a. zal de komende maanden wel ontwikkeld worden, o.a. bba is daar bij betrokken). Met verwijzing naar wat elders (bv. in de Wells Riley kerken tool, zie www.eerstehulpbijventilatie.nl) en in het buitenland onder wetenschappers gangbaar aan het worden is stellen we voor om de volgende niveaus aan het houden in dit verband:

- Streefwaarde: besmettingskans = 1%;
- Grenswaarde: besmettingskans = 5%;

Hier horen de volgende kleurcodes bij:

- Score rood als besmettingskans > 5%;
- Score oranje als besmettingskans tussen 1 en 5% ligt;
- Score groen als besmettingskans onder de 1% ligt.

Merk op dat de Wells Riley formule met name een nauwkeurig inschatting geeft van de risico's als sprake is van hogere besmettingskansen, zeg de range 20-100%. Dit heeft te maken met hoe de quanta waardes empirisch bepaald worden, het feit dat ze in retrospectief afgeleid worden na super spreading events (events waarbij altijd een aanzienlijk deel van de aanwezigen besmet is geraakt, anders kan er niet aan e.e.a. gerekend worden). Mede hierdoor zien we besmettingskans uitkomsten in de range 0-1% als verwaarloosbaar klein (lees: interpreteren we die als 'kans op verspreiding van het virus via aerosolen is dan nihil). Wat betreft de 5% grens: in de wetenschap is dit een grens die vaker als grenswaarde gehanteerd wordt m.n. wanneer er uitspraken gedaan worden over of iets statistisch significant is of niet. Denk in dit verband aan de p-waarde eis van 0,05 die vaak als grens gehanteerd wordt.

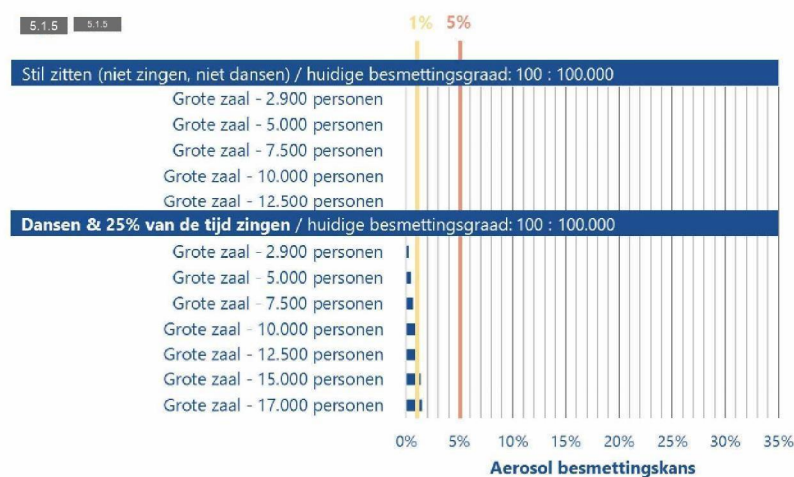
Dit punt (vaststellen definitief te hanteren grenswaarde en streefwaarde) is iets dat eventueel in verdere overleggen met de Rijksoverheid, het RIVM of bv. lokale GGD- en ander besproken kan worden. Maar voorlopig is ons advies (zie ook de referentielijnen verderop in dit hoofdstuk) hanteer de genoemde grenzen van 1 en 5%. Eventueel kan men besluiten om bv. voor de echt grote zalen (waar het gaat om heel grote groepen mensen), denk o.a. aan de 5.1.5 5.1.5 standaard de 1% lijn als grens te hanteren en elders in ruimten met bv. minder dan 8000 mensen (dus o.a. bij 5.1.5 5.1.5) de 5% lijn. Ook dit is iets om t.z.t. verder met de overheid te overleggen.



Onderzoek risico COVID-19 aerosol overdracht

4.2 Aerosol besmettingskans i.r.t. bezetting en gebruik

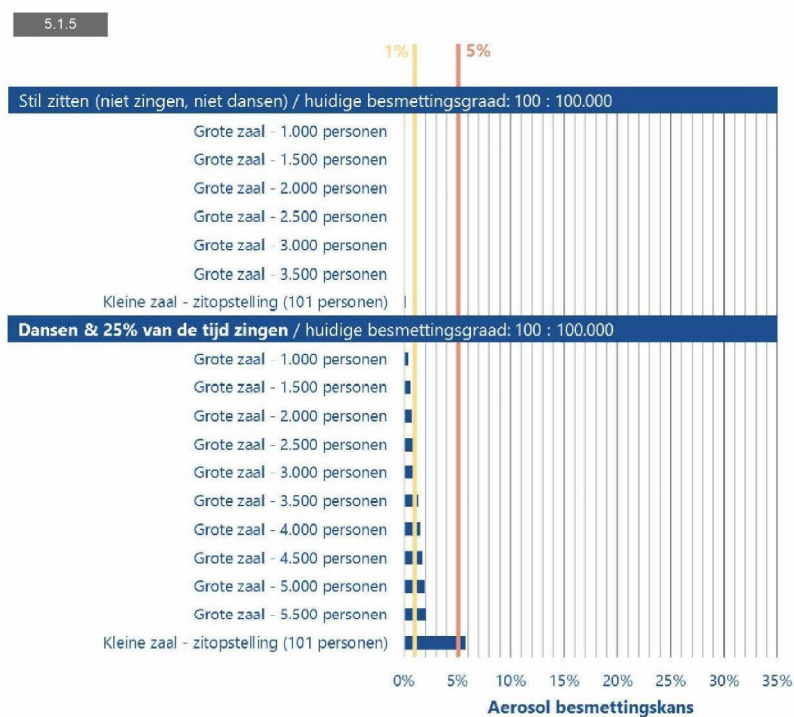
In figuur 1 wordt de aerosol besmettingskans voor de grote zaal van 5.1.5 5.1.5 weergegeven bij verschillende bezettingen en zowel voor stil zitten als voor dansen en meezingen. Het verschil tussen stil zitten en dansen / meezingen is dat in het laatste geval wordt gerekend met een ademvolume dat 4 keer hoger is en een quantaproductie die 10 keer hoger is dan bij stil zitten. Als gevolg hiervan is de aerosol besmettingskans bij stil zitten veel lager dan bij dansen en zingen. Desalniettemin is de aerosol besmettingskans in de grote zaal van 5.1.5 5.1.5 bij de huidige besmettingsgraad in Nederland ruim onder de 5%.



figuur 1. Aerosol besmettingskans voor de grote zaal van 5.1.5 5.1.5 bij een besmettingsgraad van 100:100.000 Nederlanders. Zie paragraaf 4.1 voor de uitgangspunten van de berekening.

In figuur 2 wordt de aerosol besmettingskans voor de ruimten in 5.1.5 5.1.5 weergegeven. Bij stil zitten ligt de aerosol besmettingskans in de twee beoordeelde ruimten ver beneden 1%. Bij dansen en zingen neemt de aerosol besmettingskans net als bij 5.1.5 5.1.5 toe. Voor de grote zaal blijft de aerosol besmettingskans ver beneden 5% en wordt de 1% grens vanaf 3.500 personen overschreden. In de kleine zaal ligt de aerosol besmettingskans boven 5% en zijn maatregelen nodig.

Onderzoek risico COVID-19 aerosol overdracht



figuur 2. Aerosol besmettingskans voor 5.1.5 5.1.6 bij een besmettingsgraad van 100:100.000 Nederlanders. Zie paragraaf 4.1 voor de uitgangspunten van de berekening.

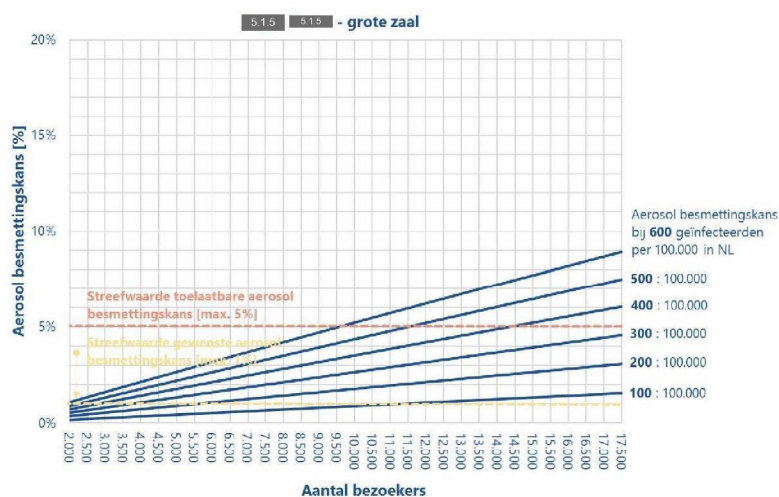
4.3 Aerosol besmettingskans i.r.t. besmettingsgraad

In paragraaf 4.2 is de aerosol besmettingskans op basis van de huidige besmettingsgraad in Nederland berekend. In deze paragraaf wordt bekeken wat het effect is van een toename in de besmettingsgraad op de aerosol besmettingskans.

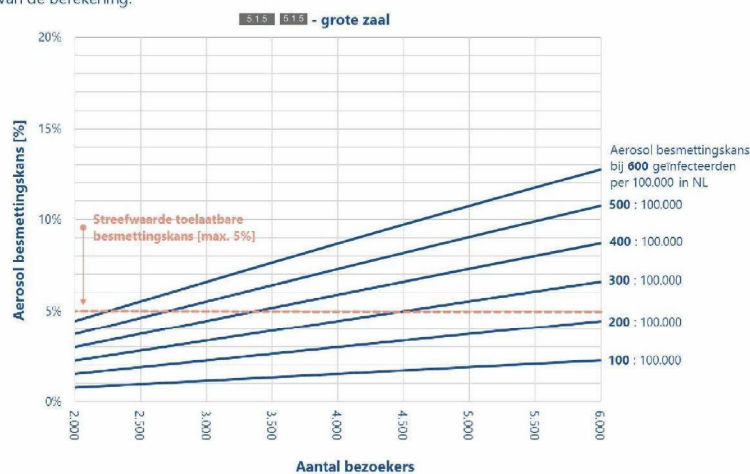
In figuur 3 en 4 wordt de aerosol besmettingskans bij verschillende besmettingsgraden weergegeven. De besmettingsgraad van 100:100.000 komt overeen met de situatie begin augustus 2020 (relatief lage besmettingsgraad). De besmettingsgraad van 600:100.000 komt overeen met de besmettingsgraad in maart 2020 (zeer hoge besmettingsgraad).

In de berekening zorgt een hogere besmettingsgraad voor een hoger aantal geïnfecteerden bij een evenement. Voorbeeld: als de besmettingsgraad 100:100.000 is en er 10.000 mensen bij de 5.1.5 5.1.6 komen, dan wordt er in de berekening van uitgegaan dat 10 van de 10.000 bezoekers COVID-19 hebben. Wanneer de besmettingsgraad naar 600:100.000 stijgt, dan stijgt het aantal geïnfecteerde bezoekers naar 60 (bij 10.000 bezoekers). Op deze manier zorgt een toename van de besmettingsgraad voor een toename van de virusconcentratie in de binnenlucht. Dit is ook duidelijk zichtbaar in figuur 3 en 4.

Onderzoek risico COVID-19 aerosol overdracht



figuur 3. Aerosol besmettingskans voor 5.1.5 5.1.5 bij verschillende besmettingsgraden in Nederland. In de figuur is uitgegaan van dansen en zingen (100 quanta / uur) en een verblijfsduur van 2,5 uur. Verder is zowel de gewenste aerosol besmettingskans van 1 % (gele lijn) als de maximaal toelaatbare aerosol besmettingskans van 5% (rode lijn) aangegeven. Zie paragraaf 4.1 voor de verdere uitgangspunten van de berekening.



figuur 4. Aerosol besmettingskans voor 5.1.5 5.1.5 bij verschillende besmettingsgraden in Nederland. In de figuur is uitgegaan van dansen en zingen (100 quanta / uur) en een verblijfsduur van 2,5 uur. Voor de grote zaal van 5.1.5 5.1.5 is alleen de streefwaarde voor de toelaatbare aerosol besmettingskans weergegeven (max. 5%). Zie paragraaf 4.1 voor de verdere uitgangspunten van de berekening.

Onderzoek risico COVID-19 aerosol overdracht

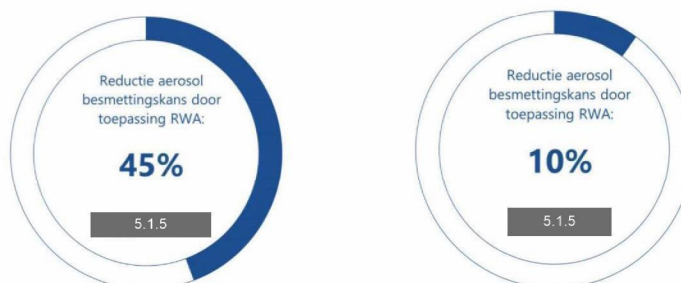
Advies is om een uitgangspunt vast te stellen (bij voorkeur in overleg met de Rijksoverheid, het RIVM en de lokale GGD) voor de maximale besmettingsgraad in Nederland waarbij evenementen nog door kunnen gaan en daar vervolgens het maximaal aantal bezoekers per evenement op af te stemmen.

4.4 Aerosol besmettingskans i.r.t. ventilatie & filtratie

Om de besmettingskans te verkleinen is bekeken of er mogelijkheden zijn om de ventilatie te verhogen en / of filtratie toe te passen. Aangezien de ventilatiesystemen al op maximale capaciteit draaien, is voor wat betreft ventilatie bekeken wat het effect is van het inzetten van de rook- en warmteafvoerinstallatie (RWA). Het effect hiervan is:

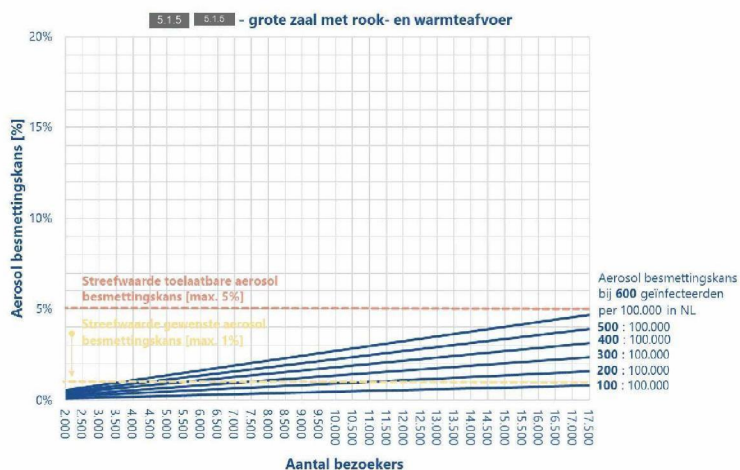
- Grote zaal **5.1.5** **5.1.5**: ventilatiecapaciteit gaat van 561.930 m³/uur naar 1.011.930 m³/uur.
Opmerking hierbij is dat de capaciteit van de RWA puur is bepaald aan de hand van de maximale luchtafvoercapaciteit van de dakventilatoren. Er is nog niet onderzocht of een dergelijke luchthoeveelheid via de roldeuren toegevoerd kan worden (zonder tochtprobleem)
- Grote zaal **5.1.5** **5.1.5**: ventilatiecapaciteit gaat van 132.000 m³/uur naar 158.630 m³/uur.

In figuur 5 wordt weergegeven wat het effect van de inzet van RWA op de aerosol besmettingskans is. Grofweg heeft een 10% verhoging van de ventilatiehoeveelheid ook een 10% verlaging van de aerosol besmettingskans tot gevolg. Omdat de inzet van de RWA een significante invloed zou hebben op de aerosol besmettingskans in **5.1.5** **5.1.5**, is in figuur 6 de aerosol besmettingskans weergegeven na inzet van de RWA.



figuur 5. Effect van het verhogen van de ventilatiecapaciteit door toepassing van de RWA bij **5.1.5** **5.1.5** en **5.1.5** **5.1.5** op de aerosol besmettingskans.

Onderzoek risico COVID-19 aerosol overdracht

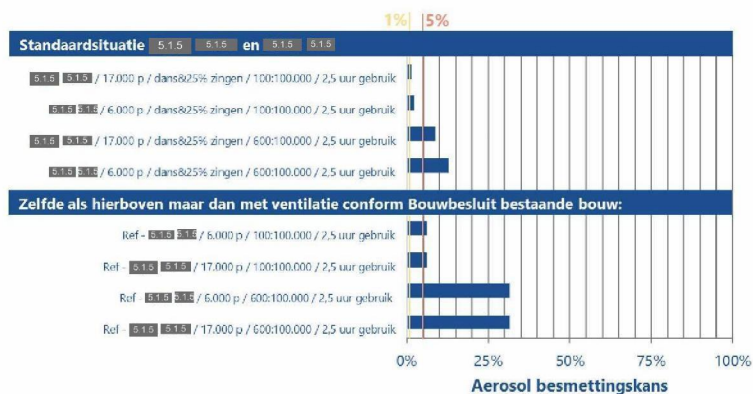


figuur 6. Aerosol besmettingskans na het verhogen van de ventilatiecapaciteit door toepassing van de RWA bij 5.1.5 5.1.5. De figuur is gebaseerd op dezelfde uitgangspunten als figuur 3, met uitzondering van de RWA (+450.000 m³/uur ventilatie). Uitgegaan is van dansen en zingen (100 quanta / uur) en een verblijfsduur van 2,5 uur. Verder is zowel de gewenste aerosol besmettingskans van 1 % (gele lijn) als de maximaal toelaatbare aerosol besmettingskans van 5% (rode lijn) aangegeven. Zie paragraaf 4.1 voor de verdere uitgangspunten van de berekening.

De toepassing van HEPA-filtratie (via stand-alone filterunits) heeft een positief effect op de aerosol besmettingskans. Met een HEPA-filter kunnen de virusdeeltjes namelijk uit de lucht gefilterd worden en wordt de virusconcentratie in de ruimte verlaagd. Het effect van HEPA-filtratie is in principe hetzelfde als dat van ventilatie: wanneer er een HEPA-filter wordt toegepast met dezelfde capaciteit als het ventilatiesysteem, dan wordt de aerosol besmettingskans ongeveer gehalveerd. Voor de grote zalen vormt het echter wel een praktische uitdaging om een HEPA-filter te plaatsen met respectievelijk 560.000 m³/uur (5.1.5 5.1.5) en 132.000 m³/uur (5.1.5 5.1.5). In de kleine zaal van 5.1.5 5.1.5 zien we het wel als een haalbare oplossing om HEPA-filters toe te passen. Hier zou de aerosol besmettingskans (wanneer er gedanst en meegezongen wordt) van 5,7% naar 2,7% verlaagd kunnen worden door HEPA-filters met een totale capaciteit van 10.000 m³/uur toe te passen.

Aangezien het RIVM op dit moment adviseert om tenminste conform Bouwbesluit te ventileren (RIVM, 2020b), is in figuur 7 inzichtelijk gemaakt wat dit zou betekenen voor de aerosol besmettingskans. In de figuur is uitgegaan van de eis voor luchtverversing van bijeenkomstfuncties in bestaande gebouwen (2,12 dm³/s per persoon). Gelukkig is er in de praktijk veel meer ventilatie beschikbaar anders zou de huidige besmettingskans verdrievoudigen. Dit geeft aan dat qua ventilatie voldoen aan het Bouwbesluit voor evenementenhallen zeker niet voldoende bescherming biedt tegen overdracht via aerosolen (zie ook hoofdstuk 3, standpunt Rijksoverheid t.a.v. het punt van de Bouwbesluit eisen).

Onderzoek risico COVID-19 aerosol overdracht



figuur 7. Vergelijking tussen de aerosol besmettingskans in de huidige situatie en de situatie waarbij er geventileerd zou worden conform Bouwbesluit bestaande bouw (2,12 dm³/s per persoon).

Uitgegaan is van dansen en zingen (100 quanta / uur) en een verblijfsduur van 2,5 uur. Verder is zowel de gewenste aerosol besmettingskans van 1 % (gele lijn) als de maximaal toelaatbare aerosol besmettingskans van 5% (rode lijn) aangegeven. Zie paragraaf 4.1 voor de verdere uitgangspunten van de berekening.

4.5 Vergelijking besmettingskans reguliere binnenruimtes

Ter relativering van de berekende besmettingskansen, en het effect van ventilatie daarop, wordt in figuur 8 de aerosol besmettingskans weergegeven voor verschillende praktijksituaties in vergelijking met de aerosol besmettingskans bij 5.1.5 5.1.5 en 5.1.5 5.1.5.

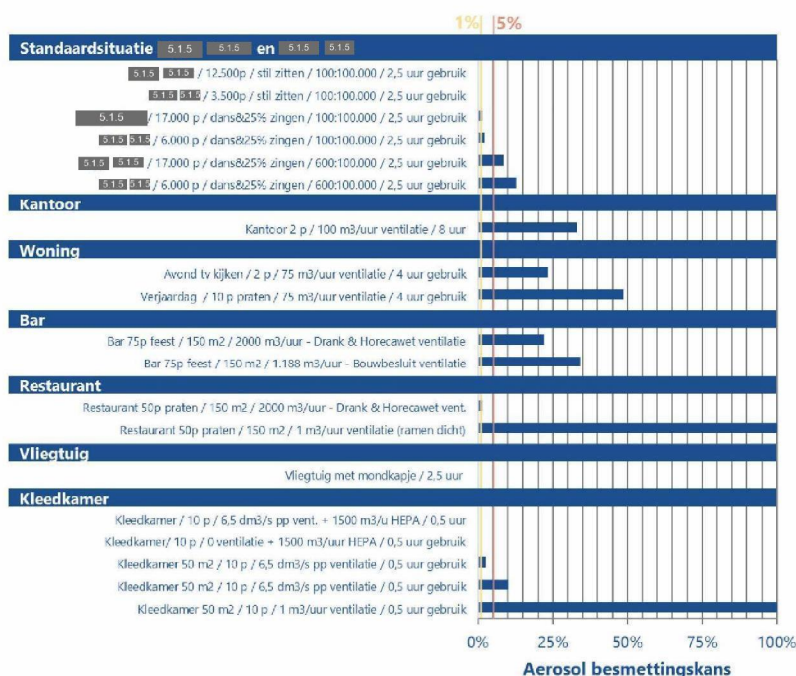
Figuur 8 laat zien dat er in een restaurant of kleedkamer zonder ventilatie verreweg de hoogste kans opleveren om via de aerosolroute besmet te raken zodra er tegelijkertijd een geïnfecteerd persoon aanwezig is. Daarna volgt een verjaardag thuis in een woonkamer en een feest in een bar (die conform Bouwbesluit geventileerd wordt). Dit zijn allemaal situaties waarin we nu ook besmettingen zien optreden, denk aan het restaurant in Hillegom, de verspreiding in woningen en de verspreiding in de bars tijdens carnaval.

De volgende risicovolle situatie is het tweepersoons kamerkantoor. De reden dat we dit (en veel van de andere referentiesituaties) nog niet terug zien in de praktijk heeft er vooral mee te maken dat de kans dat er één geïnfecteerd persoon op kantoor komt en 8 uur in een ruimte zit met een gezond persoon, klein is: veel 2 persoonskantoren worden op dit moment door maximaal 1 persoon gebruikt immers. Los daarvan: de kans dat e.e.a. de krant haalt (1 persoon die op kantoor 1 andere persoon besmet) is ook een stuk lager dan bij een echte super spreading event in een grotere ruimte.

Daarna volgt een reeks aan situaties waarbij de aerosol besmettingskans beduidend lager is dan de hiervoor genoemde situaties, waaronder de praktijksituaties bij 5.1.5 5.1.5 en 5.1.5 5.1.5.

Onderzoek risico COVID-19 aerosol overdracht

Referentiesituaties ten opzichte van 5.1.5 en 5.1.5



figuur 8. Vergelijking tussen de aerosol besmettingskans in de grote zalen van 5.1.5 en 5.1.5 versus verschillende andere ruimten. De belangrijkste uitgangspunten zijn bij iedere variant weergegeven. De quantaproductie voor dansen en zingen is 100 quanta / uur (bar), voor praten 25 quanta per uur (restaurant, kleedkamer en verjaardag woonkamer) en voor stil zitten 10 quanta / uur (vliegtuig, kantoor en tv kijken). Voor het ademvolume is alleen bij de situaties waar er gedanst wordt (5.1.5 en 5.1.5, 5.1.5 en de bar) een hogere waarde van 2 m³/uur aangehouden, bij de andere varianten is dit 0,5 m³/uur.

Figuur 8 laat zien dat een groot evenement in 5.1.5 en 5.1.5 of 5.1.5 en 5.1.5 niet tot een hogere aerosol besmettingskans leidt dan bijvoorbeeld een avond dineren in een restaurant of het bezoek aan een bar. De reden is dat de 5.1.5 en 5.1.5 en 5.1.5 en 5.1.5 een bijzonder goede verhouding tussen de virusproductie (het aantal geïnfecteerde personen) en de hoeveelheid luchtverversing hebben. Bij een besmettingsgraad van 600 : 100.000 in Nederland zijn er in theorie 102 (5.1.5 en 5.1.5) en 36 (5.1.5 en 5.1.5) geïnfecteerde personen aanwezig bij gebruik van de maximale capaciteit. Alsnog is er 5.666 m³/uur (5.1.5 en 5.1.5) en 3.666 m³/uur (5.1.5 en 5.1.5) beschikbaar per geïnfecteerd persoon. Wanneer we dit vergelijken met bijvoorbeeld een kantoorruimte voor 2 personen en er komt daar één geïnfecteerd persoon binnen, dan is er slechts 100 m³/uur luchtverversing per geïnfecteerd persoon. Het gevolg is dat de virusconcentratie in de binnenlucht van de tweepersoons kantoorruimte veel hoger oploopt dan

in de zalen van 5.1.5 5.1.5 en 5.1.5 5.1.5 en men dus ook veel eerder besmet raakt in de kantoorruimte.

4.6 Effect van luchtstroming op de aerosol besmettingskans

Een belangrijk uitgangspunt van de Wells-Riley berekening is dat de lucht in een ruimte volledig gemengd wordt en virusdeeltjes die vrijkomen zich dus ook direct door de hele ruimte verspreiden. Op het eerste gezicht lijkt dit wellicht niet gewenst omdat de virusdeeltjes zich dan door de hele ruimte verspreiden en iedereen wordt blootgesteld. Door de verspreiding van het virus wordt de virusconcentratie echter sterk verdund waardoor weliswaar iedereen (althans, in theorie) aan een heel klein beetje virus wordt blootgesteld maar niemand een voldoende hoge dosis ontvangt om besmet te raken. Of, met de woorden van het RIVM (RIVM, 2020b):

Eén virusdeeltje is dan ook zelden genoeg om ziek van te worden. Je moet (meestal) in contact komen met een grote hoeveelheid virusdeeltjes voordat je ziek wordt.

Voor de grote zaal van 5.1.5 5.1.5 en 5.1.5 5.1.5 is daarom onderzocht hoe de luchtstromingen in de ruimte zijn en of er inderdaad vanuit gegaan kan worden dat er overal sprake is van mengventilatie of dat er 'dode' plekken zijn zonder luchtstroming. Daar waar er geen luchtstroming is, kan er namelijk een verhoogde kans op besmetting via aerosolen zijn doordat de virusconcentratie daar hoger is (als er toevallig langere tijd een geïnfecteerd persoon aanwezig is, tegelijk met anderen).

Bij zowel 5.1.5 5.1.5 als 5.1.5 5.1.5 heeft Smitsair recent de inblaasnozzles her-ingeregeld. Hierbij zijn video's gemaakt die de luchtstroming in lege zalen weergeven. Deze video's laten zien dat de lege zalen goed doorspoeld worden.

De enige zones die niet echt goed geventileerd worden zijn de uitgiftepunten voor dranken op zaalniveau van beide zalen. Hier zijn geen luchttoe- of luchtafvoorzieningen waardoor eventueel vrijgekomen virusdeeltjes in de bar kunnen blijven hangen. Advies is om in deze zones ventilatoren op te hangen zodat de lucht vanuit de bar in de zaal wordt geblazen. Een en ander creëert gelijk ook extra veiligheid voor het personeel dat achter de bar werkt.

Verder de opmerking dat de luchtstromingen zoals die optreden tijdens een evenement eigenlijk alleen tijdens een evenement kunnen worden bepaald (en wel bij voorkeur met rookproeven). De bezoekers genereren namelijk dermate veel warmte dat dit het hele luchtstromingsprofiel in de zaal kan veranderen. Uiteraard kan dit in de praktijk lastig zijn om te realiseren. Maar men zal hier terdege rekening mee moeten houden als er rookproeven geanalyseerd worden die in lege ruimtes zijn uitgevoerd.

Ondanks genoemde mitsen en maren is door bba toch de aannname gedaan voor de twee hoofdzaal dat uitgegaan mag worden van volledige mengventilatie in het kader van de Wells-Riley berekeningen.

4.7 Aerosol besmettingskans i.r.t. mondneusmaskers

Mondkapjes kunnen de aerosol besmettingskans op twee manieren beïnvloeden:

- Bij een gezond persoon kunnen de juiste mondkapjes de ingeademde concentratie aerosolen (met virusdeeltjes) beperken.

Onderzoek risico COVID-19 aerosol overdracht

- Bij een geïnfecteerd persoon kunnen mondkapjes de vrijgekomen druppels met virus afvangen en zo de virusemissie (q) beperken.

Onderzoek naar de effectiviteit van mondneusmaskers in de praktijk wordt bemoeilijkt doordat de testomstandigheden lastig te controleren zijn. Als gevolg worden er in de literatuur ook wisselende effecten gerapporteerd, zowel qua filterwerking aan de 'zenderkant' (virus emissie besmette persoon) als aan de 'ontvangerkant' (virus immissie gezonde persoon). Er zijn echter twee studies waarbij in een gecontroleerde laboratoriumsituatie met mannequins de effectiviteit van mondneusmaskers op een redelijk robuuste manier is getest. Dit geeft wat ons betreft voor nu het meest betrouwbare beeld van hoe mondneusmaskers werkelijk presteren en daarom worden met name deze twee onderzoeken hieronder verder toegelicht.

Laboratoriumonderzoek waarbij twee ademende mannequins afwisselend wel en niet een mondneusmasker dragen, wijst uit dat alleen N95 respirators echter bescherming tegen inademing van (besmette) aerosolen bieden (Patel et al, 2016). Aangezien N95 respirators op dit moment bedoeld zijn voor de medici c.q. het overall advies t.a.v. mondkapjes is om niet-N95 maskers te gebruiken, zijn we er in het kader van het onderhavige onderzoek verder vanuit gegaan dat het dragen van mondneusmaskers gezonde personen verder niet beschermt als het gaat om het inademen van door anderen uitgestoten (besmette) aerosolen. Patel et al laten wel zien dat de virusemissie aan de bronkant gereduceerd kan worden met een goed 3 laagse chirurgisch masker (type II of IIR), zoals bv. bij apotheek of HEMA te verkrijgen voor minder dan een euro per stuk. Een mondneusmasker wat slecht aansluit houdt bij de bron ongeveer 5-20% van de aerosolen tegen. Een goed aansluitend chirurgisch mondneusmasker houdt ca. 50% van de virusemissie tegen. Bij hoesten wordt volgende de onderzoekers zelfs 100% van de aerosolen afgevangen door het masker. Daar waar het gaat om het blokkeren van aerosolen (en grotere druppels) in de ademzone van besmette personen (zender kant) is de aanname dus dat e.e.a. wel werkt c.q. er een factor 2 lagere virus emissie is als er mondneusmaskers (op de goede manier) gedragen worden.

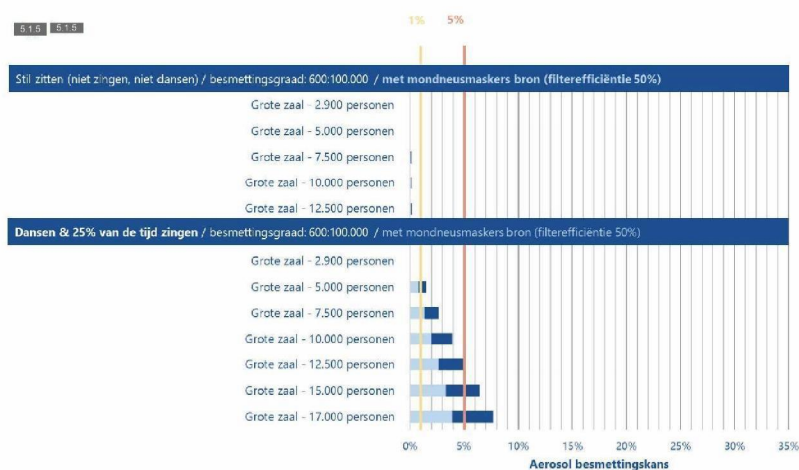
Mansour en Smaldone geven aan dat in het onderzoek van Patel et al gebruik is gemaakt van harde mannequins en dat dit mogelijk heeft gezorgd voor de slechte aansluiting van de mondneusmaskers op de mannequins (met als gevolg dat de filter efficiëntie slechter lijkt dan het in werkelijkheid is). Zij hebben het onderzoek van Patel et al herhaald maar dan zachte mannequins gebruikt die dus beter lijken op de werkelijke structuur van iemands gezicht (Mansour & Smaldone, 2012). Mansour en Smaldone bevestigen de eerder genoemde bevinding dat alleen een goed aansluitende N95 mondneusmasker enige bescherming biedt aan de drager als het gaat om het voorkomen van inademing van besmette personen die door anderen verspreid zijn (ontvanger kant). Voor de reductie aan de bronkant vinden zij echter een filterefficiëntie van vrijwel 100% voor twee verschillende 3-laagse chirurgische mondneusmaskers. Dit betekent dat de chirurgische mondneusmaskers de virusemissie in theorie met 100% kunnen reduceren.

In dit rapport wordt een wat conservatievere aanname gedaan voor de filterefficiëntie van mondneusmaskers bij de bron om rekening te houden slecht afsluitende mondneusmaskers in de praktijk.

Onderzoek risico COVID-19 aerosol overdracht

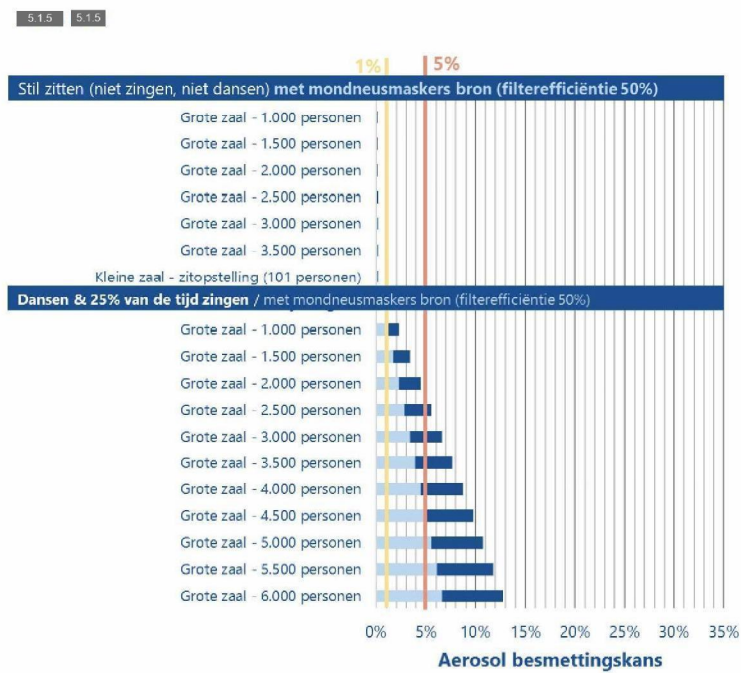
Uitgegaan is van een 50% reductie van de virusemissie bij de bron en 0% reductie aan de kant van de ontvanger. In figuur 9 en 10 wordt weergegeven wat voor effect dit heeft op de aerosol besmettingskans als we uit gaan van een besmettingsgraad van 600 per 100.000 Nederlanders (reden is dat bij 100:100.000 ook zonder mondneusmaskers al sprake is van een acceptabele aerosol besmettingskans).

Uit figuur 9 en 10 kan worden afgelezen dat de aerosol besmettingskans bij een hoge besmettingsgraad van 600 : 100.000 gereduceerd kan worden tot rond de 5% door gebruik van mondneusmaskers.



figuur 9. Aerosol besmettingskans na toepassing van mondneusmaskers in 5.1.5 (lichtblauw) versus de situatie zonder mondneusmaskers (donkerblauw). Zie paragraaf 4.1 voor de verdere uitgangspunten van de berekening.

Onderzoek risico COVID-19 aerosol overdracht



figuur 10. Aerosol besmettingskans na toepassing van mondneusmaskers in 5.1.5 5.1.5 (lichtblauw) versus de situatie zonder mondneusmaskers (donkerblauw). In het scenario hierboven is uitgegaan van een hoge besmettingsgraad van 600:100.000 Nederlanders. Zie paragraaf 4.1 voor de verdere uitgangspunten van de berekening.

5 Database analyse Super Spreading Events

Met enige regelmaat treedt er een super spreading event op. Hierbij worden op één locatie 5 mensen of meer (soms is als grenswaarde ook 10 mensen gehanteerd), vaak door slechts één persoon. Er zijn inmiddels enkele online databases beschikbaar waar superspreading events geregistreerd worden om daar lessen uit te trekken.

Om te bepalen waar super spreading events normaliter optreden (type gebouwen, type ruimtes) en in hoeverre ze zich voordoen in evenementenhallen, zijn in totaal 4 COVID-19 superspreading event databases geëvalueerd.

We hebben ons gericht op de volgende 4 databases:

- Database Qian/Li - analyse University of Hongkong op basis van overheidsregistratie; alleen Chinese clusters / super spreading events (SSE's) die optraden in de maand januari 2020 (Qian et al, 2020).
- Database Leclerc/Knight - analyse London School of Hygiene and Tropical Medicine op basis van een meta-analyse van wetenschappelijke literatuur, betrof alleen Europese clusters/SSE's (Leclerc et al, 2020).
- Database Kay/Quillette - analyse Canadese journalist op basis van berichten in reguliere media, wereldwijde clusters / SSE's (Kay, 2020).
- Database Swinkels - analyse op basis van berichten in zowel reguliere als wetenschappelijke media, wereldwijde clusters / SSE's (Swinkels, 2020)

Merk op dat er wat overlap tussen de databases zit. Ze verwijzen deels naar dezelfde events. Ook is het belangrijk om te realiseren dat het hier gaat om events die toevallig beschreven worden in de wetenschappelijk literatuur dan wel de reguliere (online) media. Er zijn natuurlijk veel meer super spreading events geweest de afgelopen maanden die de wetenschappelijke literatuur en de media niet gehaald hebben. Van enig selectie bias is per definitie sprake dus.

Verder is veel van de informatie afkomstig uit de media waarbij het de vraag is hoe accuraat de oorspronkelijke informatie is. Tegelijkertijd is het hoogst onwaarschijnlijk dat super spreading events tijdens grote bijeenkomsten zoals concerten niet in één van deze databases voorkomen als ze daadwerkelijk voor waren gekomen. Een super spreading event dat gerelateerd kan worden aan bv de Royal Albert Hall in London zou immers altijd de voorpagina's van vooraanstaande kranten halen...

Verder: beseft dat veel databases zowel super spreading events bevatten die plaats vonden voordat er coronamaatregelen werden ingesteld als events die plaats vonden nadat er landelijk maatregelen genomen zijn.

Ook is het zo dat sommige databases (bv. die van Swinkels) onevenredig veel voorbeelden van super spreading events bevatten die in 1 land (in dit geval de VS) plaats vonden. Ook dat vertekent hier en daar het beeld.

Dit allemaal gezegd hebbende: sowieso mooi dat genoemde databases bestaan. Dit waren even de riemen waar we mee moeten roeien.

Helaas is er nog geen uitgebreide evaluatie uitgevoerd van clusters / super spreading events specifiek voor de Nederlandse situatie. Vandaar dat we de conclusies verder alleen aan de genoemde 4 buitenlandse databases ophangen.

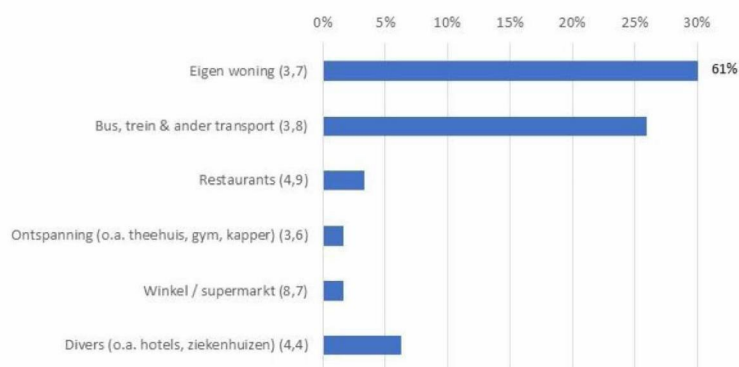
Onderzoek risico COVID-19 aerosol overdracht

5.1 Database Qian / Li

Qian et al hebben informatie verzameld over uitbraken waarbij meer dan 3 personen besmet raakten tussen 4 januari en 11 februari 2020 (hiermee zijn alle besmettingen tussen partners dus buiten beschouwing gelaten). Er is data van de Chinese overheid gebruikt vanuit 320 steden. Uiteindelijk zijn 318 events met 1245 casussen in 120 steden verzameld in de database (Qian et al, 2020).

In figuur 10 is samengevat hoe de verschillende gebouwcategorieën verdeeld zijn binnen de Qian / Li database. Tussen haakjes (achter omschrijving gebouwcategorie) staat per gebouwcategorie hoeveel mensen er bij de bewuste events besmet raakten (gemiddelde).

Belangrijk om op te merken is dat de onderzochte periode de periode is van Chinees nieuwjaar. Dit betekent dat er veel families bij elkaar komen (262 van de 318 events waren verspreidingen bij familieleden) en er in het kader daarvan ook veel gereisd wordt. Opvallend is dat men met name veel besmettingen (108 van de 318 events) heeft kunnen herleiden tot gebruik van het openbaar vervoer (besmettingen in bus, trein etc).

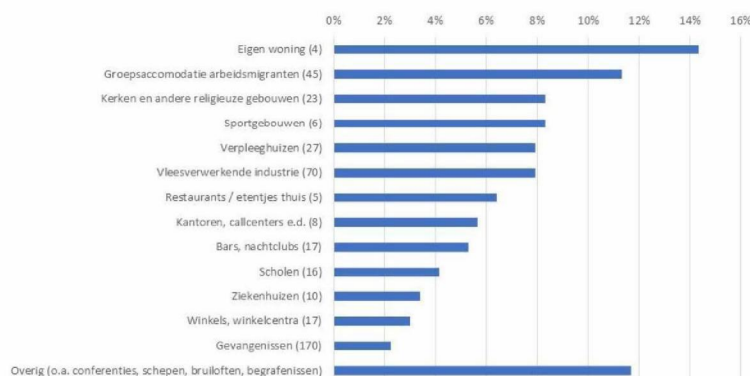


figuur 9. Percentage van het totaal aantal besmettingen per locatie, uitkomst analyse Qian/Li database (n= 318 events). Achter iedere categorie is het gemiddelde aantal besmettingen per event voor die categorie aangegeven.

5.2 Database Leclerc / Knight

Op 10 augustus 2020 waren er 265 events opgenomen in de Leclerc / Knight database (Leclerc et al, 2020). In onderstaande figuur is samengevat hoe de verschillende gebouwcategorieën verdeeld zijn binnen de Leclerc / Knight database. Tussen haakjes (achter omschrijving gebouwcategorie) staat per gebouwcategorie hoeveel mensen er bij de bewuste events besmet raakten (mediaan).

Onderzoek risico COVID-19 aerosol overdracht



figuur 10. Percentage van het totaal aantal besmettingen per locatie, uitkomst analyse Leclerc / Knight database (n= 265 events). Achter iedere categorie is de mediaan van het aantal besmettingen per event voor die categorie aangegeven.

In de database worden o.a. de volgende evenementen- / muzieklocaties genoemd:

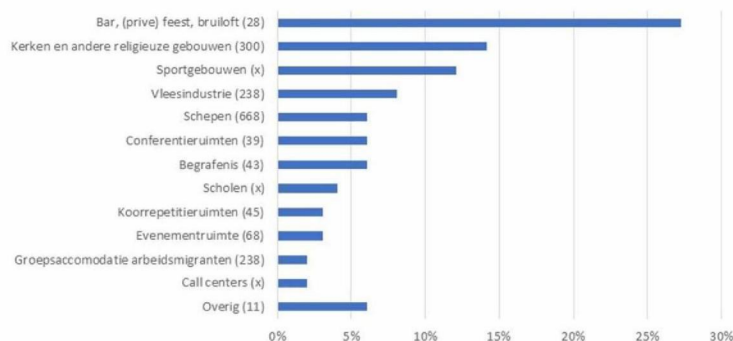
- Cluster gerelateerd aan optredens op 4 kleinschalige podia (binnen) in de Japanse stad Osaka (ca. 100 personen per club) zijn een tiental mensen besmet. Voor meer achtergrond informatie, zie o.a. dit online 'Straits Times' artikel: <https://www.straitstimes.com/asia/east-asia/japans-live-music-clubs-emerge-as-new-coronavirus-transmission-sites>
- Cluster gerelateerd aan het carnaval event ('Kappensitzung') in Gangelt (Duitsland). Bij dit evenement kwamen 350 mensen op 15 februari 2020 bij elkaar. Aangezien het coronavirus pas twee weken daarvoor in Duitsland was aangetroffen, waren er nog geen preventieve maatregelen genomen. Men zat binnen 1,5m naast elkaar, er was een programmaonderdeel waarbij men elkaar op de wang kuste en er was geen verscherpte handhygiëne. Bij dit evenement raakten tientallen van de 350 bezoekers besmet. Meer achtergrond informatie: <https://www.theguardian.com/world/2020/apr/09/the-cluster-effect-how-social-gatherings-were-rocket-fuel-for-coronavirus>

Overall gezien opvallend dat in geen van de 265 gevallen het gaat om een cluster die gelinkt wordt aan een groot concert / grootschalig live event (binnen dan wel buiten). Daarentegen zijn er wel relatief veel clusters gelinkt aan kleinschalige bijeenkomsten in bars, discotheken en restaurants (zie figuur 11).

5.3 Database Kay

Op 10 augustus 2020 waren er 98 events opgenomen in de Kay database (Kay, 2020). Het gaat hier zowel om events die beschreven zijn in wetenschappelijke literatuur als events die in de media worden beschreven. Het grootste deel van de events is uit maart en april 2020. In figuur 12 is samengevat hoe de verschillende bouwcategorieën verdeeld zijn binnen de Kay database. Tussen haakjes (achter omschrijving bouwcategorie) staat per bouwcategorie hoeveel mensen er bij de bewuste events besmet raakten (mediaan).

Onderzoek risico COVID-19 aerosol overdracht



figuur 11. Percentage van het totaal aantal besmettingen per locatie, uitkomst analyse Kay database (n= 98 events). Achter iedere categorie is de mediaan van het aantal besmettingen per event voor die categorie aangegeven.

Naast het evenement in Gangelt en de cluster in Osaka (zie paragraaf 5.2), bevat de Kay database qua evenementen ook nog het benefiet concert in Kessel (Limburg). In de gemeente Kessel was een benefietavond georganiseerd waar ca. 500 dorpsbewoners op af zijn gekomen. Tijdens het evenement werd geen afstand gehouden (zie <https://www.maurice.nl/2020/04/19/het-superspread-event-van-5-maart-in-kessel/>). Naderhand zijn er in de gemeente Kessel veel personen besmet geraakt (gemiddeld lag het aantal besmettingen in Kessel op 313 per 100:000 inwoners terwijl dat op dat moment elders in het land rond de 100:100.000 lag). Of en hoeveel mensen besmet zijn geraakt tijdens het evenement is niet duidelijk, wel beschouwd de GGD het benefietevenement als de besmettingshaard (<https://www.1limburg.nl/ggd-als-bijeenkomst-haard-coronabesmettingen-kessel?context=section-33692>).

Een opvallend event dat te vinden is in de database van Kay is het concert van gospelzangeres Sandy Patti in het Performing Arts Center van de Andrews University in Berrien Springs (VS). Vlak na het concert bleek dat de zangeres COVID-19 had op het moment van optreden. Voor zover bekend zijn de enige twee besmettingen tijdens het concert twee bezoekers die de zangeres backstage hebben ontmoet. Verder, voor zover bekend, waren er geen besmettingen bv. bij anderen uit het publiek. Meer achtergrond informatie: <http://web.archive.org/web/20200420072800/https://wsbt.com/news/local/first-cases-of-coronavirus-confirmed-in-berrien-county>

Verder valt op dat er weinig restaurants en winkels zijn opgenomen in de database (allebei 1 totaal). Komt mogelijk doordat de database vooral events bevat die plaats vonden tijdens de lockdown periode.

5.4 Database Swinkels

Op 9 augustus 2020 waren er 1408 events opgenomen in de Swinkels database (Swinkels, 2020). Het gaat hier zowel om events die beschreven zijn in wetenschappelijke literatuur als events die in de media worden beschreven. In figuur 13 is samengevat hoe de verschillende gebouwcategorieën verdeeld zijn binnen de Swinkels database.

Onderzoek risico COVID-19 aerosol overdracht



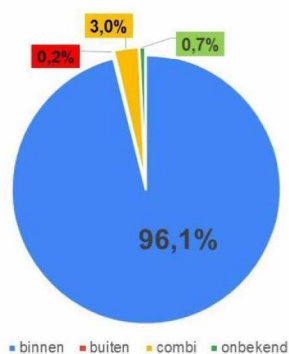
figuur 12. Percentage van het totaal aantal besmettingen per locatie, uitkomst analyse Swinkels database (n= 1408 events).

Helaas bevat de Swinkels database (nog) geen betrouwbare informatie daar waar het gaat om het gemiddelde aantal besmette personen in de diverse gebouwtypes (medianen).

De in de Swinkels database genoemde concertruimten betreffen de uitbraak gerelateerd aan het benefietconcert in Kessel (zie paragraaf 5.3) en de uitbraken clusters in Osaka (zie paragraaf 5.2).

Omdat de Swinkels database verreweg de grootste database is, is hier ook gekeken naar de verhouding tussen super spreading events binnen en buiten. Figuur 14 laat zien dat slechts 0,2% van de gerapporteerde super spreading events buiten is opgetreden.

Onderzoek risico COVID-19 aerosol overdracht

Super Spreading Events database Swinkels
(versie 9 aug. 2020) (N=1408)

figuur 13. Percentage van het totaal aantal besmettingen binnen versus buiten, uitkomst analyse Swinkels database (n= 1408 events).

5.5 Conclusie analyse databases

De analyse van de 4 databases laat zien dat wereldwijd gezien de top 5 locaties waar besmettingen optraden in het verleden (deels voor, deels na de invoering van coronamaatregelen) de volgende zijn:

1. Eigen woning
2. (Privé)feestlocaties
3. Bars en restaurants (aantal bezoekers ≤ 100)
4. Kerken en andere religieuze gebouwen
5. Vleesindustrie complexen

Los daarvan is ook sprake van een aanzienlijk aantal super spreading events die plaats vonden in o.a. groepsaccommodaties voor arbeidsmigranten, op bruiloftlocaties, in sportruimten en op schepen.

Opvallend is dat in deze 4 databases slechts 2 super spreading events opduiken waarbij sprake was van een optreden met live muziek c.q. een binnen-evenement in een ruimte met meer dan 100 personen (benefietavond Kessel en carnevalevenement in Gangelt, Duitsland). In beide situaties ging het om een ruimte van enigszins beperkte afmetingen, vele malen kleiner dan de twee hoofdzaal waar dit rapport zich verder op richt.

6 Aanbevelingen

In dit hoofdstuk worden aanbevelingen gegeven voor de risico-inventarisatie van COVID-19 overdracht via aerosolen bij toekomstige evenementen (6.1) en het verminderen van de aerosol besmettingskans bij 5.1.5 en 5.1.5 (6.2).

6.1 Aanbevelingen algemeen

De in dit rapport gebruikte methode helpt om integraal naar het risico op overdracht via aerosolen te kijken en laat vervolgens goed zien waar eventuele risico's liggen met name kijkend naar overdracht via de lucht voorbij de 1,5m grens. Daarom wordt in algemene zin aangeraden om de in het rapport beschreven rekenmethode ook bij toekomstige evenementen toe te passen. Bba kan hiervoor - indien gewenst - een standaard rapportage (factsheet) en calculator ontwikkelen. Om de besmettingskans in een concreet geval, bij een specifiek evenement te bepalen moeten steeds de volgende stappen doorlopen worden:

1. Bepaal de bezetting van het evenement voor verschillende scenario's en leg het verwachte gebruik / bezoekersgedrag vast (zitten of dansen, stil zijn of meezingen etc.).
2. Bepaal de beschikbare hoeveelheid luchtverversing, rekening houdend ook met het seizoen. Bij voorkeur wordt de hoeveelheid luchtverversing ter plekke (continu) gemeten of wordt gebruikt gemaakt van een maximaal 5 jaar oud inregelrapport. Voor evenementen waarbij gebruik gemaakt wordt van tenten kan via de methode uit NEN 1087 de ventilatiecapaciteit berekend worden.
3. Controleer of er sprake is van centrale recirculatie van lucht. Zo ja, schakel de recirculatie indien mogelijk uit en maximaliseer de verse luchttoevoer. Indien dit niet mogelijk is, corrigeer de hoeveelheid luchtverversing dan voor het aandeel recirculatie en onderzoek te mogelijkheid voor toepassing van een HEPA-filter in de retoursectie van de luchtbehandelingskast.
4. Stel door middel van rookproeven vast of er in de hele ruimte sprake is van mengventilatie c.q. of er niet hier en daar sprake is van 'dode hoeken'. Daar waar er geen doorspoeling / luchtstroming is: plaats ventilatoren.
5. Bepaal aan de hand van de Wells-Riley berekening en de invoerwaarden uit dit rapport de aerosol besmettingskans voor het evenement. Indien de besmettingskans boven de 1% dan wel 5% komt (per geval bepalen welke grens het meest voor de hand ligt, houdt hierbij evt. ook rekening met de kwetsbaarheid van de gemiddelde bezoeker, bij een concert van Andre Rieu (= veel oudere bezoekers) is dat mogelijk een ander verhaal dan bij een concert van Maan): neem indien nodig aanvullende maatregelen om de besmettingskans te reduceren. Denk dan bijvoorbeeld aan:
 - a. Het plaatsen van stand-alone HEPA-filters (of vergelijkbare voorzieningen).
 - b. Het verstrekken van mondneusmaskers (minimaal type IIR) en bezoekers verplichten de mondneusmaskers te dragen.
 - c. Het plaatsen van aanvullende ventilatie-units of het vergroten van de bestaande installatie.
 - d. Het verlagen van de bezettingsgraad / verminderen van het toegestane maximum aantal bezoekers.
6. Zorg ervoor dat de hoeveelheid luchtverversing tijdens het evenement continu gemonitord wordt en organiseer dat er direct actie wordt ondernomen als de luchtverversing onder de

Onderzoek risico COVID-19 aerosol overdracht

gewenste waarde komt. Denk in dit verband bijvoorbeeld aan de installatie van CO₂-sensoren op verschillende locaties (en hoogtes) in de zaal.

6.2 Aanbevelingen voor 5.1.5 5.1.5 en 5.1.5 5.1.5

Specifiek voor 5.1.5 5.1.5 en 5.1.5 5.1.5 wordt het volgende aangeraden:

- Verzeker bezoekers ervan dat zij te allen tijde gratis hun ticket kunnen annuleren op het moment dat zij symptomen hebben. Gestimuleerd moet worden dat mensen met klachten thuis blijven 'no matter what'.
- Plaats extra (sta) ventilatoren bij de uitgiftebalies in de zalen van 5.1.5 5.1.5 en 5.1.5 5.1.5 om de lucht vanuit de bar in de zaal te blazen.
- Laat tijdens het eerstvolgende evenement onderzoeken / monitoren of het ventilatiesysteem in de praktijk functioneert zoals beschreven in dit rapport. Maak tijdens het evenement rook en breng zo de luchtstromingen in de bezette zaal in kaart. Laat verder tijdens een evenement continu metingen uitvoeren van de CO₂-concentratie op verschillende locaties / hoogtes in de zaal opdat een goed beeld gekregen wordt van de ruimte-doorspoeling.
- Bepaal in overleg met de overheid wat de definitieve uitgangspunten worden voor de toelaatbare besmettingskans en de maximale besmettingsgraad waarbij evenementen door kunnen gaan. Bepaal vervolgens op basis van deze twee uitgangspunten de maximaal toelaatbare bezetting in COVID-19 tijd, al dan niet afhankelijk van de momentane besmettingsgraad in het land.
- Indien nodig, neem aanvullend maatregelen te nemen om de besmettingskans te verlagen, bijvoorbeeld door verplicht gebruik van mondneusmaskers of het bijschakelen van de RWA.
- Maak vooralsnog geen gebruik van ruimten anders dan de grote zalen en de kleine zaal bij 5.1.5 5.1.5 zonder dat daar een aparte risicobeoordeling voor is uitgevoerd. Besef dat de besmettingskans juist in alle secundaire ruimten (kleedkamers, personeelsruimten etc.) hoog is. In zijn algemeenheid geldt hier: hoe kleiner de ruimte, des te hoger de besmettingskans (is deels ook wel afhankelijk van de gebruiksduur, bv. bij 5 of 10 minuten verblijft is e.e.a. wat minder relevant allemaal).

Bijlagen



Bijlage 1 Literatuur

- ARBOPodium. (sd). *arbopodium.nl*. Opgehaald van ARBOPodium: <https://www.arbopodium.nl/>
- Buonanno et al. (2020, Juni 2). *Quantitative assessment of the risk of airborne transmission of SARS-CoV-2 infection: prospective and retrospective applications*. Opgehaald van [https://www.medrxiv.org:](https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.06.01.20118984v1)
- Doremalen et al. (2020). Aerosol and surface stability of SARS-CoV-2 as compared with SARS-CoV-1. *The New England Journal of Medicine*, 1-3.
- Fears et al. (2020, April 18). *Comparative dynamic aerosol efficiencies of three emergent coronaviruses and the unusual persistence of SARS-CoV-2 in aerosol suspensions*. Opgehaald van <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7217084/>
- Günther et al. (2020, Juli 23). *Investigation of a superspreading event preceding the largest meat processing plant-related SARS-Coronavirus 2 outbreak in Germany*. Opgehaald van [https://papers.ssrn.com:](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3654517) https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3654517
- IOW. (2012). *Meetrapportage lucht- en waterzijdig inregelen klimaatinstallatie 5.1.5 te Amsterdam*.
- Kay. (2020, Augustus 11). *COVID-19 Superspreader Events*. Opgehaald van [https://docs.google.com/:](https://docs.google.com/spreadsheets/d/1nAWy94mS14sJBtSCBgh6GLCWKP_JvAaz0yanq4kmzs/edit#gid=1025534428) https://docs.google.com/spreadsheets/d/1nAWy94mS14sJBtSCBgh6GLCWKP_JvAaz0yanq4kmzs/edit#gid=1025534428
- Leclerc et al. (2020, Mei - Juni). *What settings have been linked to SARS-CoV-2 transmission clusters?* Opgehaald van [https://wellcomeopenresearch.org:](https://wellcomeopenresearch.org/articles/5-83/v2) <https://wellcomeopenresearch.org/articles/5-83/v2>
- Leung et al. (2020). Respiratory virus shedding in exhaled breath and efficacy of masks. *Nature Medicine*, 676-680.
- Li et al. (2020, April 22). *Aerosol transmission of SARS-CoV-2 - Evidence for probable aerosol transmission in a poorly ventilated restaurant*. Opgehaald van [https://www.medrxiv.org:](https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.04.16.20067728v1) <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.04.16.20067728v1>
- Liu et al. (2017). Short-range airborne transmission of expiratory droplets between two people. *Indoor Air*, 452-462.
- Mansour & Smaldone. (2012). Respiratory source control versus receiver protection: impact of facemask fit. *Journal of Aerosol Medicine and Pulmonary Drug Delivery*, 131-137.
- Miller et al. (2020, Juni 18). *Preprint server*. Opgehaald van [https://www.medrxiv.org:](https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.06.15.20132027v2) <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.06.15.20132027v2>
- Morawska. (2006). Droplet fate in indoor environments, or can we prevent the spread of infection? *Indoor Air*, 335-347.
- Nicas et al. (2005). Toward understanding the risk of secondary airborne infection: emission of respirable pathogens. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 143-154.
- Patel et al. (2016). Respiratory source control using a surgical mask: an in vitro study. *Journal of occupational and environmental hygiene*, 569-576.
- Qian et al. (2020, April 7). *Indoor transmission of SARS-CoV-2 (pre-print)*. Opgehaald van [https://www.medrxiv.org:](https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.04.04.20053058v1.full.pdf) <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.04.04.20053058v1.full.pdf>

Onderzoek risico COVID-19 aerosol overdracht

- REHVA. (2020). *REHVA COVID-19 Guidance document V3*. Opgehaald van [www.rehva.eu: https://www.rehva.eu/fileadmin/user_upload/REHVA_COVID-19_guidance_document_V3_03082020.pdf](https://www.rehva.eu/fileadmin/user_upload/REHVA_COVID-19_guidance_document_V3_03082020.pdf)
- Rijksoverheid.nl. (2020, Juli 1). *Nederlandse maatregelen tegen het coronavirus*. Opgehaald van [www.rijksoverheid.nl: https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/coronavirus-covid-19/nederlandse-maatregelen-tegen-het-coronavirus/openbaar-en-dagelijks-leven](https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/coronavirus-covid-19/nederlandse-maatregelen-tegen-het-coronavirus/openbaar-en-dagelijks-leven)
- Rijksoverheid.nl. (2020, Augustus 8). *www.rijksoverheid.nl*. Opgehaald van [Het coronavirus en ventilatie in gebouwen: https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/coronavirus-covid-19/openbaar-en-dagelijks-leven/ventilatie-in-gebouwen](https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/coronavirus-covid-19/openbaar-en-dagelijks-leven/ventilatie-in-gebouwen)
- Riley. (1982). Indoor airborne infection. *Environmental International*, 317-320.
- RIVM. (2020a, Juni 30). *Aerogene verspreiding SARS-CoV-2 en ventilatiesystemen onderbouw*. Opgehaald van [Ici.rivm.nl: https://ici.rivm.nl/aerogene-verspreiding-sars-cov-2-en-ventilatiesystemen-onderbouw](https://ici.rivm.nl/aerogene-verspreiding-sars-cov-2-en-ventilatiesystemen-onderbouw)
- RIVM. (2020b, Juli 28). *Ventilatie en COVID-19 - bijlage bij LCI-richtlijn COVID-19*. Opgehaald van [Ici.rivm.nl: https://ici.rivm.nl/ventilatie-en-covid-19](https://ici.rivm.nl/ventilatie-en-covid-19)
- RIVM. (2020b, 07 23). *Verspreiding COVID-19*. Opgehaald van [www.rivm.nl: https://www.rivm.nl/coronavirus-covid-19/verspreiding](https://www.rivm.nl/coronavirus-covid-19/verspreiding)
- Santarpia et al. (2020, Juni 3). *Aerosol and surface transmission potential of SARS-CoV-2*. Opgehaald van [https://www.medrxiv.org: https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.03.23.20039446v3](https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.03.23.20039446v3)
- Smitsair. (2017). *Meetrapport 5.1.5 5.1.5 Amsterdam*.
- Smitsair. (2019). *Meetrapport 5.1.5 5.1.5 Amsterdam*.
- Swinkels. (2020, Augustus 11). *COVID-19 Superspreading Events*. Opgehaald van [https://docs.google.com/: https://docs.google.com/spreadsheets/d/1c9jwMyT1lw2P0d6SDTno6nHLGMtpheO9xJyGHgdBoco/edit#gid=206521141](https://docs.google.com/spreadsheets/d/1c9jwMyT1lw2P0d6SDTno6nHLGMtpheO9xJyGHgdBoco/edit#gid=206521141)
- Wei, J., & Li, Y. (2016). Airborne spread of infectious agents in the indoor environment. *American Journal of Infection Control*, 102-108.
- Wells W.F. (1995). *Airborne contagion and air hygiene*. Cambridge, MA: Harvard University Press.



Bijlage 2 Toelichting aannames virusemissie

Zoals beschreven in paragraaf 4.1 is de 'virusemissie' (q) gebaseerd op onderzoek van Buonanno et al (Buonanno et al, 2020). Hieronder wordt kort beschreven welke methode Buonanno et al hiervoor heeft gebruikt en hoe bba daar vervolgens de uitgangspunten voor de virusemissie van af heeft geleid.

Buonanno et al heeft eerst bekeken binnen welke range waarden voor de virusemissie / quantaproductie zouden kunnen liggen op basis van:

- De gemeten druppel- / aerosolproductie van personen bij verschillende activiteiten.
- De gemeten SARS-CoV-2 concentratie in de mond van symptomatische en asymptomatische patiënten.
- Een conversiefactor (de verhouding tussen de hoeveelheid uitgedemd virus en de infectieuze dosis) tussen 0,01 en 0,1 op basis van de bekende conversiefactoren voor HCoV-229E en MHV-1.

Omdat er onzekerheid is rondom de exacte waarden van de bovenstaande invoerparameters heeft Buonanno et al een hele range aan berekeningen uitgevoerd met verschillende uitgangspunten voor de bovenstaande parameters. Volgens de Monte Carlo methode is aan de uitgangspunten voor de invoerparameters een waarschijnlijkheidkans gekoppeld: hoe extremer de uitgangspunten, des te onwaarschijnlijker dat dit in werkelijkheid de juiste uitgangspunten zijn. Dit resulteerde in de uitgangspunten voor de quantaproductie uit tabel B2.1.

Tabel B2.1. Quantaproductie bij verschillende activiteiten (Buonanno et al, 2020).

	Resting, oral breathing	Heavy activity, oral breathing	Light activity, speaking	Light activity, singing (or speaking loudly)
ER_q				
5 th percentile	2.5×10^{-2}	1.7×10^{-1}	3.4×10^{-1}	2.1×10^0
25 th percentile	1.2×10^{-1}	8.1×10^{-1}	1.6×10^0	1.0×10^1
50 th percentile	3.6×10^{-1}	2.4×10^0	4.9×10^0	3.1×10^1
75 th percentile	1.1×10^0	7.2×10^0	1.5×10^1	9.3×10^1
95 th percentile	5.2×10^0	3.0×10^1	7.1×10^1	4.5×10^2
99 th percentile	1.6×10^1	1.1×10^2	2.2×10^2	1.4×10^3
$\log_{10}(ER_q)$				
Average	-4.4×10^{-1}	3.9×10^{-1}	6.9×10^{-1}	1.5×10^0
Stand. dev	7.1×10^{-1}	7.1×10^{-1}	7.1×10^{-1}	7.1×10^{-1}

Ter vergelijking heeft Buonanno et al de berekende quantaproducties vervolgens retrospectief vergeleken met de clusters in Skagit Valley (Miller et al, 2020) en het restaurant in Guangzhou (Li et al, 2020). Voor de koorrepetitie in Skagit Valley kwam men op een quantaproductie van 341 quanta per uur dat overeen kwam met de 92^e percentielwaarde bij 'light activity, singing'. Bij het restaurant in Guangzhou kwam men op een quantaproductie van 61 quanta per uur wat overeen

Onderzoek risico COVID-19 aerosol overdracht

komt met de 93^e percentiel voor "light activity, speaking". Dit wijst erop dat de door Buonanno et al berekende quantaproductie realistisch is voor de situatie waarin er geïnfecteerde personen zijn die bovengemiddeld veel virus uitscheiden (zogenaamde super emitters / super spreaders).

Hierbij moet wel opgemerkt worden dat Buonanno et al bij het berekenen van de quantaproductie alle besmettingen toegerekend hebben aan de overdracht via de aerosolroute. Het is niet uit te sluiten dat een deel van de besmettingen (ook deels) via directe druppeloverdracht binnen 1,5m werd veroorzaakt. Hiermee wordt de werkelijke quantaproductie naar verwachting dus overschat. Besloten is om hier in het onderzoek van bba binnenmilieu niet voor te corrigeren om zo een conservatieve aanname te hebben voor de quantaproductie.

Virus in de binnenlucht wordt op 3 manieren 'verwijderd' uit de lucht: via ventilatie, via depositie en via inactivatie. Bij ventilatie wordt lucht met virus uit de ruimte gezogen en vervangen door schone buitenlucht zonder virus. Bij depositie slaan de virusdeeltjes na tijd x neer uit de lucht en daalt de virusconcentratie in de binnenlucht. Met inactivatie wordt bedoeld dat het virus naar verloop van tijd vanzelf afsterft en de virusconcentratie in de binnenlucht op die manier afneemt.

Buonanno et al hebben ervoor gekozen om bij het bepalen van de quantaproductie rekening te houden met depositie ($k=0,24$) en inactivatie ($\lambda=0,69$). De door Buonanno et al berekende quantaproductie is dus hoger omdat men (vervolgens) rekening houdt met depositie en afsterven van het virus in de lucht.

Wat ons betreft introduceert het gebruik depositie en inactivatie twee extra onzekerheidsvariabelen en kan de Wells-Riley berekening op dit moment, op basis van de beperkte informatie die beschikbaar is, beter gebruikt worden zonder deze parameters te betrekken in de berekening. Daarom zijn de waardes uit tabel B2.1 omgerekend naar de quantaproductie zonder te corrigeren voor depositie en verval. In het onderzoek van bba binnenmilieu worden deze gecorrigeerde, afgeronde waardes voor de quantaproductie gehanteerd. Merk op dat er in de resultaten van de Wells-Riley berekening van bba niets veranderd door deze correctie: of er een gecorrigeerde quantaproductie wordt gebruikt of dat achteraf apart wordt gecorrigeerd voor depositie en inactivatie levert hetzelfde resultaat op.

Op basis van de gecorrigeerde, afgeronde P95-waardes uit tabel B2.1 worden in dit rapport verder de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Stil zitten: 10 quanta per uur
- Stil zitten en praten: 25 quanta per uur
- Dansen en 25% van de tijd meezingen: 100 quanta per uur

