

VOORKOMEN VAN
VIRUSOVERDRACHT BIJ
HVAC-SYSTEMEN

BLK – Binnenluchtkwaliteit v2

BLK

Binnenluchtkwaliteit v2

Door de huidige pandemie is de aandacht voor de kwaliteit van de binnenlucht natuurlijk toegenomen. De kwaliteit van de binnenlucht is een combinatie van alle elementen van het ventilatiesysteem. Tot nu toe is er geen goed gedocumenteerde uitbraak van SARS-CoV-2 (Covid-19) geweest, die is terug te voeren op aërosoloverdracht via een centraal pulsie- en extractieventilatiesysteem.⁴

De verspreiding van infecties als gevolg van centrale mechanische toevoer- en afzuigventilatiesystemen is daarom zeer onwaarschijnlijk. Er zijn veel academische studies aan de gang om inzicht te krijgen in de overdracht van het virus via in de lucht zwevende deeltjes en het is logisch dat voorzorgsmaatregelen worden genomen om de mogelijke verspreiding van dergelijke deeltjes in ventilatiesystemen te beperken.

Deze voorzorgsmaatregelen zijn van invloed op alle onderdelen van het ventilatiesysteem en in ons document wordt getracht de beste praktijken uit te wisselen voor praktische maatregelen die kunnen worden genomen om het risico van overdracht tot een minimum te beperken.

Ventilatie is ook een zeer belangrijke manier om in de lucht overgedragen ziekteverwekkers te verdunnen en er zijn goede aanwijzingen dat aanwezigen meer risico lopen om een ziekte op te lopen in een slecht geventileerde ruimte dan in een goed geventileerde ruimte. Dit komt omdat in een slecht geventileerde ruimte de aanwezigen worden blootgesteld aan een hogere concentratie in de lucht zwevende ziekteverwekkers, en het risico zal toenemen naarmate zij langer in een dergelijke omgeving verblijven.¹⁹

RISICO = BLOOTSTELLING X TIJD

HET RISICO OP BESMETTING VIA DE LUCHT KAN DUS WORDEN VERMINDERD DOOR:

- Minder tijd in de ruimte door te brengen
- De concentratie van besmettelijk materiaal in de lucht verminderen
- Het risico van contactverspreiding te verminderen door regelmatig de handen te wassen, oppervlakken te reinigen en afzetting van besmettelijke deeltjes te beperken.

De ventilatiegraad en -efficiëntie spelen een rol bij zowel de blootstelling via de lucht als de depositiegraad.

Het risico van overdracht van SARS-CoV2 is afkomstig van asymptomatische of pre-symptomatische personen die in een gebouw verblijven zonder te weten dat zij virusdeeltjes uitscheiden.¹⁹

‘Met het oog op deze onzekerheid stellen wij dat de voordelen duidelijk zijn van een doeltreffend ventilatiesysteem, eventueel versterkt door deeltjesfiltratie en luchtdesinfectie, om bij te dragen tot een algemene vermindering van het infectierisico via de lucht.’¹⁶

Inhoud

INTRODUCTIE

- 2 Binnenluchtkwaliteit v2

ALGEMENE AANBEVELINGEN

- 4 Stappen om virusoverdracht via de lucht te voorkomen
- 5 Advies over de werking van HVAC-systemen

PRAKTISCHE TIPS

- 6 Praktische aanbevelingen voor de werking van gebouwentechiek

TOELICHTINGEN

- 24 Toelichting van onderzoekspapers waarin een verband wordt gelegd tussen ventilatie of airconditioning en virusoverdracht

BIBLIOGRAFIE

- 27 Bibliografie

Disclaimer

Dit document is gebaseerd op historisch en actueel wereldwijd academisch onderzoek, de huidige aanbevelingen van professionele ventilatie-organisaties en onze eigen kennis als een van 's werelds meest toonaangevende HVAC-fabrikanten.

In veel opzichten is de informatie over het coronavirus (Covid-19) beperkt of niet voorhanden.

In de afgelopen twee decennia zijn er drie uitbraken van coronavirusziekten geweest:

- SARS in 2002-2003 (SARS-CoV-1),
- MERS in 2012 (MERS-CoV),
- Covid-19 in 2019-2020 (SARS-CoV-2).

In dit document richten wij ons op het laatste aspect van de overdracht van SARS-CoV-2. Wanneer wordt verwezen naar de SARS-uitbraak in 2002/2003, zullen we de naam SARS-CoV-1 gebruiken. Voor aanbevelingen inzake beste praktijken is ook gebruik gemaakt van eerdere gegevens over influenza A. Naarmate meer academisch onderzoek wordt gepubliceerd en aanbevelingen van beroepsorganisaties worden herzien, zal dit document worden bijgewerkt. Dit is versie 2 van maart 2021.

FläktGroup sluit iedere aansprakelijkheid uit en is niet verantwoordelijk voor enige directe, indirecte, incidentiële schade of enige andere schade die zou voortvloeien uit of verband zou houden met het gebruik van de informatie die op deze pagina wordt gepresenteerd.

Stappen om virusoverdracht via de lucht te voorkomen

De beste beschikbare samenvatting is van het Europees Centrum voor ziektepreventie en -bestrijding in hun document "Heating, ventilation and air-conditioning systems in the context of COVID-19" 28, dat op 22 juni 2020 is gepubliceerd. Zij concluderen;

- De overdracht van COVID-19 vindt gewoonlijk plaats in gesloten binnenruimten.
- Er zijn momenteel geen aanwijzingen voor besmetting van de mens met SARS-CoV-2 door besmettelijke aerosolen die via de ventilatiekanalen van HVAC-installaties worden verspreid. Het risico wordt als zeer laag ingeschat.
- Goed onderhouden HVAC-systemen, waaronder airconditioningsystemen, filteren grote druppels die SARS-CoV-2 bevatten op een veilige manier. Het is mogelijk dat COVID-19-aerosolen (kleine druppeltjes en druppelkernen) zich via HVAC-systemen in een gebouw of voertuig en stand-alone airconditioningsystemen zich verspreiden als de lucht wordt gerecirculeerd.
- De luchtstroom die door airconditioninginstallaties wordt gegenereerd, kan de verspreiding van druppeltjes die door besmette personen worden uitgescheiden over grotere afstanden in binnenruimten vergemakkelijken.
- HVAC-systemen kunnen een aanvullende rol spelen bij het verminderen van de transmissie in binnenruimten door de snelheid van de luchtverversing te verhogen, de recirculatie van lucht te verminderen en het gebruik van buitenlucht te vergroten.

Gezien de bezorgdheid over luchtoverdracht, kunnen gebouwbeheerders, veiligheidsdeskundigen en anderen stappen ondernemen om de ventilatie en de luchtstroming binnenshuis te optimaliseren en de verspreiding van virussen te beperken. In eerste instantie zijn er een aantal low-tech strategieën die moeten worden toegepast om de overdracht van virussen via de lucht te voorkomen.⁵

BEST PRACTICE IS TO FOLLOW THE HIERARCHY DESCRIBED BY THE 'US CENTERS FOR DISEASE CONTROL'

Low-tech strategieën om de overdracht van virussen via de lucht te voorkomen werden toegepast in plaatsen die weer open zijn gegaan. Bedrijfsleiders, schoolfunctionarissen en anderen hebben al veel stappen ondernomen om hun gebouwen veiliger te maken.

Om de fysieke afstand te verkleinen, wordt in veel bedrijven nu vaak in ploegendiensten gewerkt en zijn maskers vaak verplicht.

ANDERE EENVOUDIGE MAATREGELEN DIE LUCHTOVERDRACHT KUNNEN VOORKOMEN, ZIJN ONDER ANDERE:

- Het meubilair herschikken om te voorkomen dat meerdere mensen in dezelfde luchtstroom "gang" zitten.
- Het openen van ramen in gebouwen met basis HVAC-systemen, die geen buitenlucht kunnen filteren of aanvoeren, om de uitwisseling van verse lucht te vergroten.
- Het sluiten van ramen in gebouwen met centrale HVAC-systemen, indien toegestaan, om temperatuurschommelingen binnen te beperken; als een ventilator zijn snelheid niet hoeft te verhogen vanwege een instroom van warme of koude lucht, zal de turbulentie laag blijven.
- Het ontwerpen van nieuwe zitopstellingen, zoals werknemers op een werkvloer rug aan rug laten werken in plaats van tegenover elkaar.
- Het aantal mensen in een ruimte beperken.
- Vervanging van handdrogers door papieren handdoekjes om de luchturbulentie te verminderen.

**MEEST
DOELTREFFEND**

MINST
DOELTREFFEND



ELIMINATIE Om het pathogeen fysiek te verwijderen

TECHNIEK Om mensen van het pathogeen te scheiden

INFORMATIE Om mensen instructies te geven

PPE Gebruik van maskers, handschoenen enz.

Advies over de werking van HVAC-systemen

Het Europees Centrum voor ziektepreventie en -bestrijding geeft specifiek advies voor de werking van verwarmings-, ventilatie- en airconditioningsystemen (HVAC).

Gebouwbeheerders moeten HVAC-systemen onderhouden volgens de geldende instructies van de fabrikant, met name wat betreft het schoonmaken en vervangen van filters. Er is geen voordeel of behoefte aan extra onderhoudscycli in verband met COVID-19.

Energiebesparende instellingen, zoals vraaggestuurde ventilatie geregeld door een timer of CO2-detectoren, moeten worden vermeden. Er moet worden overwogen de bedrijfstijden van HVAC-installaties voor en na de normale periode te verlengen.

De directe luchtstroom moet worden weggeleid van groepen personen om verspreiding van pathogenen door geïnfecteerde personen en overdracht te voorkomen.

Organisatoren en beheerders die verantwoordelijk zijn voor bijeenkomsten en instellingen voor kritieke infrastructuur dienen met de hulp van hun technische/onderhoudsteams na te gaan hoe zij het gebruik van luchtrecirculatie zoveel mogelijk kunnen vermijden. Zij moeten overwegen hun procedures voor het gebruik van recirculatie in HVAC-systemen te herzien op basis van door de fabrikant verstrekte informatie of, indien die niet beschikbaar is, advies in te winnen bij de fabrikant.

Het minimum aantal luchtwisselingen per uur, in overeenstemming met de toepasselijke bouwvoorschriften, moet te allen tijde worden gewaarborgd. Een verhoging van het aantal luchtwisselingen per uur zal het risico van overdracht in gesloten ruimten verminderen. Dit kan worden bereikt door natuurlijke of mechanische ventilatie, afhankelijk van de omgeving.

De toepassing van deze richtlijnen dient in overeenstemming te zijn met de nationale en plaatselijke voorschriften (b.v. bouwvoorschriften, gezondheids- en veiligheidsvoorschriften) en in overeenstemming zijn met de plaatselijke omstandigheden.

VOOR DE WERKING VAN GEBOUWENTECHNIEK, HEEFT REHVA OOK EEN OVERZICHT GEMAAKT VAN PRAKTISCHE MAATREGELEN DIE KUNNEN WORDEN GENOMEN.¹

1. Zorg voor ventilatie van ruimten met buitenlucht
2. Schakel de ventilatie minimaal 2 uur voor de begintijd in op de nominale snelheid en schakel 2 uur na de werkingstijd over op de lagere snelheid
3. Schakel 's nachts en in het weekend de ventilatie niet uit, maar laat systemen op lagere snelheid draaien
4. Zorg voor regelmatige verluchting met ramen (zelfs in mechanisch geventileerde gebouwen)
5. Houd de toiletventilatie 24/7 in werking
6. Vermijd open ramen in toiletten om te zorgen voor de juiste richting van ventilatie
7. Vraag de aanwezigen in het gebouw om de toiletten met gesloten deksel door te spoelen
8. Schakel luchtbehandelingskasten met recirculatie op 100% buitenlucht
9. Inspecteer de warmteterugwinningsapparatuur om er zeker van te zijn dat lekkages onder controle zijn
10. Schakel ventiloconvectoren uit of laat ze zo werken dat de ventilatoren continu aan staan
11. Verander de verwarmings-, koelings- en eventuele bevochtigingsinstelpunten niet
12. Plan geen kanaalreiniging voor deze periode
13. Vervang de centrale buitenlucht- en afvoerluchtfilters zoals gewoonlijk, volgens het onderhoudsschema
14. Regelmatige vervanging van filters en onderhoudswerkzaamheden moeten worden uitgevoerd met de gebruikelijke beschermende maatregelen, inclusief ademhalingsbescherming

FläktGroup heeft een reeks oplossingen voor toiletventilatie (punt 5) en kan in diverse landen een servicebezoek aanbieden om aan de eisen van de punten 8, 9, 13 en 14 te voldoen. Specifieke details voor deze punten zijn verder weergegeven.



PRAKTISCHE AANBEVELINGEN VOOR DE EXPLOITATIE VAN GEBOUWDIENSTEN

De REHVA heeft meer gedetailleerd advies gegeven over praktische aanbevelingen voor de exploitatie van gebouwdiensten.¹ Wij hebben waar nodig aanvullende aanbevelingen aan de inhoud van de REHVA toegevoegd. Niet alle professionele instanties van de afzonderlijke landen zijn het eens met alle aspecten van het advies van de REHVA. Wij hebben deze verschillen hieronder aangegeven. Waar de nationale professionele organisaties op één lijn zitten, hebben wij deze overeenstemming aangegeven door het gebruik van de passende vlag.



Hoeveelheid pulsie- en extractielucht verhogen



In gebouwen met mechanische ventilatiesystemen worden langere bedrijfstijden aanbevolen. Wijzig de tijdsinstellingen van de systeemtimers zodat de ventilatie op nominale snelheid start ten minste 2 uur voor de gebruikstijd van het gebouw en schakel over op lagere snelheid 2 uur na de gebruikstijd van het gebouw.

In vraaggestuurde ventilatiesystemen wijzigt u het instelpunt voor CO₂ tot 400 ppm. Dit getal is de CO₂-concentratie in de verse lucht en zorgt ervoor dat de LBK op een optimale snelheid werken.

Houd de ventilatie 24 uur per dag, 7 dagen per week aan, met verlaagde (maar niet uitgeschakelde) ventilatiesnelheden wanneer mensen afwezig zijn. In gebouwen die als gevolg van de pandemie zijn ontruimd (sommige kantoren of onderwijsgebouwen), wordt niet aanbevolen de ventilatie uit te schakelen, maar continu op een lager toerental te laten draaien. Rekening houdend met een lente met kleine verwarmings- en koelingsbehoeften, hebben de bovenstaande aanbevelingen beperkte energienadelen, terwijl zij helpen om virusdeeltjes uit het gebouw te verwijderen en vrijgekomen virusdeeltjes van oppervlakken te verwijderen.

Het algemene advies is om zoveel buitenlucht toe te voeren als redelijkerwijs mogelijk is. Het belangrijkste aspect is de hoeveelheid toegevoerde verse lucht per persoon. Als door aangepaste werkbenutting het aantal werknemers vermindert, concentreer dan de overblijvende werknemers niet in kleinere ruimten, maar handhaaf of vergroot de sociale afstand (min. fysieke afstand 2-3 m tussen personen) tussen hen onderling om de ventilatiereinigende werking te bevorderen.

Voorzichtigheid is geboden in ruimten die onder overdruk staan, aangezien virusdeeltjes uit ruimten naar andere ruimten, zoals gangen, kunnen worden geblazen.

Momenteel is nog niet bekend met welk ventilatiedebiet het infectierisico veilig kan worden verminderd. In ieder geval moeten de bestaande normen worden gevolgd. Bestaande normen in niet-residentiële gebouwen adviseren 10 L/s per persoon, wat overeenkomt met ten minste 2 ach (luchtwisselingen) per uur.

REHVA stelt: "In ziekenhuizen met een uitstekend ventilatieniveau van 12 ACH is aërosoloverdracht meestal uitgesloten, maar in slecht geventileerde ruimten kan deze dominant zijn."¹

Gebouwen waarvan het ventilatiedebiet is vastgesteld door ACH moeten worden gecontroleerd om er zeker van te zijn dat het ventilatiedebiet ten minste 10 L/s bedraagt op basis van de bezetting.

Het is bekend welke ventilatiedebieten te laag zijn. Onderzoeksdocumenten over zogenaamde superspreading events laten zien dat infecties in verband zijn gebracht met zeer lage ventilatiedebieten van ongeveer 1 L/s per persoon.

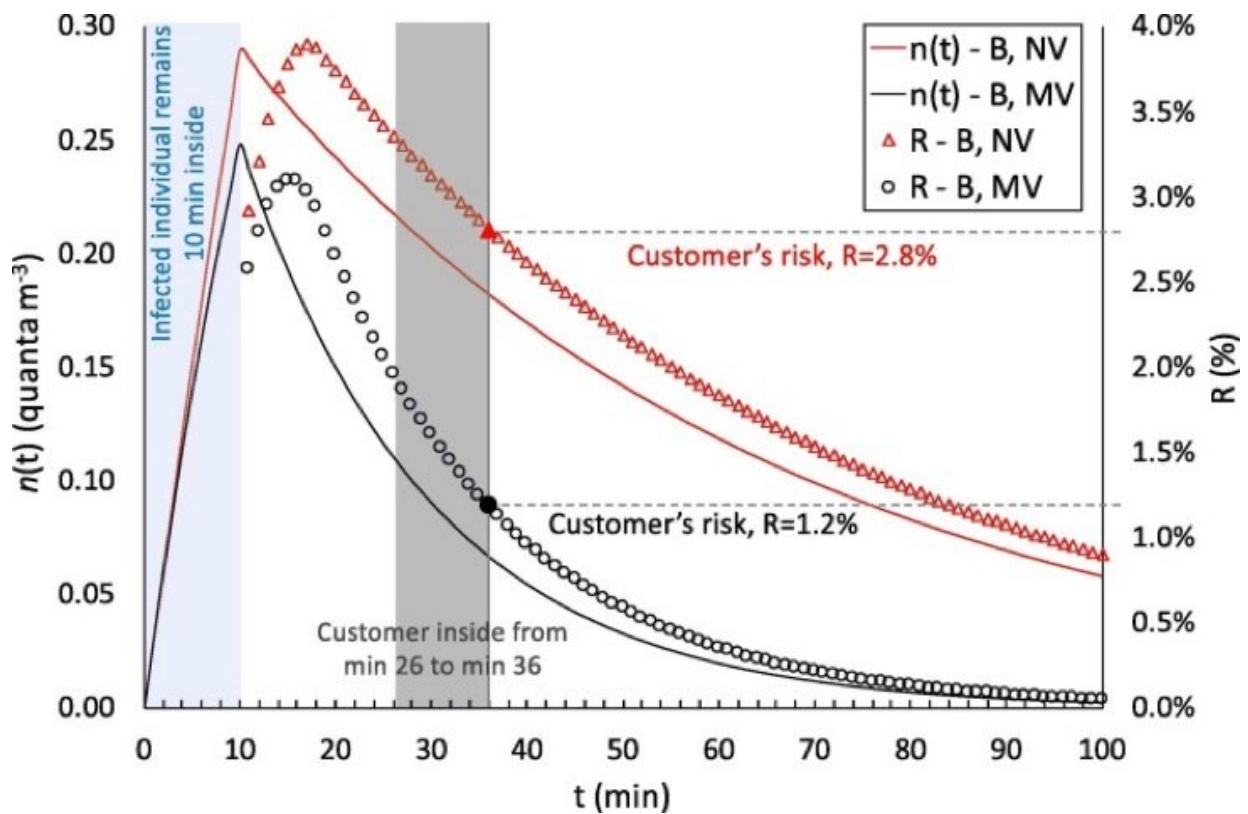
Er moet worden onderzocht of een ventilatiedebiet van 10 L/s per persoon voldoende is of dat deze waarde moet worden verhoogd tot bijvoorbeeld 20-25 L/s per persoon - deze informatie is momenteel niet beschikbaar voor Covid-19.

MECHANISCHE VENTILATIE T.O.V. NATUURLIJKE VENTILATIE

In een in augustus 2020 gepubliceerd artikel "Quantitative assessment of the risk of airborne transmission of SARS-CoV-2 infection: Prospective and retrospective applications".³⁶ tracht men een methode te presenteren voor de beoordeling van het risico van een individuele infectie van een persoon die in een binnenmilieu is blootgesteld aan de aanwezigheid van een asymptomatisch besmet SARS-CoV-2 subject. Dezelfde auteurs publiceerden ook "Estimation of airborne viral emission Quanta emission rate of Covid for infection risk assessment".³⁷

De papers zijn zeer technisch, maar kunnen worden gebruikt om de relatieve risico's aan te tonen tussen mechanisch en natuurlijk geventileerde gebouwen.

De onderstaande figuur (referentie 37) toont het relatieve risico van een persoon die een apotheek binnengaat na de binnenkomst van een besmette persoon (eerste 10 minuten) en het risico van een klant die het gebouw binnengaat (bij minuut 26) en 10 minuten binnen blijft.

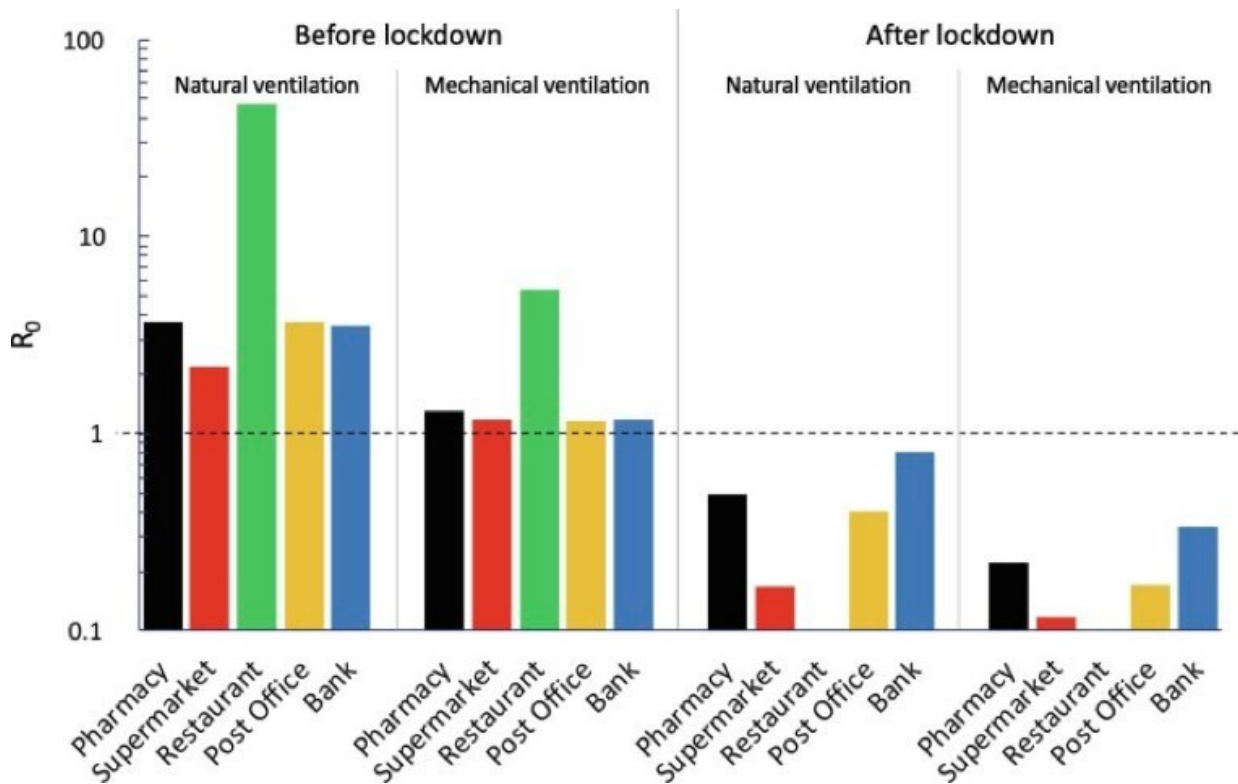


— $n(t) - B, NV$ staat voor het infectierisico als het gebouw natuurlijk werd geventileerd

— $n(t) - B, MV$ staat voor het infectierisico indien het gebouw mechanisch werd geventileerd

Het is duidelijk dat in dit scenario het risico in het natuurlijk geventileerde gebouw (2,8%) meer dan twee keer zo groot is als in het mechanisch geventileerde gebouw (1,2%).

Dezelfde analyse voor andere gebouwen toont aan dat er in alle gevallen minder risico is in een mechanisch geventileerd gebouw. Zie onderstaande figuur (referentie 37)



Gebruik meer raamventilatie



Algemeen wordt aanbevolen om uit de buurt te blijven van drukke en slecht geventileerde ruimten. In gebouwen zonder mechanische ventilatiesystemen of in ruimten die worden geklimatiseerd door split units zonder een aansluiting voor verse lucht, wordt aanbevolen de ramen te openen, zelfs als dit het thermisch comfort vermindert.

In deze omstandigheden is raamventilatie de enige manier om de luchtverversing te verbeteren.

Zet de ramen minstens 15 minuten voordat u de kamer binnengaat (vooral als de kamer al eerder door anderen was bezet). In gebouwen met mechanische ventilatie kan de ventilatie nog verder worden opgevoerd door het raam te openen.

Als ruimten worden geklimatiseerd met split-units en geen aansluiting voor frisse lucht of open raam hebben, wordt aanbevolen de unit uit te schakelen.

Bevochtiging



Het is al lang bekend dat er een verband bestaat tussen de mate van besmetting met influenza A en de relatieve vochtigheid binnenshuis.

Het Europees Centrum voor ziektepreventie en -bestrijding heeft verklaard dat uit studies blijkt dat SARS-CoV-2-deeltjes besmettelijk kunnen blijven op verschillende materialen en in aërosolen binnenshuis, waarbij de duur van de besmettelijkheid afhangt van de temperatuur en de vochtigheidsgraad.²⁷

In 2007 werd in een gepubliceerde studie "Influenza Virus Transmission Is Dependent on Relative Humidity and Temperature",⁷ geconcludeerd dat "de meest recente van deze rapporten aantoonde dat de virale stabiliteit maximaal is bij een lage relatieve vochtigheid (RH) (20%-40%), minimaal bij een gemiddelde RH (50%), en hoog bij een hoge RH (60%-80%)". In deze context is stabiliteit het vermogen van het virusdeeltje om een mens te infecteren.

Dit resultaat wordt hier in grafiekvorm weergegeven.

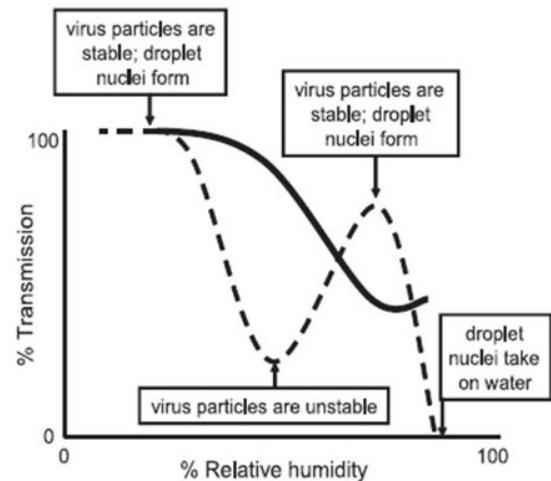


Figure 6. Variation of Transmission Efficiency with Relative Humidity: A Model

— De ononderbroken lijn is voor een binnentemperatuur van 20°
 - - - De stippellijn is voor een binnentemperatuur van 5°C

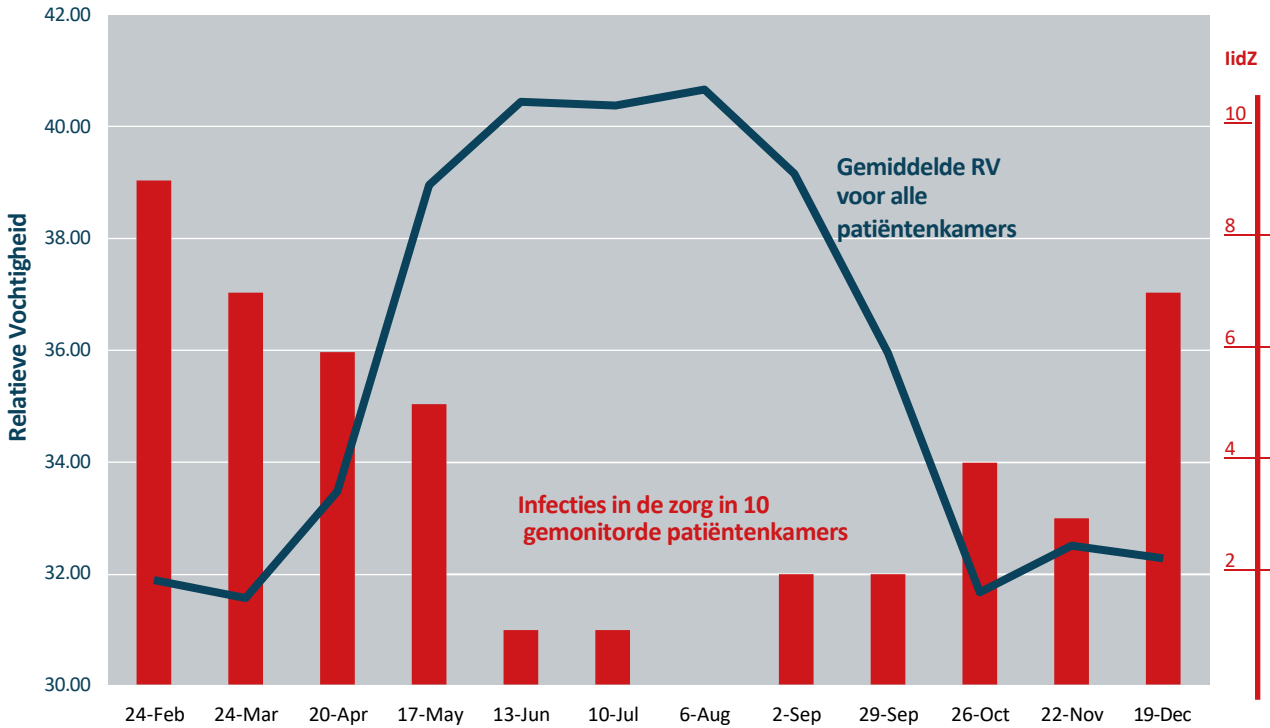
Hoge luchtvochtigheid leidt tot verlies van infectieus influenza-virus bij gesimuleerde hoest⁸ gepubliceerd in 2013.

"Bij een relatieve luchtvochtigheid tussen 20 en 35 % is het risico om met een influenza A-virus te worden besmet ongeveer drie keer zo groot als bij 50 %." Dit is gedeeltelijk te wijten aan de tijdsperiode waarin virusdeeltjes hun besmettelijkheid behouden. "De studie toonde aan dat een uur na het hoesten ~5 keer meer virus besmettelijk blijft bij een relatieve luchtvochtigheid van 7-23% dan bij een relatieve luchtvochtigheid van >43%."

'Het verband tussen vochtigheid en de levensvatbaarheid van influenza A in druppeltjes en gevolgen voor de seizoensgebondenheid van influenza'⁹ gepubliceerd in 2012.

"De minimale levensvatbaarheid deed zich voor tussen 40-70% RV, wij vonden minimale levensvatbaarheid bij 50%."

'Daling van temperatuur en vochtigheid verhoogt het optreden van griep in een koud klimaat '¹⁰ gepubliceerd in 2014. **"Volgens deze resultaten zou een daling van de temperatuur met 1°C en een daling van de absolute vochtigheid met 0,5 g per m³ het geschatte risico met 11% verhogen"**



Deze grafiek is ontleend aan "Bacteriële kolonisatie en opvolging in een pas geopend ziekenhuis" ¹¹ lidZ (rechtse schaal) staat voor infecties in de zorg (ziekenhuis).

Effecten van temperatuur, vochtigheid en dagtemperatuurbereik op de incidentie van influenza in een gematigd gebied ¹² gepubliceerd in 2019.

"Het risico van influenza-incidentie was significant verhoogd bij lage dagtemperaturen van 0-5°C en lage (30%-40%) of hoge (70%) relatieve vochtigheid"

ASHRAE's technisch handboek, in het hoofdstuk over luchtbevochtigers, komt overeen met het onderzoek.13

PREVENTIE EN BEHANDELING VAN ZIEKTEN

De relatieve vochtigheid heeft een belangrijk effect op de bestrijding van infecties via de lucht. Bij 50% rh is de sterfte van bepaalde organismen het hoogst en verliest het influenzavirus veel van zijn virulentie. De sterfte van deze organismen neemt zowel boven als onder deze waarde af. De onderstaande grafiek is afkomstig uit het ASHRAE handboek.

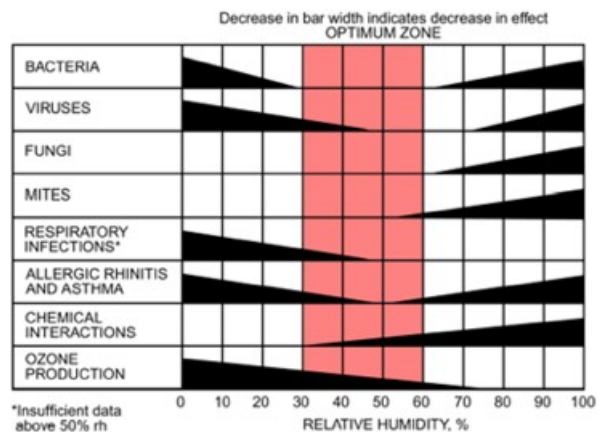
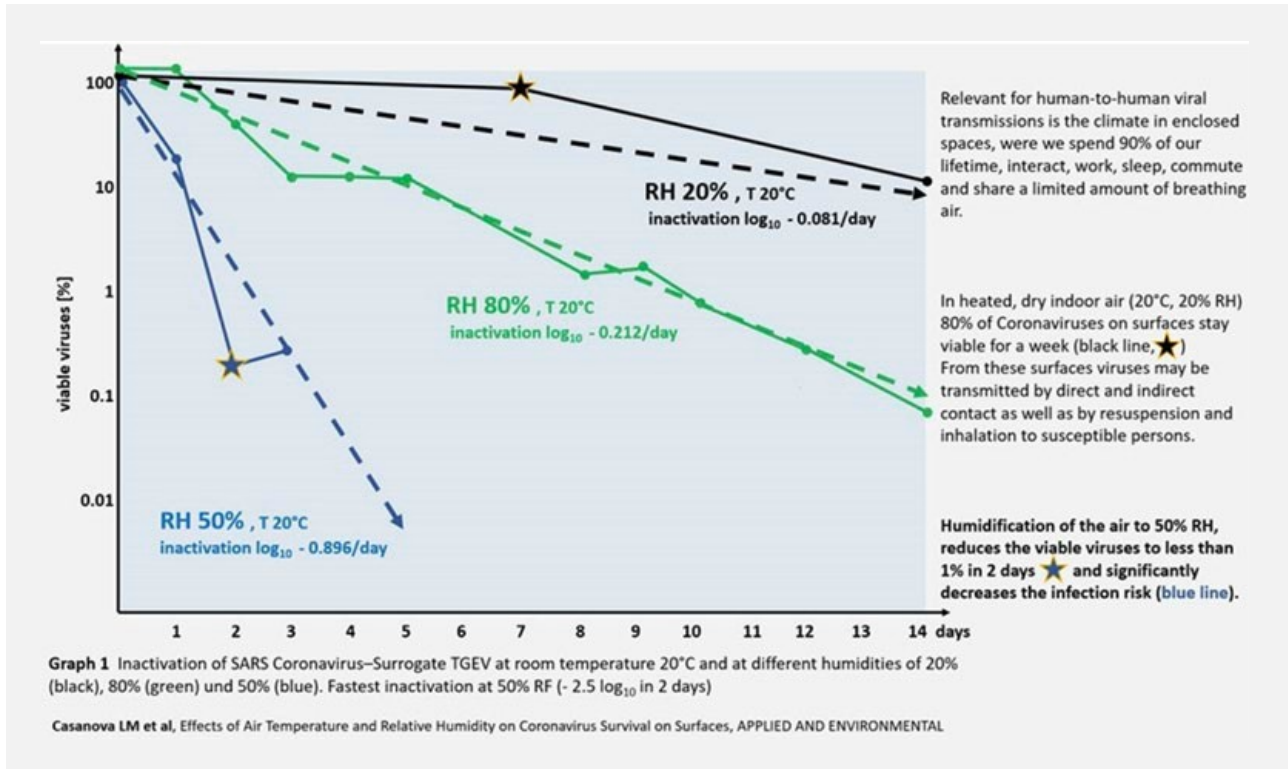


Fig. 1 Optimum Humidity Range for Human Comfort and Health (Adapted from Sterling et al. 1985)

Een studie na de SARS-CoV-1-uitbraak "Effecten van luchttemperatuur en relatieve vochtigheid op de overleving van het Coronavirus op oppervlakken"¹⁴ Gepubliceerd in 2010.

"Het verband tussen inactivering en relatieve vochtigheid (RV) was niet monotoon, en er was een grotere overleving of een groter beschermend effect bij lage RV (20%) en hoge RV (80%) dan bij matige RV (50%)." Dit resultaat wordt hieronder getoond.



De eerste studie over het effect van vochtigheid op Covid-19 'High Temperature and High Humidity Reduce the Transmission of COVID 19'¹⁵, gepubliceerd op 9 maart 2020 concludeert dat het Covid-19 virus op een vergelijkbare manier reageert. "We vinden, onder een lineair regressiekader voor 100 Chinese steden, hoge temperatuur en hoge relatieve vochtigheid de transmissie van COVID-19 significant verminderen."

Maandelijks worden nieuwe studies gepubliceerd. In april 2020 staat in een publicatie '2019 Novel Coronavirus (COVID 19) Pandemic Built Environment Considerations To Reduce Transmission'²⁸: "Op basis van gegevens met betrekking tot SARS en MERS voorspellen we dat de levensvatbaarheid van SARS-CoV-2 in aerosol waarschijnlijk langer is bij lagere relatieve luchtvochtigheidsniveaus." En verder: "Uit eerder onderzoek is gebleken dat bij typische binnentemperaturen een relatieve vochtigheid (RH) van meer dan 40% schadelijk is voor de overleving van veel virussen, waaronder CoV's in het algemeen."

In een recente studie "A psychrometric model to predict the biological decay of the SARS-CoV-2 virus in aerosols" (Een psychrometrisch model om het biologisch verval van het SARS-CoV-2-virus in aerosolen te voorspellen) ³⁰ wordt "een psychrometrisch model voorgesteld om de biologische afnamesnelheid van het virus in aerosolen te voorspellen. Hieruit bleek dat het mogelijk is om met een hoge mate van nauwkeurigheid de biologische vervalconstante voor SARS-CoV-2 te voorspellen met behulp van een regressiemodel met enthalpie, dampdruk en specifiek volume als voorspellers."

De conclusie luidt dat "[de] overleving van het SARS-CoV-2-virus in aerosolen omgekeerd evenredig is met zowel de luchttemperatuur als de dampspanning, waarbij de overleving sterk toeneemt tijdens de wintermaanden wanneer de lucht koeler en droger is". Uit het ontwikkelde model blijkt dat "de gemiddelde halveringstijd van het virus in aerosolen (in Londen) in maart, toen de uitbraak in een stroomversnelling raakte, 13-21 keer zo lang was als in augustus, toen de uitbraak zijn dieptepunt bereikte". Dit resultaat wordt door het model weerspiegeld voor alle klimaten, bijvoorbeeld "in Milaan in maart 2020 (toen de Italiaanse COVID-19-epidemie begon te versnellen) was de voorspelde gemiddelde halfwaardetijd van het virus 517 minuten, terwijl in juli en augustus (toen de Italiaanse epidemie haar dieptepunt bereikte) de gemiddelde halfwaardetijd slechts 26 minuten was".

Conclusie: De relatieve vochtigheid binnenshuis is een belangrijke factor bij het verminderen van de levensvatbaarheid van virusdeeltjes in de gebouwde omgeving en bij het verhogen van de weerstand van de mens tegen het oplopen van virusziekten.

De optimale relatieve vochtigheid binnenshuis is 50%, maar het handhaven van de vochtigheidsgraad binnenshuis, bij normale binnentemperaturen, tussen 40% en 60% heeft een positief effect op het verminderen van de levensvatbaarheid van virusdeeltjes en op het verhogen van de weerstand tegen infectie.

Er zij op gewezen dat het advies van de REHVA in strijd is met het bovenstaande. Het advies van de REHVA lijkt echter vooral betrekking te hebben, toen hun publicatie werd geschreven, op lenteomstandigheden. Een lage relatieve vochtigheid in de winter zal kritischer zijn.

Bovendien verwijst REHVA alleen naar de relatieve vochtigheid. Er is onderzoek dat erop wijst dat enthalpie (of absolute vochtigheid) en niet de relatieve vochtigheid de belangrijke factor is. 18 In die context zou het verlagen van de binnentemperatuur om de relatieve vochtigheid te verhogen niet moeten worden geadviseerd.

FLÄKTGROUP- AANBOD

FläktGroup kan een verscheidenheid aan oplossingen bieden die ertoe bijdragen de relatieve vochtigheid binnenshuis binnen de doelzone te houden.

Van de drie typen warmteterugwinningsapparaten (d.w.z. platenwisselaars, glycolbatterijen en warmtewielen) kunnen alleen thermische wielen vocht terugwinnen.

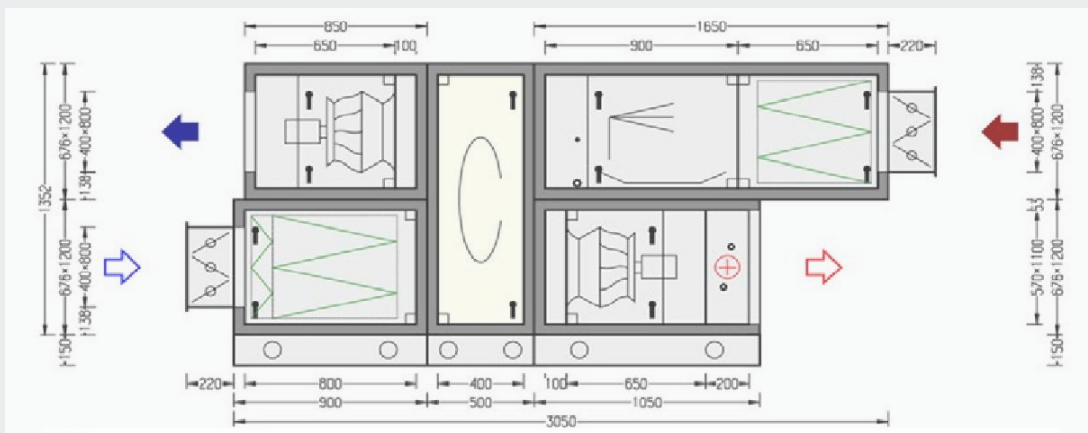
Er zijn drie vormen van warmtewielen;

- Voelbare warmteterugwinning alleen wanneer er geen vochtoverdracht is en dus geen voordeel bij het op peil houden van de luchtvochtigheid binnenshuis.
- Hygroscopische wielen die ongeveer 50% van het vocht kunnen recupereren.
- Adsorptiewielen die tot 75% van het vocht kunnen recupereren.

FläktGroup biedt adsorptiewielen aan en zijn daarom de beste in het handhaven van de luchtvochtigheid binnenshuis.

Als er onvoldoende vocht wordt gegenereerd in een gebouw, dan is actieve bevochtiging vereist. Traditionele luchtbevochtigers zijn duur in gebruik en zijn de laatste jaren minder gangbaar geworden. FläktGroup kan traditionele luchtbevochtigers leveren.

Een alternatieve, goedkope oplossing zijn adiabatische luchtbevochtigers gemonteerd in het afvoerkanaal van een luchtbehandelingskast en gekoppeld aan een adsorptiewiel. Dit is een standaard oplossing van FläktGroup. In het onderstaande voorbeeld is het mogelijk om de luchtvochtigheid binnenshuis op 50% te houden bij een buitentemperatuur van -10°C



Product		Winter calculation		
Product code	Function	Flow [m³/sec]	Temp [°C]	Humidity [% relative]
Supply inlet			-10	90
	Connection section	1.01	-10	90
	Filter	1.01	-10	90
	Heat exchanger	1.01	-10	90
	Plenum fan	0.97	11.6	87.4
	Air heater	0.97	12.2	83.8
Supply outlet		1	21	47.8

Veilig gebruik van recuperatiesecties



Onder bepaalde omstandigheden kunnen virusdeeltjes in de afgevoerde lucht opnieuw in het gebouw circuleren. Inrichtingen voor warmteterugwinning kunnen (maar er is geen bewijs voor virusdragende deeltjes vanaf 0,1 micron) aan deeltjes vastzittende virusdeeltjes van de afvoerluchtzijde via lekken overbrengen naar de toevoerluchtzijde. Omdat de leksnelheid niet afhankelijk is van de rotatiesnelheid van het wiel, moeten wielen niet worden uitgeschakeld. Door de wielen normaal te laten draaien, kan het ventilatiedebiet hoger worden gehouden. Het is bekend dat de carry-over lekkage het grootst is bij een laag luchtdebiet, zodat een hoger ventilatiedebiet wordt aanbevolen.

Regeneratieve lucht/lucht-warmtewisselaars (d.w.z. warmtewielen, ook wel enthalpiewielen genoemd) kunnen gevoelig zijn voor aanzienlijke lekkages in geval van slecht ontwerp en onderhoud. De lekkage bij platenwarmtewisselaars ligt in de orde van 1-2%. Bij goed werkende warmtewielen, voorzien van ontluhtingssecties en correct ingesteld, is de lekkage van mogelijk met ziekteverwekkers besmette lucht uit de afzuiglucht naar de toevoerluchtstroom doorgaans zeer gering en in de praktijk te verwaarlozen en kan deze zelfs 0% bedragen.

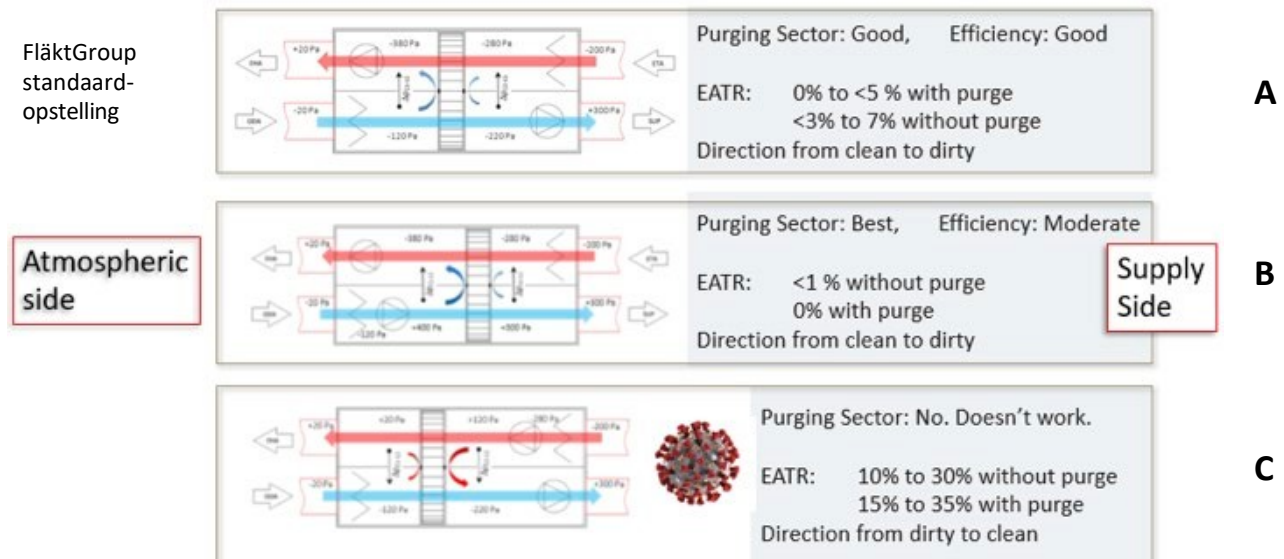
Alle in Zweden gefabriceerde FläktGroup LBK met roteren worden altijd geleverd met een purge sector. FläktGroup luchtgroepen die in Duitsland worden gefabriceerd kunnen worden voorzien van spoelzone. Wij adviseren om in de toekomst alle units hiermee te leveren. Het kan voorkomen dat eerder geleverde units niet zijn voorzien van een purge-sector. Een extra veiligheidsmaatregel is om de borstelaafdichtingen van de rotor te controleren en indien nodig te vervangen.

Veel warmtewielen zijn echter niet goed geïnstalleerd. De meest voorkomende fout is dat de ventilatoren zo zijn gemonteerd dat er een hogere druk aan de afvoerluchtzijde ontstaat. Hierdoor ontstaat lekkage van afvoerlucht naar de toevoerlucht. De mate van ongecontroleerde overdracht van verontreinigde afvoerlucht kan in deze gevallen oplopen tot 35%, hetgeen niet aanvaardbaar is.

De lekkage van afvoerlucht naar toevoerluchtstromen staat bekend als de "Exhaust Air Transfer Ratio" (EATR). EN 16798-3:2018 bevat de definitie voor de berekening van de EATR. Als het warmtewiel een spoelzone heeft en de juiste interne drukbalans, dan is de EATR 0%. Dat wil zeggen dat er geen overdracht is van afvoerlucht naar toevoerlucht.

REHVA heeft een specifieke gids gepubliceerd: "REHVA COVID-19 specific guidance document- Limiting air leakages across the rotary heat exchanger".²

REHVA verwijst naar de onlangs gepubliceerde Eurovent-richtlijnen "Eurovent REC 6-15 - Air leakages in Air Handling Units- First Edition – 2020"¹⁷. In dit document worden alle lekkagewaarden in verband met de 4 verschillende mogelijke ventilatorconfiguraties gedetailleerd en hieronder wordt een samenvatting van deze gegevens gegeven.



A is de standaardconfiguratie geleverd door FläktGroup en zeer laag risico

B is een beschikbare configuratie van FläktGroup en zeer laag risico

C kan leiden tot zeer hoge recirculatie en moet worden uitgeschakeld of als een systeem met alleen extractie worden gebruikt

Om een lekkage te elimineren is het van cruciaal belang de juiste verhouding in te stellen tussen de toevoer- en de afvoerdruk aan de systeemzijde. De uitlaatdruk moet lager zijn dan de toevoerdruk, idealiter min. 20 Pa.

Afhankelijk van de configuratie van de ventilatoren, kan dit als volgt worden geregeld.

Beide ventilatoren na het warmtewiel (A):

de afgevoerde lucht zodanig onder druk te brengen dat Δ tussen de af- en toevoer -20 Pa bedraagt. Indien de regelklep in een LBK niet aanwezig is, moet deze in het kanaal worden ingebouwd.

Beide ventilatoren aan de buitenzijde (B):

Er moet niet geregeld worden in dit geval.

Beide ventilatoren aan de gebouwszijde (C):

Er kan niet geregeld worden in dit geval.

Indien lekkages in de warmteterugwinningsecties worden vermoed, kan aanpassing van de druk of bypassing (sommige systemen kunnen met bypass zijn uitgerust) een optie zijn om een situatie te vermijden waarbij een hogere druk aan de afvoerkant lucht lekkages naar de aanvoerkant veroorzaakt. Drukverschillen kunnen worden gecorrigeerd met kleppen of met andere redelijke voorzieningen.

Tot slot bevelen wij een inspectie van de warmteterugwinningseenheid aan, met inbegrip van de drukverschilmeting. Onderhoudspersoneel moet de standaardveiligheidsprocedures volgen, waaronder het dragen van handschoenen en ademhalingsbescherming.

Overdracht van virusdeeltjes is geen probleem wanneer een HVAC-systeem is uitgerust met een glycolbatterijsysteem dat 100% luchtscheiding garandeert tussen uitlaat- en toevoerszijde.

FLÄKTGROUP- AANBOD

De eQ Master-reeks van FläktGroup biedt al enkele jaren drukregeling over het wiel als een selecteerbare optie. Dit is alleen beschikbaar wanneer de unit wordt geleverd met geïntegreerde regeling. Voor eQ Prime is drukregeling beschikbaar via instelbare diffusorplaten. Voor CAIRplus is drukregeling nu ook beschikbaar indien het toestel voorzien is van FläktGroup ISYteq-regeling en deze optie werd voorzien.

De lekkage bij het wiel van de afvoerlucht naar de toevoerlucht wordt geminimaliseerd door het drukverschil tussen de afvoerlucht en de toevoerlucht te meten en te regelen op een laag maar negatief instelpunt.

Standaard is het instelpunt -10 Pa.


Om dit te bereiken is de extractieluchtklep uitgerust met een modulerende servomotor (0-10VDC), die wordt gesloten om de druk te verlagen en geopend om de druk te verhogen.

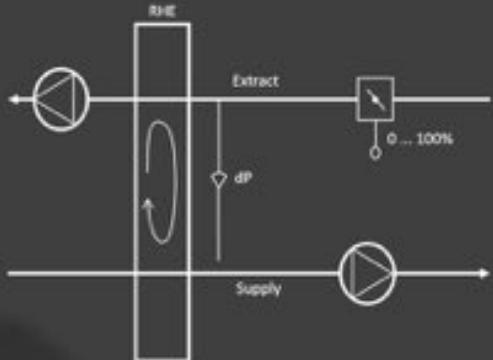
Opmerking: de softwarefunctie in de Climatix-regelaar (voor eQ-Master units) kan ook een modulerende klep in de buitenlucht regelen. Dit deel van de functie wordt gebruikt voor actief mengen om de mengstroom te creëren.


FläktGroup AHU & Rotary Heat Exchanger

with Automatic Pressure Balancing

ELIMINATE RECIRCULATION OF AIRBOURNE PARTICLES







Recirculatie LBK



Virusdeeltjes in retourkanalen kunnen ook opnieuw een gebouw binnenkomen wanneer gecentraliseerde luchtbehandelingskasten zijn uitgerust met recirculatiesectoren. Er wordt aanbevolen centrale recirculatie te vermijden tijdens SARS-CoV-2-episodes: sluit de recirculatiekleppen (via het gebouwenbeheersysteem of manueel). Als dit leidt tot problemen met de koel- of verwarmingscapaciteit, moet dit worden aanvaard omdat het belangrijker is besmetting te voorkomen en de volksgezondheid te beschermen dan thermisch comfort te garanderen.

Afvoerluchtfilters in LBK's met recirculatiesecties zijn waarschijnlijk niet van voldoende kwaliteit om virusdeeltjes af te vangen. De aanwezigheid van extractiefilters mag geen reden zijn om de recirculatiekleppen open te houden tenzij ze van HEPA klasse H13 of beter zijn.

Recirculatiesecties kunnen buiten de bedrijfstijden helpen om de temperatuur en vochtigheid optimaal te houden, maar moeten worden uitgeschakeld zodra een gebouw wordt betrokken.

Dit moet alleen worden overwogen in situaties waar de recirculatie is uitgeschakeld door het GBS-systeem.

Om deeltjes en virussen volledig uit de afvoerlucht te verwijderen, zouden HEPA-filters nodig zijn. Echter, vanwege een hogere drukval en speciaal vereiste filterframes, zijn HEPA-filters meestal niet gemakkelijk te installeren in bestaande systemen. Als alternatief kan gebruik worden gemaakt van kanaalinstallatie van desinfectieapparatuur, zoals ultraviolette kiemdodende bestraling (*UVGI*) ook wel kiemdodend ultraviolet (*GUV*) genoemd.

Het is van essentieel belang dat deze apparatuur correct wordt gedimensioneerd en geïnstalleerd. REHVA werkt momenteel aan advies over de dimensionering en installatie van UV-C-systemen.

UV-C toepassing (kanaalinbouw) in airconditioningsystemen en ventilatiekanalen kan ook een praktische benadering zijn voor het ontsmetten van besmette afvoerkanalen of in gevallen waarin het niet mogelijk is de recirculatie van ventilatiestromen te stoppen.¹⁶

Deze systemen bieden weinig bescherming tegen de overdracht van mens op mens binnen de leefzone, maar hebben wel een voordeel wanneer centrale toevoer- en afvoerluchtbehandelingskasten de lucht uit de ruimte of het gebouw recirculeren.

Het Amerikaanse Centers for Disease Control heeft zowel systemen in vals plafond als kanaalsystemen goedgekeurd voor gebruik bij de beheersing van tuberculoseoverdracht, als aanvulling op HEPA-filtratie.¹⁶

Met een dergelijk systeem moeten recirculatiesystemen weer in gebruik kunnen worden genomen, op voorwaarde dat het recirculatiegedeelte wordt afgesloten in geval van een UV-C-storing.

FläktGroup kan correct gedimensioneerde UV-C oplossingen leveren voor het desinfecteren van componenten of de toevoer- en/of extractieluchtstroom. UV-C kan zowel op een unit als op een kanaal worden gemonteerd en wordt compleet geleverd met: lichtvallen om UV-C licht lekkage te voorkomen, veiligheidsafschakelingen en behuizingen gemaakt van materialen die niet onderhevig zijn aan aantasting door UV-C.

Geen gebruik van recirculatie – ventiloconvectoren

Er is zeer weinig correlatie tussen landen over het gebruik van fan coils.

REHVA heeft een specifiek document opgesteld voor het gebruik van ventiloconvectoren; "REHVA COVID-19 specific guidance document -Use of fan coils and avoiding recirculation"³

FLÄKTGROUP-AANBOD

In toepassingen waar ventiloconvectoren worden gebruikt, raden wij aan de recirculatiemodus te vermijden en voor voldoende ventilatie van de buitenlucht te zorgen.

Er zijn twee mogelijkheden om voor ventilatie te zorgen;

Actieve werking van raambeluchting in combinatie met de installatie van CO₂-sensoren.

Of de installatie van een stand-alone mechanisch ventilatiesysteem. Dit is de enige manier om te allen tijde voor voldoende buitenluchttoevoer naar de kamers te zorgen.

Het ventilatiedebiet van de primaire lucht moet zo zoveel mogelijk worden verhoogd in fan coils die zijn uitgerust met

primaire ventilatie toevoerlucht. Afzonderlijke kamers of woningen met fan coil units hoeven de ruimte alleen regelmatig te luchten. In het geval van grote ruimten die door veel mensen worden bewoond, wordt aanbevolen ventiloconvectoren continu op een laag toerental te laten draaien. Als een dergelijke regelfstelling niet mogelijk is, moeten de units gedwongen worden te werken. Laat tijdens de bezettingsuren de ramen gedeeltelijk open staan om een zekere mate van ventilatie te garanderen.

Sterke luchtstromen van de ene persoon naar de andere kunnen infecties veroorzaken. Zorg daarom voor een goede luchtverdeling, d.w.z. een gelijkmatige ventilatiesnelheid bij lage snelheid op alle plaatsen in de kamer belangrijk.

Reiniging van kanalen heeft geen praktisch effect

Reiniging van kanalen is niet nodig, omdat virussen niet langer dan 2-3 dagen levensvatbaar blijven op kunststof en roestvrijstalen oppervlakken. In de kanalen is deze tijd waarschijnlijk nog korter, omdat ze in de luchtstroom slechts 3 uur levensvatbaar blijven.

Als de kanalen worden gereinigd, kan de stofemissie zeer hoog zijn. Gewoonlijk worden vacuüm-collectoren gebruikt om de nodige druk en lichtsnelheid te creëren in het kanaalgedeelte dat wordt gereinigd, en het stof wordt verzameld in de filtereenheid van de vacuüm-collector. Deze units zijn typisch uitgerust

met HEPA-filters die ook nodig zijn om eventuele virusdeeltjes op te vangen. De apparatuur en normen voor het reinigen van leidingwerk zijn dus voldoende.

Gedetailleerde informatie over de planning en uitrusting van de kanaalreiniging planning en uitrusting is beschikbaar in REHVA-handleiding 8.

Personeel dat luchtkanalen reinigt of andere werkzaamheden uitvoert waarbij met name luchtkanalen voor uitlaatgassen moeten worden betreden, heeft geschikte persoonlijke beschermingsmiddelen nodig (zie het gedeelte over filters).

Wijziging van de klasse van de buitenluchtfilters is niet nodig



In het kader van COVID-19 is de vraag gesteld of de filters moeten worden vervangen en wat het beschermingseffect is in zeer zeldzame gevallen van besmetting met het virus van buitenaf, bijvoorbeeld als de luchtuitlaten zich dicht bij de luchtinlaten bevinden. Moderne ventilatiesystemen (luchtbehandelingskasten) zijn uitgerust met fijne buitenluchtfilters direct na de buitenluchtinlaat (filterklasse F7 of F8 of ISO ePM2.5 of ePM1) die deeltjes uit de buitenlucht goed filteren. De grootte van een naakt coronavirusdeeltje van 80-160 nm (PM0.1) is kleiner dan het vangoppervlak van F8-filters (vangstefficiëntie 65-90% voor PM1), maar veel van dergelijke kleine deeltjes zullen zich via het diffusiemechanisme op de vezels van het filter afzetten. SARS-CoV-2-deeltjes aggregeren ook met grotere deeltjes die zich al binnen het vangstgebied van de filters bevinden. Dit impliceert dat in zeldzame gevallen van met virussen besmette buitenlucht, standaardfilters voor fijne buitenlucht een redelijke bescherming bieden voor een lage concentratie en af en toe verspreide virussen in de buitenlucht.

Warmteterugwinnings- en recirculatiesecties zijn uitgerust met minder doeltreffende afvoerluchtfilters (G4/M5 of ISO grof/ ePM10) die bedoeld zijn om de apparatuur tegen stof te beschermen.

Deze filters hoeven kleine deeltjes niet uit te filteren, aangezien virusdeeltjes door de afvoerlucht naar buiten worden geventileerd (zie ook de aanbeveling om geen recirculatie te gebruiken onder "geen gebruik van recirculatie").

Wat de vervanging van filters betreft, kunnen de normale onderhoudsprocedures worden toegepast. Verstopte filters zijn in deze context geen bron van verontreiniging, maar zij verminderen de toevoerluchtstroom, hetgeen een negatief effect heeft op de verontreiniging binnenshuis zelf. Daarom moeten filters worden vervangen volgens de normale procedure wanneer druk- of tijdslimieten worden overschreden, of volgens het geplande onderhoud. Concluderend, wij raden niet aan om bestaande buitenluchtfilters te vervangen door filters van een ander type en ook niet om ze eerder dan normaal te vervangen.

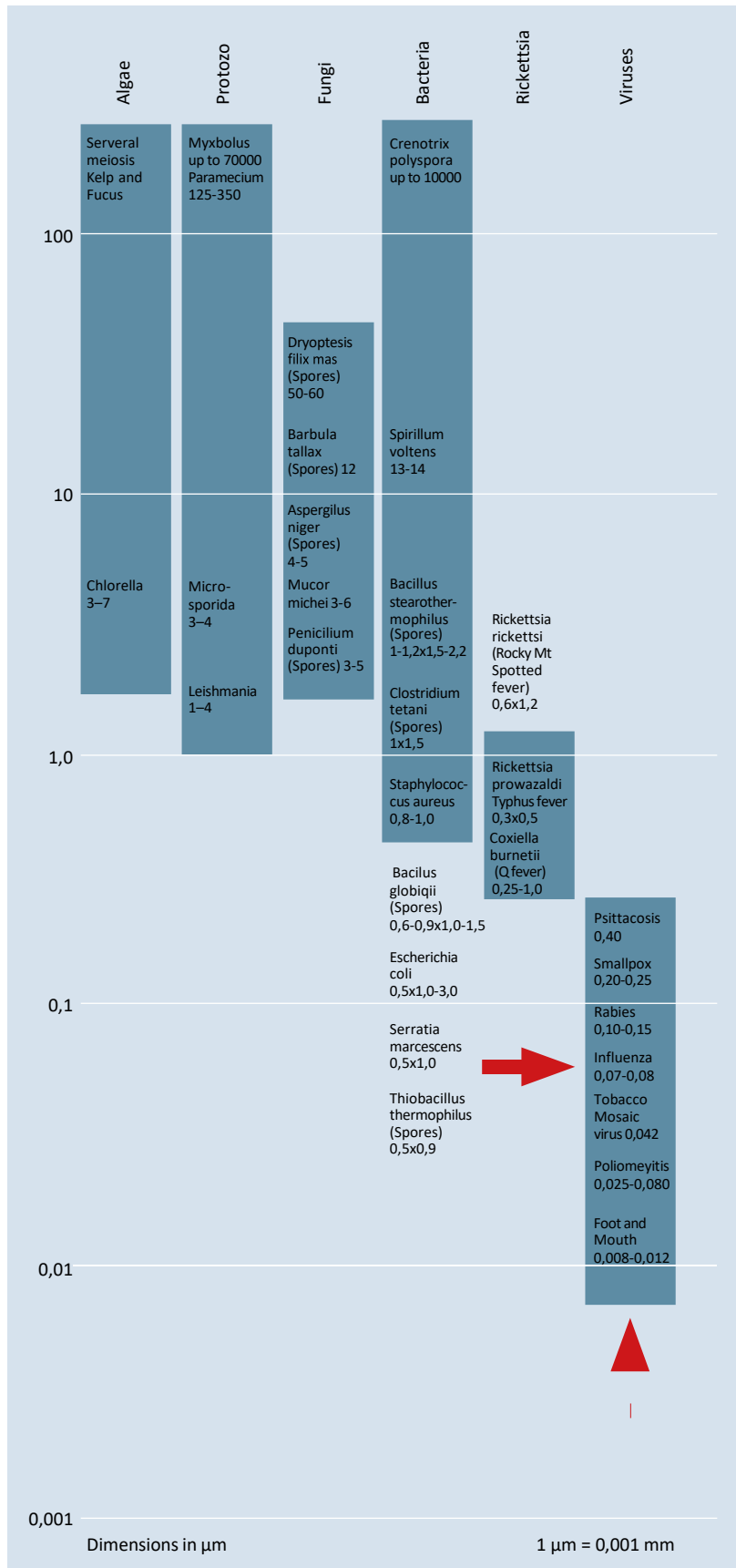
HVAC-onderhoudspersoneel kan in gevaar komen wanneer filters (vooral extractieluchtfilters) niet volgens de standaardveiligheidsprocedures worden vervangen. Ga er voor de zekerheid altijd van uit dat op filters actief microbiologisch materiaal aanwezig is, waaronder levensvatbare virussen. Dit is vooral belangrijk in gebouwen waar onlangs een infectie is geweest. Filters moeten worden vervangen terwijl het systeem is uitgeschakeld, terwijl handschoenen worden gedragen, met ademhalingsbescherming, en moeten worden verwijderd in een verzegelde zak.

VIRUSSEN VARIËREN TUSSEN 0,01 EN 01 µM EN WORDEN BESCHOUWD ALS DE KLEINSTE MICRO-ORGANISMEN

In het Covid-19-advies v4 van RLT staat: "De kleinste virusdeeltjes in respiratoire aerosolen zijn ongeveer 0,2 µm groot (PM0.2), kleiner dan het vangstgebied van F8-filters (vangstefficiëntie 65-90% voor PM1). Toch bevindt het merendeel van het virale materiaal zich al binnen het vangstgebied van de filters. Dit impliceert dat in zeldzame gevallen van met virussen verontreinigde buitenlucht, standaardfijne buitenluchtfilters een redelijke bescherming bieden voor een lage concentratie en het occasioneel voorkomen van viraal materiaal in de buitenlucht." Dit advies geldt ook voor luchtafvoerfilters die afzuigen naar de atmosfeer of voor recirculatiesecties.

SPECIFIEKE FILTRATIE IN ZIEKENHUIZEN

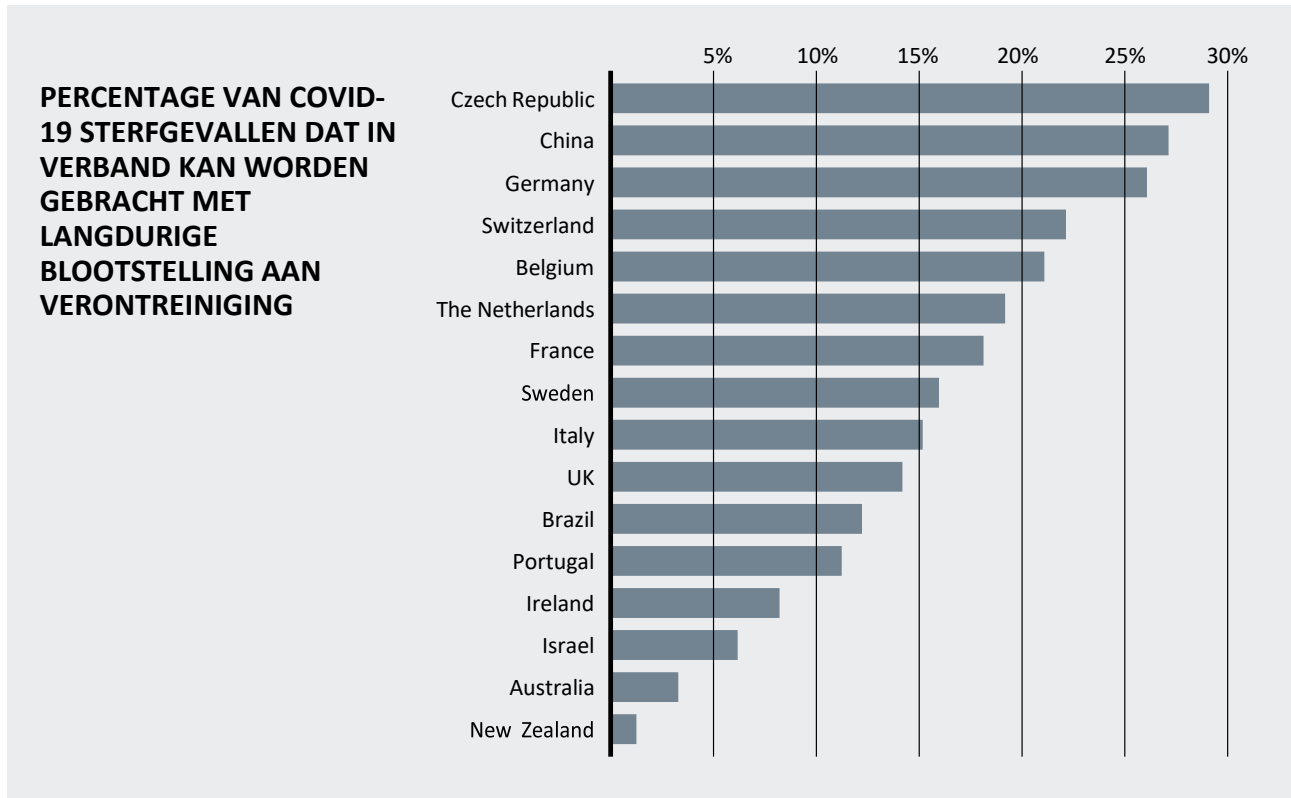
In isolatiekamers met patiënten met infecties via de lucht zullen hoge concentraties virusdeeltjes aanwezig zijn. Extractielucht naar de buitenlucht moet worden gefilterd met HEPA-filters wanneer er een risico van kruisbesmetting bestaat van de uitlaatlucht naar nabijgelegen ramen of buitenluchtinlaten. Voor afdelingen voor patiënten met besmettelijke ziekten moet elk ventilatiesysteem worden aangepast om te voldoen aan de eis voor isolatieruimten.



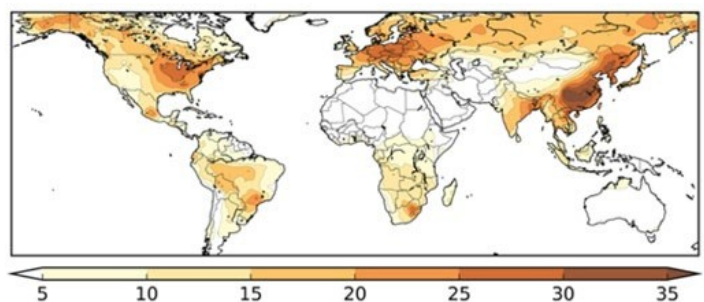
VERBAND TUSSEN VERVUILING EN COVID-19

Er is een toenemende hoeveelheid bewijsmateriaal dat een verband legt tussen verontreiniging en gevoeligheid voor verhoogde impact door Covid-19. Regional and

global contributions of air pollution to risk of death from Covid-19³¹ De conclusie was dat de procentuele toename van het Covid-19 sterfterisico per mg/m3 toename van de blootstelling aan PM2.5, 8% bleek te zijn. Dit komt overeen met ongeveer 19% van het sterftcijfer als gevolg van Covid-19 in Europa.

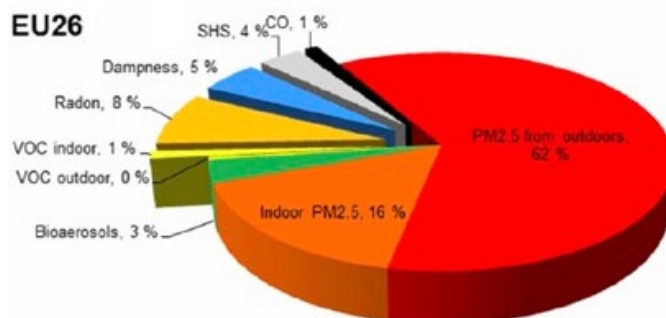


Met behulp van die formule is het dan mogelijk om de geschatte percentages van Covid-19-sterfte te voorspellen die aan luchtverontreiniging worden toegeschreven. Nevenstaande figuur geeft de resultaten weer. Hoe donkerder de kleur, hoe hoger het risico.



Naar bovenstaande studie wordt verwezen in een door de ENVI-commissie (Milieu, Volksgezondheid en Voedselveiligheid) van het Europees Parlement aangevraagde studie over luchtverontreiniging en Covid-19. In die studie is een figuur opgenomen die de ziektelast weergeeft op basis van de verontreiniging binnenshuis. Zoals te zien is, is het overgrote deel van de verontreiniging binnenshuis het gevolg van PM2.5-deeltjes van buiten. Het is duidelijk dat er in de toekomst steeds meer aandacht zal komen voor het filteren van luchtverontreiniging van buitenaf om de ziektelast te minimaliseren.

ZIEKTELAST DOOR VERONTREINIGING BINNENSHUIS



Note: Based on 26 EU countries (no data were obtained for Croatia and Malta) (2.1 M Disability Adjusted Life Years (DALY)/year).
Source: Asikainen et al., 2016.

Stevige luchtdebieten met hoge snelheid

De meest recente REHVA-richtlijnen (versie 4, gepubliceerd in november 2020) geven gedetailleerd advies over het minimaliseren van hoge luchtstroomsnelheden in de leefzone en het verminderen van de kans op verdere overdracht. De informatie is te uitgebreid om in deze publicatie samen te vatten, dus het wordt aangeraden om deze te downloaden van de REHVA-website. Bovendien is er een ventilatierisicocalculator³⁸, ontworpen om deskundigen die het verwante COVID-19 begeleidingsdocument hebben gelezen en begrepen, te helpen bij het maken van een objectieve beoordeling van de voordelen van mechanische ventilatie bij het minimaliseren van de overdracht.

Hoewel nog steeds wordt onderzocht hoe het coronavirus zich via de lucht verspreidt, zijn er aanwijzingen dat maatregelen om de luchtstromingspatronen binnenshuis te veranderen een rol zouden kunnen spelen bij het verminderen van de overdracht.

Uit sommige studies is gebleken dat het coronavirus waarschijnlijk werd overgedragen wanneer sterke luchtstromen van split-airconditioningunits of ventilatorconvectoren leidden tot luchtstromen met hoge snelheid die grote druppels van een besmette persoon verspreiden. Deze druppels kunnen meer dan een meter ver komen - verder dan normaal, maar minder dan de afstand die aërosolen gewoonlijk kunnen afleggen.

Bij het verhogen van de algemene ventilatiesnelheid moet er ook op worden gelet dat er geen overdruk ontstaat waardoor virusdeeltjes uit de kamers naar andere gebieden, zoals gangen, worden geduwd.

Het wijzigen van luchtstroombatronen om laminaire verticale luchtstroom te creëren - lucht die met dezelfde snelheid en in een rechte baan beweegt - kan de overdracht van coronavirusdeeltjes door de lucht effectief voorkomen. Dit principe wordt reeds gebruikt om de verspreiding van deeltjes in verschillende omgevingen te voorkomen.

Zo beperken cleanrooms en operatiekamers in ziekenhuizen de besmetting tot een minimum met behulp van geavanceerde systemen om de lucht met laminaire stroming van het plafond naar de vloer te leiden.

In sommige gevallen kan worden overwogen om fysieke barrières toe te voegen, zoals scheidingswanden die open ruimtes van elkaar scheiden, om de luchtstromen binnen de kamers te beheersen. Sommige gebouwbeheerders en anderen willen misschien maatregelen nemen om besmetting tussen kamers te voorkomen - iets wat zou kunnen gebeuren als blijkt dat het coronavirus zich via de lucht verspreidt. Deze oplossingen kunnen het installeren van deuren of luchtgordijnen zijn.

Ruimteluchtreinigers kunnen nuttig zijn in specifieke situaties

Luchtreinigers voor ruimten verwijderen effectief deeltjes uit de lucht, wat een vergelijkbaar effect geeft als ventilatie. Om effectief te zijn, moeten luchtreinigers ten minste een HEPA-filterefficiëntie hebben.

Apparaten die gebruik maken van elektrostatische filtratieprincipes (niet hetzelfde als ionisatoren!) werken vaak ook heel goed. Draagbare luchtzuiveringsapparaten kunnen nuttig zijn in kleinere ruimten, hoewel men zich ervan bewust moet zijn dat dergelijke apparaten de juiste afmetingen moeten hebben voor de ruimte.¹⁶

Er is een nieuwe reeks AP BIO-luchtreinigers - verkrijgbaar bij FläktGroup - waarbij het filtermedium virusmateriaal deactiveert. De luchtstroom door luchtreinigers is typisch beperkt, het vloeroppervlak dat ze effectief kunnen bedienen is normaal gesproken vrij klein, typisch minder dan 10 m². De reeks FläktGroup AP BIO-luchtreinigers kan veilig ruimtes tot 50 m² zuiveren. Dit komt overeen met gepubliceerde artikelen die stellen dat "luchtreinigers even effectief waren in het verwijderen van zowel bacteriële als schimmelsporen uit de lucht bij een toevoer van schone lucht tussen 26 en 980 m³/h

wat overeenkomt met een effectieve reiniging van respectievelijk 5 en 189 m³ ruimtevolumen." ¹⁶ Indien men besluit een luchtreiniger te gebruiken (nogmaals: het is vaak veel efficiënter de reguliere ventilatie te verhogen), verdient het aanbeveling het apparaat dicht bij de ademhalingszone te plaatsen.

Speciale UV-reinigingsapparatuur die moet worden geïnstalleerd voor de behandeling van de toevoerlucht of de ruimtelucht is ook doeltreffend voor het doden van bacteriën en virussen, maar dit is normaal alleen een geschikte oplossing voor de apparatuur voor gezondheidszorginstellingen.

REHVA-richtlijnen zijn gericht op gewone niet-residentiële gebouwen en in dit geval is de buitenlucht GEEN bron van besmetting. UV-behandeling van de buitenlucht in luchtbehandelingskasten is dan ook niet nodig. Dit is de reden waarom zij UV-toepassingen niet aanbevelen.

UV-C-behandeling van extractielucht, met name wanneer de centrale LBK een recirculatiegedeelte heeft, om een zuinige werking van het ventilatiesysteem te waarborgen. Er moet uiterst zorgvuldig op worden toegezien dat de UV-C-oplossing correct is gedimensioneerd.

FLÄKTGROUP-AANBOD

FläktGroup kan correct gedimensioneerde UV-C oplossingen leveren voor het desinfecteren van componenten of de toevoer- en/of afvoerluchtstroom. UV-C kan zowel op een unit als op een kanaal worden gemonteerd en wordt compleet geleverd met: lichtvangers om UV-C licht lekkage te voorkomen, veiligheidsafschakelingen en behuizingen gemaakt van materialen die niet onderhevig zijn aan aantasting door UV-C.

Specifieke kenmerken van de service-interventies

- **Houd de toiletventilatie 24/7 in werking**

Afzuigsystemen in toiletten, indien aanwezig, moeten door een service engineer worden gecontroleerd om er zeker van te zijn dat ze correct werken. Niet-functionerende ventilatoren moeten worden vervangen.

Afzuigventilatiesystemen van toiletten moeten resulteren in een zodanige onderdruk dat er een luchtbeweging ontstaat waarbij het onwaarschijnlijk is dat door de lucht verspreide virusdeeltjes worden verspreid, vooral om fecaal-orale overdracht te voorkomen. Toiletten zijn druk bezochte ruimten waar menselijk contact met oppervlakken onvermijdelijk is. Het risico van virusoverdracht in toiletten is groot. Bovendien kan Covid-19 in de atmosfeer worden verspreid wanneer een toilet wordt doorgespoeld.

Open ramen in toiletten met passieve afzuiginstallaties of mechanische afzuiginstallaties kunnen een verontreinigde luchtstroom van het toilet naar andere ruimten veroorzaken, waardoor de ventilatie in omgekeerde richting begint te werken. Open toiletramen moeten dan worden vermeden. Als er geen adequate afvoerventilatie van toiletten is en raamventilatie in toiletten niet kan worden vermeden, is het belangrijk om ook in andere ruimten de ramen open te houden om dwarsstromingen in het hele gebouw te bewerkstelligen.

FläktGroup heeft een reeks afzuigventilatoren die voor toiletsystemen kunnen worden geleverd. Als de positie van het toiletafvoerrooster zodanig is dat de afgevoerde lucht door mensen kan worden ingeademd, moet worden overwogen om een HEPA filter van tenminste H13 kwaliteit op het systeem aan te brengen. FläktGroup kan deze indien gewenst leveren.

- **Schakel luchtbehandelingskasten met recirculatie over op 100% buitenlucht**

Recirculatie van mogelijk verontreinigde lucht wordt niet aanbevolen. De klep in elke recirculatiesectie van een LBK moet worden gesloten. Dit kan mogelijk zijn via het GBS-systeem, maar kan ook handmatig worden gedaan door een servicebezoek.

FläktGroup service engineers kunnen deze werkzaamheden uitvoeren.

- **Inspecteer de LBK met wielen om het volgende vast te stellen**

- Controleer de locatie van de ventilatoren. Als beide ventilatoren zich aan de systeemzijde van de rotor bevinden, kan FläktGroup adviseren over vervangende units of het toevoegen van UV-c
- Controleer of het wiel een purgeersectie heeft. Als het wiel geen purgeersectie heeft, kan FläktGroup mogelijk een vervangend wiel leveren.
- Controleer de drukbalans om er zeker van te zijn dat de interne luchtstroom in de richting van schone verse lucht naar vuile extractielucht gaat.

FläktGroup service engineers kunnen deze werkzaamheden uitvoeren.

- **Inspecteer warmteterugwinningsapparatuur om er zeker van te zijn dat lekkages onder controle zijn**

Platenwarmtewisselaars kunnen lekken. Een gecontroleerde rooktest kan worden uitgevoerd om de richting van eventuele lekkage te controleren. Eurovent gecertificeerde fabrikanten van platenwarmtewisselaars geven de lekkage van hun apparatuur aan. Gewoonlijk ligt dit cijfer tussen 1% en 2%.

REHVA heeft een methode vastgesteld voor het meten van lekkage in eenheden met warmtewielen. Details hieronder.

FläktGroup service engineers kunnen deze werkzaamheden uitvoeren.

- Method to estimate leakage (EATR) for on-site tests
- The precise test of internal air leakage must be carried out at the laboratory. However, a draft of a new upcoming standard (prEN 308) provides a simple method for the estimation of EATR by temperature measurement that can be performed on-site. The test procedure includes measurements of temperatures t_{11} , t_{21} and t_{22} in steady-state conditions with the rotor stopped.
- Next, EATR is calculated as:

$$EATR = \frac{t_{22} - t_{21}}{t_{11} - t_{21}}$$

Where,

- t_{11} is temperature exhaust air inlet;
- t_{21} is temperature supply air inlet;
- t_{22} is temperature supply air outlet.
- The part of leakage related to the rotation of wheel (carry-over) cannot be determined by this method.

- **Vervang de centrale buitenlucht- en extractieluchtfilters zoals gewoonlijk, volgens het onderhoudsschema**

In het algemeen is het verstandig aan te nemen dat op filters actief microbiologisch materiaal aanwezig is. Of dit een belangrijk infectieziekerisico van virussen inhoudt is niet bekend, maar het voorzorgsbeginsel zou suggereren dat voorzichtigheid geboden is. Dit is met name van belang in gebouwen (ook in woningen) waar gevallen van besmettelijke ziekten, waaronder COVID-19, bekend zijn of lijken voor te komen. Het systeem moet worden uitgeschakeld wanneer filters worden vervangen en alle nodige beschermende maatregelen moeten worden genomen, zoals het dragen van handschoenen, met inbegrip van een FFP3-ademhalingstoestel indien beschikbaar, zo mogelijk buiten en afgevoerd in een verzegelde zak.

Algemene ventilatiefilters zijn niet ontworpen om virusdeeltjes op te vangen. De toevoeging van HEPA-filters kan nuttig zijn voor kritische ruimten, maar is waarschijnlijk geen praktische oplossing voor algemene ventilatiesystemen.

FläktGroup service engineers kunnen deze werkzaamheden uitvoeren.

Regelmatige vervanging van filters en onderhoudswerkzaamheden moeten worden uitgevoerd met de gebruikelijke beschermende maatregelen, inclusief ademhalingsbescherming

Alle serviceteams van de FläktGroup zijn uitgerust met de noodzakelijke persoonlijke beschermingsmiddelen (PPE) om filters veilig te kunnen verwijderen en hebben duidelijke instructies voor het veilig verwijderen van de vuile filters.

FläktGroup service engineers kunnen deze werkzaamheden uitvoeren.

Toelichting bij onderzoekspapers waarin een verband wordt gelegd tussen ventilatie of airconditioning en virusoverdracht

Tot nu toe hebben wij kennis genomen van ten minste drie onderzoekspapers of artikelen waarin een verband wordt gelegd tussen ventilatie of airconditioning en virusoverdracht. De bedoeling van dit hoofdstuk is om deze artikelen te analyseren en te bepalen of ze van toepassing zijn op FläktGroup-producten. Dit stelt sales engineers in staat om met klanten te discussiëren op basis van de werkelijke inhoud van de artikelen en niet op basis van geruchten of onnauwkeurige krantenkoppen.

Velen hebben verwezen naar een onderzoeksartikel met de titel "COVID-19 Outbreak Associated with Air Conditioning in Restaurant, Guangzhou, China". Dit artikel is eigenlijk getiteld "Evidence for probable aerosol transmission of SARS-CoV-2 in a poorly ventilated restaurant".²⁰

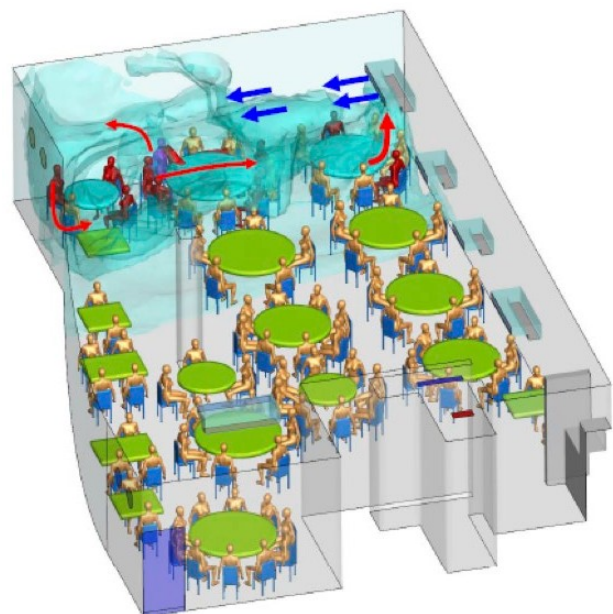
Dit was GEEN centraal pulsie- en extractiesysteem en de conclusies in het verslag zijn hieronder weergegeven.

"Met virus geladen kleine ($<5 \mu\text{m}$) aerosolvormige druppeltjes kunnen in de lucht blijven en kunnen lange afstanden afleggen, $>1 \text{ m}$. Geen van de personeelsleden of andere eters in restaurant X werd echter besmet. Bovendien waren de uitstrijkjes van de airconditioner allemaal nucleotide negatief. Deze bevinding is minder consistent met aërosol-transmissie. Aërosolen zouden echter de neiging hebben de luchtstroom te volgen, en de lagere concentraties van aërosolen op grotere afstanden zouden onvoldoende kunnen zijn geweest om infectie in andere delen van het restaurant te veroorzaken."²⁰

"We concluderen dat bij deze uitbraak de druppeloverdracht werd veroorzaakt door ventilatie met airconditioning. **De belangrijkste factor voor infectie was de richting van de luchtstroom.**

Opmerkelijk is dat patiënt B3 afebrile was en dat 1% van de patiënten in deze uitbraak asymptomatisch was, wat een potentiële bron van uitbraken onder het publiek is. Om verspreiding van COVID-19 in restaurants te voorkomen, bevelen wij aan het toezicht op de temperatuur te versterken, de afstand tussen tafels te vergroten en de ventilatie te verbeteren."²⁰

Alleen mensen binnen de luchtwerp van de specifieke airconditioner werden besmet.



Op 11 juli stond in de Britse krant The Telegraph een artikel met de titel " Open ramen bij gebruik van airconditioning, zeggen deskundigen nu de WGO haar standpunt over door de lucht overgedragen coronavirus wijzigt". Units die alleen recirculatielucht gebruikten, zouden de verspreiding van virusdeeltjes kunnen verergeren"²¹

Een andere Britse krant, The Daily Mail, nam de inhoud over en publiceerde op 12 juli een artikel met de titel "Britse deskundigen zeggen: zet airconditioning UIT om risico van verspreiding van coronavirus te verminderen nu WGO toegeeft dat ziekteverwekker zich kan verspreiden via kleine drijvende druppeltjes"²²

Er moet worden opgemerkt dat dit alleen betrekking heeft op split-airconditioningunits. Het artikel citeert Dr. Shaun Fitzgerald, een van de auteurs van het CIBSE advies (specifieke clausule hieronder), als volgt: "De aanbevolen strategie nu, als je een van deze split units hebt, is om het raam open te gooien en je verlangen naar een koude of koelere omgeving op te offeren. Als er een beetje wind is, zal dat de lucht verplaatsen. Als je geen raam open kunt zetten, zet de unit dan uit".

Er is een nieuwe studie gepubliceerd na een onderzoek in het ziekenhuis van de Oregon Health and Science University (OHSU), getiteld " Identificatie van SARS-CoV-2 RNA in units voor verwarming, ventilatie en airconditioning in de gezondheidszorg"²³

De conclusie luidde: "Dit onderzoek toont de aanwezigheid aan van SARS-CoV-2 RNA op meerdere plaatsen in mechanische LBK, en meer bepaald in LBK die meerdere verdiepingen van een ziekenhuistoren bedienen waarin COVID-19-patiënten waren ondergebracht."

CIBSE COVID-19 VENTILATIEVOORSCHRIFTEN 4.2.7

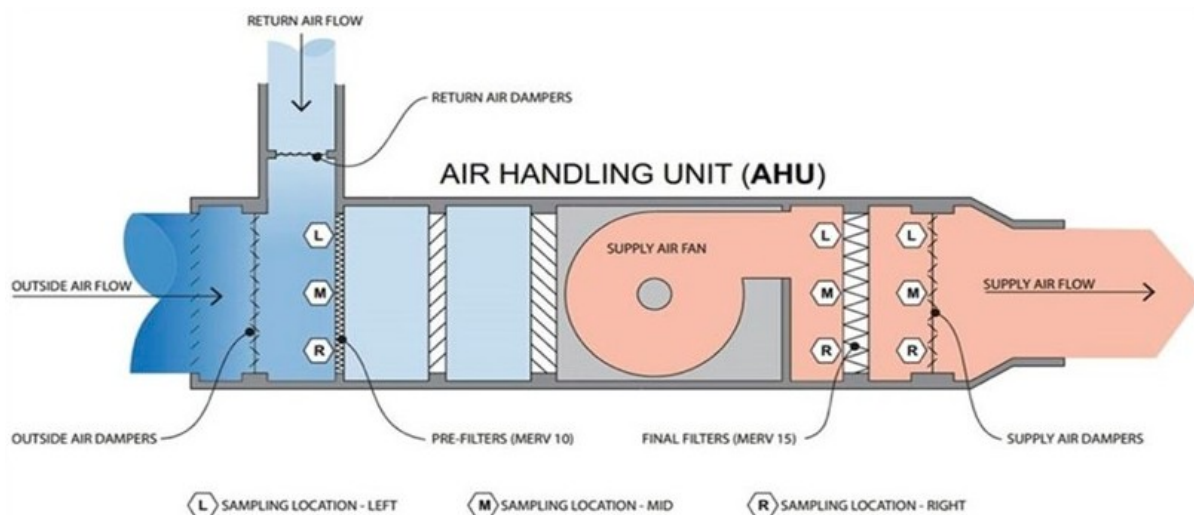
Split-air systemen

Binnen een ruimte/zone zijn deze systemen goed in het verschaffen van thermisch comfort door het verwarmen of koelen van de binnenlucht en de luchtbeweging die ze verschaffen kunnen stagnerende luchtgedeelten in een ruimte helpen voorkomen. Het is echter belangrijk om te begrijpen dat ze geen buitenlucht in de kamer/zone brengen en zonder een specifieke bron voor de toevoer van buitenlucht in een kamer kunnen ze verantwoordelijk zijn voor recirculatie en verspreiding van in de lucht zwevende virusdeeltjes op het pad van gebruikers die zich op een sociale afstand van het gebouw bevinden. Zorg ervoor dat er een bron van buitenluchtvoorziening is (natuurlijke of mechanische ventilatie) wanneer deze units in werking zijn.

"Het besmettelijk potentieel van dit viraal genetisch materiaal is momenteel onbekend."

De voorfilters zijn gewaardeerd op MERV10 (Europees equivalent is M5, ePM10<60%) en de eindfilters zijn gewaardeerd op MERV15 (Europees equivalent is F9, ePM1>80%)

Zoals uit het schema van de unit hieronder blijkt, is de LBK echter een recirculatie-eenheid. Dit moet worden benadrukt in alle gesprekken met klanten over dit onderwerp.



Een onderzoekspaper getiteld “Detectie van lucht- en oppervlaktebesmetting door SARS-CoV-2 in ziekenhuiskamers van besmette patiënten”²⁴

Het onderzoek werd uitgevoerd in isolatiekamers voor luchtinfecties (AIIR's) in het National Centre for Infectious Diseases in Singapore. Deze kamers hadden 12 luchtwisselingen per uur, een gemiddelde temperatuur van 23 °C, een relatieve vochtigheid van 53-59% en een afvoervolume van 579,6 m³/u.

"De omvang van de omgevingsbesmetting die we in onze studie vonden, zou kunnen worden toegeschreven aan besmetting door directe aanraking van de patiënt of gezondheidswerkers na contact met besmette ademhalingsvloeistoffen. Besmetting via ademhalingsdruppels die vrijkomen bij hoesten en niezen, en via respiratoire aërosolen, is echter ook aannemelijk. Besmetting van oppervlakken die niet vaak worden aangeraakt (**luchtafvoerkanalen en vloer**) ondersteunen deze laatste hypothese."²⁴

Hoewel werd vastgesteld dat de luchtafvoerkanalen verontreinigd waren, werd niet onderzocht of er deeltjes in het ventilatiesysteem terechtkwamen. Het ventilatiesysteem zelf wordt in het artikel niet beschreven. Ook de grootte van de kamers en de nabijheid van de besmette patiënt bij het afzuigrooster worden niet vermeld.

Een onderzoeksartikel met de titel “Overdracht van COVID-19 via de lucht: epidemiologisch bewijs van twee uitbraakonderzoeken” door Ye Shen, et al. werd gepubliceerd in april 2020²⁶

Het legt een verband tussen de overdracht van Covid-19 en "airconditioning". De uitbraak werd in verband gebracht met een opleidingsworkshop van 12-14 januari in de stad Hangzhou, provincie Zhejiang. Er waren 30 deelnemers uit verschillende steden, die individueel hotels boekten en niet samen aten in de workshopfaciliteit. De workshop bestond uit vier groepsessies van 4 uur, die plaatsvonden in twee gesloten ruimten van 49 vierkante meter en 75 vierkante meter. Een automatische timer op de centrale airconditioners liet de lucht in elke ruimte om de vier uur gedurende 10 minuten circuleren, waarbij gebruik werd gemaakt van "een binnencirculatiemodus". Van geen van de stagiairs was bekend dat zij tijdens de workshop symptomen vertoonden. In de periode 16-22 januari 2020 werden 15 van hen gediagnosticeerd met COVID-19.

Dit wijst erop dat de luchtstroom in de vergaderzaal grotendeels werd ingedamd, waardoor de deelnemers aan de workshop voortdurend werden blootgesteld. Het bijzonder hoge aanvalspercentage, bijna 50%, is alarmerend en suggereert dat grote gemeenschapsbijeenkomsten, vooral die in gesloten omgevingen met minimale luchtventilatie, moeten worden beperkt.

“MELDINGEN VAN EEN COVID-19 SUPERSPREIDER BIJ STARBUCKS IN KOREA IN VERBAND MET AIRCONDITIONING “³⁴

Dit was een ander voorbeeld van het verband tussen de transmissie en de hoge luchtstroomsnelheden die gepaard gaan met aan het plafond bevestigde airconditioningscassettes.

“CORONAVIRUS GEVONDEN IN ZIEKENHUIS VENTILATIESYSTEEM”³⁵



Sporen van Covid-19 werden aangetroffen in de filters van het luchtafvoersysteem tot op 50 m afstand van de afdelingen waar patiënten met Covid werden behandeld. De eenheden zijn van het type met ronddraaiende spoelen. Er is geen enkel risico dat Covid-materiaal wordt gecirculeerd. Het virus dat de onderzoekers vonden was

niet actief, dus het was niet besmettelijk. De kans is groot dat Covid-materiaal het kanaal is binnengedrongen, is opgedroogd en vervolgens door de luchtstroom naar de filters is gevoerd. Het kanaal zelf werd ook getest en was negatief voor Covid.

BEOORDELING VAN VENTILATIESTRATEGIËN OM HET RISICO VAN ZIEKTEOVERDRACHT IN GEBOUWEN MET EEN HOGE BEZETTINGSGRAAD TE VERMINDEREN³⁹

Dit document kreeg enige publiciteit in de Britse vakpers. Hierin wordt natuurlijke ventilatie aangeprezen als een beter alternatief voor systemen met luchtbehandelingskasten. Het verwijst echter ten onrechte naar de huidige normen voor ventilatiesnelheden van ASHRAE van 5 L/persoon en voor kantoorgebouwen 2,5 L/persoon. Bouwvoorschriften Deel F (NBS, 2013b) vereisen een minimum ventilatie van 10 L/persoon voor kantoortoepassingen en EN 13779 suggereert voor gemiddelde binnenluchtqualiteit een cijfer tussen 10-15 L/persoon (>15 L/persoon voor hoge IAQ) Deze ventilaties zijn uitzonderlijk moeilijk te bereiken met natuurlijke ventilatie.

Bovendien wordt in dit document gesuggereerd dat LBK's "hoofdzakelijk" worden geassocieerd met ventilatiemethoden die "turbulente, vermengende luchtstromen in ruimten" produceren. Het is niet de LBK die hoge luchtstroomsnelheden in de leefzone produceert, maar het distributienetwerk.

Het document suggereert verder dat verdringingsventilatiesystemen alleen beschikbaar zijn met behulp van natuurlijke ventilatiesystemen. Dit is niet het geval. LBK kunnen worden gebruikt om de toevoer- en afvoerlucht voor verdringingsystemen te leveren.

Bibliografie

The Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning Associations (REHVA) is an umbrella organisation for the European country's professional designers' organisations. They have a dedicated Covid-19 advice page; <https://www.rehva.eu/activities/covid-19-guidance>

This page also includes a FAQ section and is updated periodically. They have published the following specific advice documents;

1. REHVA COVID-19 **guidance document ver3**
2. REHVA COVID-19 specific guidance document **Limiting air leakages across the rotary heat exchanger**
3. REHVA COVID-19 specific guidance document **Use of fan coils and avoiding recirculation**
4. The Johns Hopkins University is a private research university in Baltimore, Maryland. Founded in 1876. They have been the principal agency tracking the spread of Covid-19 in the United States. They have a regularly updated web page giving details of all aspects of Covid-19. https://www.hopkinsguides.com/hopkins/view/Johns_Hopkins_ABX_Guide/540747/all/Coronavirus_COVID_19_SARS_CoV_2?q=aerosol+covid-9
5. **Can HVAC systems help prevent the transmission of COVID-19?** Articles written by the Advanced Industries Practice of McKinsey & Company. McKinsey & Company is an American management consulting firm, founded in 1926 by University of Chicago professor James O. McKinsey, that provides advice on strategic management to corporations, governments and other organizations. The authors include Stephanie Balgeman, Ben Meigs, Stephan Mohr, Arvid Niemöller, and Paolo Spranzi.
6. Eurovent have published a document which collates the advice from the professional organisations in the UK, Germany, Belgium, France, Italy and REHVA. <https://eurovent.eu/?q=articles/covid-19-gen-112900>
7. **Influenza Virus Transmission Is Dependent on Relative Humidity and Temperature**
Anice C. Lowen, et al. October 19, 2007
8. **High Humidity Leads to Loss of Infectious Influenza Virus from Simulated Coughs.**
John D. Noti, Francoise M. Blachere, Cynthia M. McMillen, William G. Lindsley, Michael L. Kashon, Denzil R. Slaughter, Donald H. Beezhold. February 27, 2013
9. **Relationship between Humidity and Influenza A Viability in Droplets and Implications for Influenza's Seasonality.**
Wan Yang, Subbiah Elankumaran, Linsey C. Marr. October 3, 2012
10. **Decline in temperature and humidity increases the occurrence of influenza in cold climate.**
Kari Jaakkola, Annika Saukkoriipi, Jari Jokelainen, Raija Juvonen, Jaana Kauppila, Olli Vainio, Thedi Ziegler, Esa Rönkkö, Jouni JK Jaakkola, Tiina M Ikäheimo and the KIAS-Study Group. Environmental Health 2014,
11. **Bacterial colonization and succession in a newly opened hospital**
Simon Lax, Naseer Sangwan, Daniel Smith, Peter Larsen, Kim M. Handley, Miles Richardson, Kristina Guyton, Monika Krezalek, Benjamin D. Shogan, Jennifer Defazio, Irma Flemming, Baddr Shakhsher, Stephen Weber, Emily Landon, Sylvia Garcia-Houchins, Jeffrey Siegel, John Alverdy, Rob Knight, Brent Stephens, Jack A. Gilbert. Published 2017
12. **'Effects of temperature, humidity, and diurnal temperature range on influenza incidence in a temperate region'**
Ji-Eun Park, Woo-Sik Son, Yeonhee Ryu, Soo Beom Choi, Okyu Kwon, Insung.. 13 September 2019.
13. **ASHRAE handbook.**
Chapter 22 – Humidifiers.
14. **Effects of Air Temperature and Relative Humidity on Coronavirus Survival on Surfaces.**
Lisa M. Casanova, Soyoung Jeon, William A. Rutala, David J. Weber, and Mark D. Sobsey. Published 26 February 2010.
15. **High Temperature and High Humidity Reduce the Transmission of COVID-19**
Jingyuan Wang, Ke Tang, Kai Feng and Weifeng Lv. March 9, 2020
16. **How can airborne transmission of Covid-19 indoors be minimised?**
Lidia Morawska et al. 2020
17. **Eurovent REC 6-15 - Air leakages in Air Handling Units - First Edition – 2020**

18. **The use of ambient humidity conditions to improve influenza forecast.**
Jeffrey Shaman et al. 2017
19. **CIBSE COVID-19 VENTILATION GUIDANCE. Version 2, 12th May 2020**
20. **Evidence for probable aerosol transmission of SARS-CoV-2 in a poorly ventilated restaurant.**
Yuguo Li, et al. 2020. Also known as "COVID-19 Outbreak Associated with Air Conditioning in Restaurant, Guangzhou, China"
21. On-line publication. <https://www.telegraph.co.uk/global-health/science-and-disease/turn-air-conditioning-experts-say-shifts-stance-airborne-coronavirus/>
22. On-line publication. <https://www.dailymail.co.uk/news/article-8514027/British-experts-say-turn-air-conditioning-reduce-risk-spreading-coronavirus.html>
23. **Identification of SARS-CoV-2 RNA in Healthcare Heating, Ventilation, and Air Conditioning Units.**
Patrick F. Horve, et al. 2020
24. **Detection of air and surface contamination by SARS-CoV-2 in hospital rooms of infected patients.**
Po Ying Chia, et al. 2020
25. **RLT Betrieb Raumluftechnischer Anlagen unter den Randbedingungen der aktuellen Covid-19-Pandemie 03.08.2020, Version 3**
26. **Airborne transmission of COVID-19: epidemiologic evidence from two outbreak Investigations.**
Ye Shen, et al. 2020
27. **Heating, ventilation and air-conditioning systems in the context of COVID-19.** European Centre for disease prevention and control 22 June 2020.
28. **2019 Novel Coronavirus (COVID 19) Pandemic Built Environment Considerations To Reduce Transmission.**
Dietz L, et al. Apr 2020
29. **Coronavirus Disease Outbreak in Call Center, South Korea.**
Shin Young Park, et al. August 2020
30. **A psychrometric model to predict the biological decay of the SARS-CoV-2 virus in aerosols.**
Clive B. Beggs and Eldad J. Avital. November 2020
31. **Regional and global contributions of air pollution to risk of death from COVID-19.**
Andrea Pozzer et al. October 2020
32. **Air pollution and COVID-19.** A STUDY Requested by the ENVI committee of the European Parliament. January 2021
33. **Air pollution — COVID-19 — Indoor Air Quality (IAQ).** A Eurovent General Document GEN – 1199.00. January 2021
34. **"Reports of a Covid-19 superspreader at Starbucks in Korea linked to Air Conditioning"**
<https://www.bloomberg.com/news/articles/2020-08-25/this-starbucks-in-south-korea-became-a-beacon-for-mask-wearing>
35. **"Coronavirus found in hospital ventilation system" Long-distance airborne dispersal of SARS-CoV-2 in COVID-19 wards.**
Karolina Nissen et al. November 2020
36. **Quantitative assessment of the risk of airborne transmission of SARS-CoV-2 infection: Prospective and retrospective applications.**
G. Buonanno et al. August 2020
37. **Estimation of airborne viral emission Quanta emission rate of Covid for infection risk assessment.**
G. Buonanno et al. May 2020
38. <https://www.rehva.eu/covid19-ventilation-calculator>
39. **Review of ventilation strategies to reduce the risk of disease transmission in high occupancy buildings.**
Tom Lipinski et al. September 2020

FläktGroup[®]

www.flaktgroup.com