

Relativa fuktighetens påverkan på överlevnaden av virus i inomhusluft

- En parameterstudie för att undersöka risken att bli smittad av luftburen smittspridning

Marija Markovic

Relativa fuktighetens påverkan på överlevnaden av virus i inomhusluft

En parameterstudie för att undersöka risken att bli
smittad av luftburen smittspridning

Marija Markovic

Examensarbete

Avdelningen för Installationsteknik
Institutionen för Bygg- och miljöteknologi
Lunds Universitet
Box 118
221 00 Lund

© Marija Markovic

ISRN LUTVDG/TVIT—21/5082--SE(68)
Institutionen för bygg- och miljöteknologi
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet
Box 118
221 00 LUND

Sammanfattning

- Titel:** Relativa fuktighetens påverkan på överlevnaden av virus i inomhusluften – *en parameterstudie för att undersöka risken för att smittas av luftburen smittspridning.*
- Författare:** Marija Markovic
- Handledare:** Victor Fransson, Lund Tekniska Högskola avdelningen för installations- och klimatiseringslära.
- Examinator:** Ulla Janson, Lund Tekniska Högskola avdelningen för installations- och klimatiseringslära.
- Bakgrund:** Dålig luftkvalitet inomhus påverkar inte bara komforten och hälsan hos oss människor. Dålig luftkvalitet kan också bidra till att bakterier och virus kan sprida sig om förhållandena i luften är gynnsamma för viruset eller bakteriens överlevnad. Flera studier har gjorts där olika virus överlevnadsförmåga har undersökts under olika temperaturer och relativa fuktigheter. Studierna har visat att den relativa fuktigheten påverkar virusens överlevnadsförmåga, men till vilken grad påverkan är skiljer sig åt beroende på vilket virus som studerats.
- Syfte:** Syftet med studien är att undersöka sambandet mellan relativ fuktighet i luften och överlevnaden av SARS-CoV-2 i aerosoler. Därefter göra en parameterstudie för att undersöka risken att smittas vid olika nivåer på den relativa fuktigheten.
- Metod(er):** Utgångspunkten för metoden är en litteraturstudie med studier som belyser ämnet. Därefter kommer en parameterstudie att göras med hjälp av den insamlade datan från litteraturstudien för att undersöka den inverkan som den relativa fuktigheten har på den luftburna smittspridningen genom att använda Wells-Rileys modell.
- Slutsatser:** Resultatet från litteraturstudien visade att den relativa fuktigheten påverkade överlevnaden av viruset SARS-CoV-2 i aerosoler. Vid

sammanställningen av resultatet framkom det att högre relativ fuktighet ledde till en lägre halveringstid för viruset i aerosoler. Resultatet visade att i de två studerade fallen går det att minska risken att bli smittad genom luftburen smittspridning av SARS-CoV-2 med 18% genom att öka den relativa fuktigheten från 30% till 40%.

Nyckelord: Luftburen smittspridning, relativ fuktighet, överlevnaden av virus, SARS-CoV-2, Covid-19, Wells-Riley

Abstract

Poor indoor air quality not only affects the comfort and health of us humans, but it can also contribute to the spread of bacteria and viruses if the conditions in the air are favourable for the virus. Several studies have been done where different virus survivability has been examined under different temperatures and relative humidity. Studies have shown that the relative humidity affects the viability of the virus, but the degree to which it affects is depending on the virus that is being studied. The purpose of this study is to examine the relationship between relative humidity in the air and the survival of SARS-CoV-2 in aerosols. Then do a study to examine the risk of infection at different levels of the relative humidity. First a study will be examining the effect of relative humidity have on the survival of SARS-CoV-2 in aerosols, then the collected data will be used to examine the effect that relative humidity has on the airborne transmission of the virus, using Wells-Riley's model. The results of the literature study showed that the relative humidity affects the survival of the SARS-CoV-2 virus in aerosols. In compiling the results, it could be seen that higher relative humidity led to a lower half-life of the virus in aerosols. The results showed that in the two cases studied, the risk of becoming infected through airborne transmission of SARS-CoV-2 could be lowered by 18% by increasing the relative humidity from 30% to 40%.

Förord

Detta examensarbete, vid högskoleingenjörsprogrammet byggteknik med arkitektur, har genomförts vid avdelningen för installationsteknik i samarbete med *AirSon Engineering* i Ängelholm. På grund av den rådande pandemin så har allt arbete och kontakt varit på distans.

Jag vill tacka Victor Fransson min handledare från avdelningen för installationsteknik på LTH för all hjälp, feedback och input på arbetet. Jag vill även tacka Petter och Johanna från *AirSon Engineering* för alla möten och hjälp då frågor uppstått under arbetets gång.

Helsingborg, maj 2021

Marija Markovic

Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	i
Abstract.....	iv
Förord.....	v
Innehållsförteckning.....	vii
1 Inledning.....	1
1.1 Bakgrund.....	1
1.2 Syfte och frågeställning.....	2
1.3 Avgränsning.....	2
2 Metod.....	3
2.1 Litteraturstudie.....	3
2.2 Parameterstudie.....	3
3 Bakgrund.....	5
3.1 Spridningsvägar för virus.....	5
3.1.1 Definition av aerosol.....	5
3.1.2 Luftburen smittspridning.....	5
3.2 Luftfuktighet.....	6
3.2.1 Optimal luftfuktighet.....	7
3.3 Spridning av virus i inomhusluften.....	8
3.3.1 Sedimenteringshastighet.....	8
3.3.2 Virus överlevnad i luften.....	9
3.3.2.1 Rhinovirus.....	9
3.3.2.2 Influenza virus.....	9
3.3.2.3 MERS-Coronavirus.....	10
3.4 Wells-Riley ekvation.....	11
3.4.1 Quanta.....	11
3.4.2 Gammatoni och Nucci.....	11
3.4.3 Inandningshastighet.....	13
3.4.4 Ventilationseffektivitet.....	13
3.4.4.1 Omblandande ventilation.....	13
3.4.4.2 Deplacerande ventilation.....	13
4 Relativa fuktighetens påverkan på överlevnaden av SARS-CoV-2.....	14
4.1 Sammanställning av studerade studier.....	14
4.1.1 van Doremalen et al.....	14
4.1.2 Fears, Klimstra, Duprex et al.....	15
4.1.3 Schuit, Ratnesor-Schumate et al.....	15
4.1.4 Dabisch, Schuit et al.....	16

4.1.5 Smither, Eastaught et al.....	20
4.2 Resultat och diskussion litteraturstudie.....	22
5 Parameterstudie.....	27
5.1 Öppet kontorslandskap.....	28
5.2 Gym.....	36
5.3 Diskussion parameterstudie.....	44
6 Slutsats.....	46
Referenser.....	47

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Människor spenderar ungefär 90% av sina liv inomhus (Johansson & Nilsson, 2017) både i sina hem och på sitt arbete. Luftkvaliteten i inomhusmiljön har en stor påverkan på människors välbefinnande (Neil E Klepeis, 2001). En byggnads ventilationssystem är en av de viktigaste faktorerna kopplade till en god luftkvalité inomhus (Johansson & Nilsson, 2017). Syftet med ventilationen är att tillföra frisk luft utifrån och leda bort extra värme, fukt och föroreningar vilket bildats inomhus för att skapa ett behagligt inomhusklimat för oss människor (Boverket, 2019). Dålig luftkvalitet inomhus påverkar inte bara komforten och hälsan hos oss människor, utan den kan också bidra till att bakterier och virus kan sprida sig om förhållandena bland annat temperatur och relativ fuktighet i luften är gynnsamma för viruset eller bakteriens överlevnad (Han & Popova, 2020). Baserat på tidigare studier har ett stort ventilationsflöde visats vara ett effektivt sätt att avlägsna eller späda ut virusbelastade partiklar som andats ut av infekterade personer. Det har även visats vara ett sätt att förhindra partiklarna att överföras mellan rum (Qian & Zheng, 2021). Förutom avdunstningshastigheten har temperatur och relativ fuktighet inomhus visats påverka överlevnaden av virus i luften. Flera studier har gjorts där olika virus överlevnadsförmåga har undersökts under olika temperaturer och relativa fuktigheter. Studierna har visat att den relativa fuktigheten påverkar virusens överlevnadsförmåga, men till vilken grad påverkan är skiljer sig åt beroende på vilket virus som studerats (Han & Popova, 2020).

Att förstå och undersöka hur den relativa fuktigheten påverkar överlevnaden av virus i luften är idag mer aktuellt än någonsin. Sedan smittskyddsmyndigheterna i Kina identifierade ett nytt coronavirus i december 2019; SARS-CoV-2, eller mer känt som Covid-19 har i maj 2021 mer än 163 miljoner fall konstaterats världen över (Worldometer, 2021). Enligt *World Health Organization* (WHO) är Covid-19:s huvudsakliga överföringsväg genom dropp- och kontaktöverföring, men att i en relativ sluten miljö kan långvarig exponering för en hög koncentration av aerosol orsaka aerosolöverföring av viruset (World Health Organization, 2020). Studier har undersökt och utifrån experiment har slutsatser dragits som hävdar att smittspridningen av SARS-CoV-2 påverkas av den miljö som viruset frisätts i. Det finns flera hypoteser som bekräftar vissa tröskelnivåer hur fukt, temperatur, solljus och ventilation kommer att påskynda och öka smittspridningen av viruset genom dropp- och aerosolöverföring (Jayaweera, 2020).

1.2 Syfte och frågeställning

Syftet med den här studien är att genom resultat från tidigare forskning undersöka sambandet mellan relativ fuktighet i luften och överlevnaden av SARS-CoV-2 i aerosoler. Utifrån den insamlade datan från litteraturstudien kommer en parameterstudie utföras, i vilken risken för luftburen smittspridning och hur denna påverkas av olika nivåer på den relativa fuktigheten att undersökas. De frågeställningar som kommer att besvaras i studien är

- Har den relativa fuktigheten någon påverkan på överlevnaden av viruset SARS-CoV-2 i aerosoler, och om påverkan finns hur ser denna ut?
- Ökar risken att smittas av luftburen smittspridning vid olika nivåer på den relativa fuktigheten i inomhusmiljön?

1.3 Avgränsningar

Rapporten innefattar ett antal avgränsningar och nedan följer det som inte kommer att tas hänsyn till i rapporten:

- Då SARS-CoV-2 är ett nytt virus som fortfarande studeras så kommer det nya studier och rapporter ut hela tiden. Denna rapport kommer då att avgränsas till studier och experiment som publicerats innan 2021-05-20.
- Endast inverkan som relativ fuktighet har på överlevnaden av viruset SARS-CoV-2 i aerosoler kommer att tas med i rapporten. Inverkan från andra faktorer kommer inte att undersökas.

2 Metod

För att undersöka inverkan som den relativa fuktigheten i inomhusluften har på överlevnaden av SARS-CoV-2 i aerosoler så har en litteraturstudie gjorts med studier som belyser ämnet. Därefter utfördes en parameterstudie med hjälp av den insamlade datan från litteraturstudien för att undersöka den inverkan som den relativa fuktigheten har på den luftburna smittspridningen av viruset.

2.1 Litteraturstudie

I litteraturstudien kommer överlevnaden av SARS-CoV-2 i aerosoler att undersökas under olika nivåer på den relativa fuktigheten i inomhusluften. Det som kommer att eftersökas är experimentella studier som undersökt specifik halveringstid för viruset under olika intervall av relativ fuktighet. Detta är av intresse att undersöka för att komma fram till en slutsats om SARS-CoV-2 beter sig på ett liknande sätt vid höga respektive låga relativa fuktigheter som virus med liknande struktur gör. Från en ventilationsteknisk utformning är detta av intresse att undersöka för att se om det finns något kopplat till ventilationen som kan minska överlevnaden av virus i vår inomhusluft.

2.2 Parameterstudie

Efter att all data samlats in från litteraturstudien utfördes en parameterstudie. Syftet med parameterstudien var att undersöka om risken att bli smittad genom indirekt luftburen spridning av SARS-CoV-2 påverkas av olika nivåer på den relativa fuktigheten i inomhusluften. Parameterstudien utgick från Wells-Rileys ekvation. Wells-Rileys ekvation är en ekvation för att förutsäga sannolikheten R att en frisk person som befinner sig i samma rum med en eller flera smittade personer, blir smittad genom luftburen spridning av virus.

$$P = 1 - e^{\frac{-I_p q t}{Q}} [\%]$$

Ekvationen tar hänsyn till flera parametrar som presenteras mer ingående i *avsnitt 3.4*, men en av de är inaktiveringen av viruset (λ). Inaktiveringen av virus är direkt kopplat till halveringstiden hos det virus som undersöks enligt följande:

$$\lambda = \ln(2)/\text{halveringstid}$$

Virus reagerar olika beroende på den miljö de frisätts i och beroende på vilket virus som studeras påverkas halveringstiden olika vid förändring av miljöparametrar. Parametrar

Relativa fuktighetens påverkan på överlevnaden av virus i inomhusluften

som kan komma att påverka inaktiveringen av viruset, genom att både förlänga virusets livslängd respektive förkorta, är ultraviolett ljus (UV), strålning, temperatur och relativ fuktighet (Bosch et al, 2007). I parameterstudien undersöktes inverkan som relativ fuktighet har på den luftburna smittspridningen av SARS-CoV-2.

3 Bakgrund

3.1 Spridningsvägar för virus

Virus kan spridas genom aerosol-, dropp- eller kontaktsmitta. Vid kontaktsmitta sprids viruset genom direkt kontakt med en person som bär på viruset, exempelvis vid en handskakning. Det förekommer även indirekt kontaktsmitta detta genom direktkontakt med en yta som kontaminerats med viruset, exempelvis ett dörrhandtag. Droppsmitta sprids genom att vi blir exponerade för viruspartiklar då en person som bär på smittan exempelvis andas, hostar, nyser eller talar. Vid droppsmitta sker överföringen av viruset då en frisk person befinner sig inom ett avstånd på mindre än 2 meter från en person som bär på viruset. När en person som bär på det smittsamma viruset hostar, nyser eller andas genereras ett moln av luftburna partiklar med diametrar allt från några millimeter ner till $<1 \mu\text{m}$. När dessa små partiklar frisätts i luften sjunker de större dropparna på grund av sin vikt till marken inom ett kort avstånd, vanligtvis 1-2 meter, och har därmed en begränsad räckvidd. Det är inom detta avstånd som droppsmittan kan ske. De mindre dropparna som frisätts i luften, droppar mindre än $100 \mu\text{m}$ förblir suspenderade i luften. I torr inomhusluft krymper dessa större droppar och får en diameter som varierar i storlek ända ner till $<1 \mu\text{m}$. Det är dessa små partiklar, även kallade aerosoler som sprider sig vid luftburen spridning av virus (Alsved, 2020).

3.1.1 Definition av aerosol

Aerosol, från grekiska *aer*=luft och latin: *solutio*=lösning, är finfördelade fasta eller flytande partiklar i en gas, vanligtvis luft (Nationalencyklopedin, 2021). Inom forskning så benämns luftburna bakterier och virus som bioaerosoler. Bioaerosoler är en naturlig del av vår omgivning och finns överallt omkring oss. Bioaerosoler kan vid vissa fall bidra till smittspridning av virus och sjukdomar och smittsamma sjukdomar som kan överföras genom bioaerosoler sprider sig oftast snabbt. Det finns en del oenigheter när det kommer till vilken partikelstorlek som definierar en aerosol och vart gränsen går för en droppe. *World Health Organization* (WHO) och *Centers for Disease Control and Prevention* (CDC) definierar partiklar med en diameter större än $5 \mu\text{m}$ som droppar och partiklar med en diameter mindre än $5 \mu\text{m}$ som aerosoler (Jayaweera, 2020).

3.1.2 Luftburen smittspridning

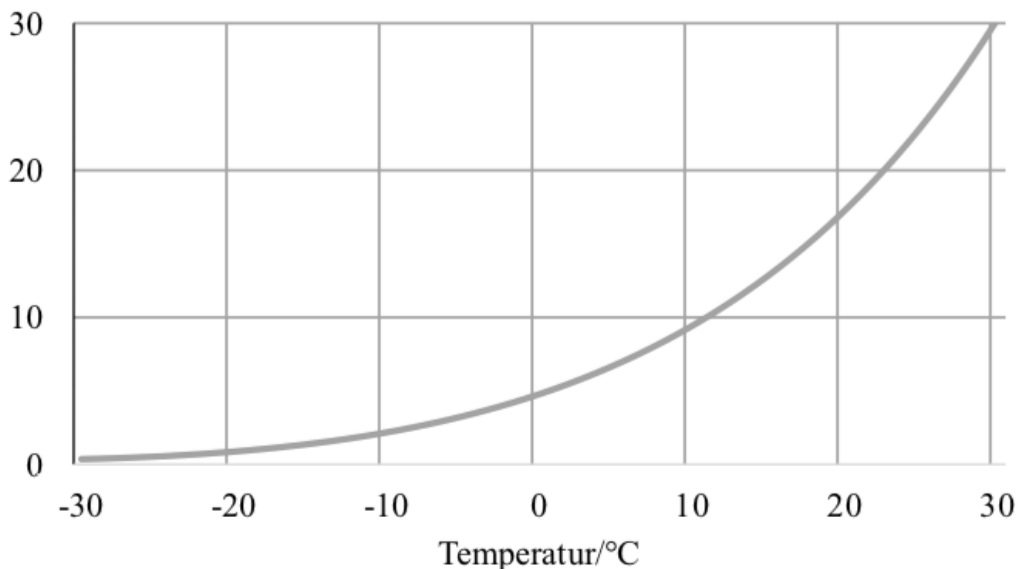
För att ett virus ska kunna spridas vidare via luften krävs det först och främst att viruset på något sätt blir luftburet, det vill säga att det aerosoliseras (Alsved, 2020). Små partiklar, inklusive droppkärnor från de förångade större partiklarna kan på grund av sin mindre storlek förbli luftburna och sväva runt i rumsluften i flera timmar, om inga faktorer påverkar dem. Då de är tillräckligt små kan aerosoler transporteras längre

sträckor och andas in av en frisk person som befinner sig på ett avstånd längre bort än 2 meter. Inhaleras de inte kommer de istället över tiden att fastna på ytor. För att en person ska kunna smittas genom de luftburna viruset krävs det att de smittsamma partiklarna som transporteras i luften inte förstörs innan de når fram till en frisk person. Det krävs även att en tillräckligt stor dos av det smittsamma viruset når den plats i kroppen där vi människor är mottagliga för infektioner. Dock krävs det en mindre virusmängd vid aerosolsmitta jämfört med andra smittvägar för att infekteras, detta eftersom aerosolerna lättare kan nå de nedre luftvägarna (Jayweera, 2020).

3.2 Luftfuktighet

Luft innehåller en viss mängd vattenånga, även kallat ånghalt eller absolut fuktighet. Ånghalten är ett mått som anger massan vattenånga per kubikmeter luft. Andelen vattenånga som luften kan bära är beroende av temperaturen i luften. Vid en högre temperatur kan luft bära mer vattenånga än vid en lägre temperatur, *se figur 1*. Den maximala mängd vattenånga som luften kan bära vid en viss bestämd temperatur kallas för mättnadsånghalt [g/m^3]. (Burström, 2006)

Mättnadsånghalt/ (g/m^3)

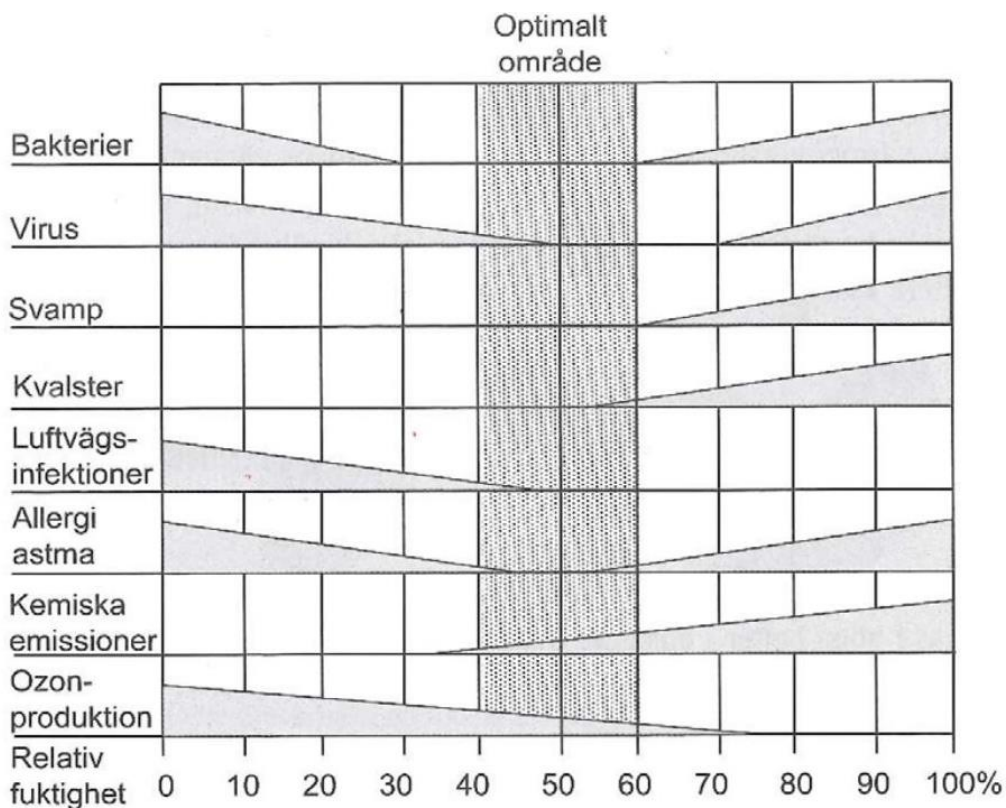


Figur 1 Samband mellan mättnadsånghalt och temperatur (Han & Popova, 2020).

Relativ fuktighet är ett mått, vanligen uttryckt i procent, som beskriver mängden vattenånga i luften vid en viss temperatur i förhållande till den maximala mängden vattenånga vid samma temperatur (Burström, 2006).

3.2.1 Optimal luftfuktighet

Den relativa fuktigheten inomhus påverkar oss mer än vad vi kanske tror. Extrema värden på den relativa fuktigheten, både för torr och för fuktig luft, påverkar inomhusmiljön och människors välbefinnande. Forskare har undersökt påverkan som den relativa fuktigheten har på oss människor. Vid en låg relativ fuktighet (<30%) kan människor uppleva trötthet, kliande ögon, huvudvärk och koncentrationssvårigheter (Sietses & Ankre, 2019). Låga relativa fuktigheter har även visats påverka överlevnaden av olika typer av virus exempelvis influensa virus, *se avsnitt 3.3.2.2*. En hög relativ fuktighet har visats vara ett effektivt sätt att förkorta livslängden hos virus som trivs bättre i låga fuktigheter. Däremot kommer en hög relativ fuktighet istället att ge en grund för bakterier och skapa goda tillväxtförhållanden för mögel, svamp och olika typer av skadedjur. Optimal relativ fuktighet inomhus bör således vara någonstans mellan 40%-60%, både för människans välbefinnande och för att undvika att skapa goda tillväxtförhållanden för mögel och svamp, *se figur 2*. (Larsson & Nordberg, 2017)



Figur 2 Optimalt områden, 40-60% relativ luftfuktighet för att minimera negativa hälsoeffekter från de i luften förekommande föroreningar (Warfvinge & Dahlblom, 2010)

3.3 Spridningen av virus i inomhusluften

Överföringen av virus genom luftburen transmission är en komplex process där det är flera faktorer som kan, och kommer att påverka spridningen. Förutom egenskaperna hos det berörda viruset och antalet smittsamma partiklar som transporteras påverkas virus partiklarna av det mediet i vilket den överförs i, från det att viruset frisatts från den smittsamma personen till det att den når en mottaglig person eller yta. I inomhusmiljöer är det genom luftrörelser eller genom ventilationen som virus kan transporteras och spridas vidare. En faktor som är kopplad till den ventilationstekniska utformningen och som har bevisats ha en påverkan på den luftburna spridningen av virus är den relativa fuktigheten i luften. Höga relativa fuktigheter har bevisats förlänga överlevnaden av rhinovirus och rotavirus, medan låga relativa fuktigheter har bevisats förlänga överlevnaden hos influensa virus (Arundel, 1987; Karim, 1985; Noti, 2013).

Förutsättningar som kan komma att påverka spridningen av luftburna virus i inomhusmiljön är:

- antalet smittade personer i rummet
- antal personer som är mottagliga och kan bli smittade av viruset
- tiden för exponering
- ventilationsflödet
- virusets sedimenteringshastighet
- virusets överlevnad i luften

Av dessa sex faktorer så kan den relativa fuktigheten påverka två av dem; virusets sedimenteringshastighet och virusets överlevnad i luften (Arundel, 1987).

3.3.1 Sedimenteringshastighet

Den tiden det tar för en partikel att sedimentera avgörs av bland annat partiklarnas storlek, form och densitet. Sedimenteringshastigheten är en funktion av luftrörelser och partiklarnas diameter. Sedimentering av virus är en viktig del för att få bort stora droppar av virus som innehåller stora mängder av det smittsamma viruset. På grund av gravitationskraften så kommer de större viruspartiklar som frisätts i luften av en smittad person att falla fritt till marken, eller till en närliggande yta snabbare än mindre partiklar. För partiklar som är $<5 \mu\text{m}$ är dock sedimentering ineffektivt för att avlägsna droppar (Yang och C. Marr, 2011). Mer än 98% av partiklarna i rumsluften är små partiklar, och dessa partiklar kommer huvudsakligen inte att falla ner till marken genom gravitation utan kommer att förbli suspenderade i luften under en längre period (Frey, 2004).

Den relativa fuktigheten påverkar sedimenteringshastigheten av partiklar. Vid låga relativa fuktigheter kan antalet smittsamma aerosoler i luften att öka. Vid låga relativa fuktigheter är luften torr och i torr luft sker avdunstning snabbt. En snabb avdunstning kan leda till att storleken på de större partiklarna minskar och att andelen små partiklar som stannar kvar i luften ökar (Smith, 1983). Då sedimentering är ineffektivt för att avlägsna små partiklar så leder en låg relativ fuktighet till att det förekommer fler smittsamma partiklar i luften. Vid höga relativa fuktigheter däremot är sedimenteringshastigheten snabbare. En hög relativ fuktighet (80-90%) gör att partiklarna ökar i storlek på grund av vattenabsorption och större partiklar faller till marken snabbare (Hänel, 1977). Utifrån en luftburen smittspridnings synvinkel är detta positivt då antalet smittsamma partiklar i luften minskar.

3.3.2 Virus överlevnad i luften

Den relativa fuktighetens påverkan på överlevnaden av virus varierar beroende på vilket typ av virus som studeras och virusets struktur. I allmänhet tenderar virus med lipidhöljen att överleva längre vid lägre relativa fuktigheter (20-30%). Vid högre värden på den relativa fuktigheten inaktiveras viruset vilket kan förklaras som att den skadar viruset proteinhölje (Han & Popova, 2020). Detta gäller för de flesta respiratoriska virus som är lipidhöljda, bland annat influensa- och coronavirus (inklusive allvarlig akut respiratorisk syndrom, SARS-CoV). Omvänt så tenderar icke-lipidhöljda virus att överleva längre i högre relativa fuktigheter (70-90%) och skadas i aerosolen när vatten molekylen avlägsnas. Dessa inkluderar adenovirus och rhinovirus. (Arundel, 1987)

3.3.2.1 Rhinovirus

Experimentella studier som gjorts för att undersöka rhinovirus förmåga att överleva i aerosoler under olika relativa fuktigheter har bevisat att viruset överlever dåligt i lägre relativa fuktigheter. En studie av Karim et al. (1985) visade att vid låga (30%) och medelhöga (50%) relativa fuktigheter förlorades infektionsförmågan hos det luftburna viruset snabbt. Efter 15 minuter kunde mindre än 0,25 % av det smittsamma viruset detekteras i luftprovet. Vid höga relativa fuktigheter (80 %) däremot hade viruset en halveringstid på 14 timmar och nästan 30% av det smittsamma viruset kunde detekteras i luftprovet även efter 24 timmar. Resultatet från studien tyder på att en hög relativ fuktighet kan fungera som ett medel för spridning av rhinovirusinfektioner. (Karim et al., 1985)

3.3.2.2 Influensa virus

Influensa virus som är ett lipidhöljt virus, som SARS-CoV-2 har bevisats överleva bättre vid låga relativa fuktigheter. I en experimentell studie av Noti et al. (2013) undersöktes virusets överlevnad i aerosoler under en konstant temperatur (20°C) och med en

varierande relativ fuktighet mellan 7%-73%. Experimentet utfördes på tre olika partikel storlekar; 1-4 μm , > 4 μm och <1 μm . Resultatet från den experimentella studien visade att vid låga relativa fuktigheter har influensa viruset längre överlevnad än vid högre relativa fuktigheter. Vid relativa fuktigheter mellan 7-23% överlevde 70,6% respektive 77,2% av viruset. Medan vid en relativ fuktighet på 43% överlevde endast 14,6% av viruset. Slutsatsen som kunde dras från studien var att genom att hålla en relativ fuktighet inomhus >40 % kan överlevnaden hos aerosoliserat influensavirus i alla de undersökta partikelstorlekar minska avsevärt. (Noti et al., 2013)

3.3.2.3 MERS-Coronavirus

MERS-CoV som tillhör coronavirus familjen är även det ett lipidhöljt virus och som andra liknande virus så minskar överlevnaden för detta virus vid högre relativa fuktigheter. Vid en studie av gjord av van Doremalm et al. (2013) undersöktes överlevnaden av MERS-CoV i aerosoler. Studien undersökte viruset stabilitet vid 20°C och vid två nivåer på relativa fuktigheten, 40% och 70%. Resultatet visade att vid 40% relativ fuktighet minskades viruset viabilitet endast med 7% under experimentets gång, medan vid 70% minskande den markant med 89%. (van Doremalen et al., 2013)

3.4 Wells-Riley ekvation

Wells-Rileys ekvation är en ekvation för att förutsäga sannolikheten, P att en frisk person som befinner sig i samma rum med en eller flera smittade personer, blir smittad genom luftburen spridning av virus. Ekvationen skapades ursprungligen för att undersöka tuberkulos och mässling men går att tillämpa för andra virus som är luftburna, exempelvis olika typer av coronavirus som SARS-CoV-2. Modellen används ofta när infektionsrisken i byggnader ska uppskattas (Noakes & Sleight, 2009).

$$P = 1 - e^{-\frac{I p q t}{Q}} \quad [\%]$$

Ekvationen tar hänsyn till antalet smittade personer i utrymmet I , aktivitetsnivån hos dem som befinner sig i rummet p [m^3/h], exponerings tiden t [h], luftflödet från ventilationen Q [m^3/h] och quanta-talet q [quanta/h]. Quanta-talet är mängden quanta som produceras i rummet av en infekterad person vilket varierar beroende av de virus som studeras (Loomans et al., 2021).

3.4.1 Quanta

I Wells-Rileys ekvation används termen quanta. Termen quanta är inte en vanlig term utan den har utvecklats specifikt för denna ekvation. Wells gjorde antagandet att varje droppe/aerosol som inandas inte kommer leda till infektion. Han definierade en quanta som antalet infekterade droppar (kärnor) som behövs för att infektera $1 - e^{-1}$ av den mottagliga befolkningen i ett rum, det vill säga Wells antog att i genomsnitt kommer 63,2% av en befolkning smittas om varje mottaglig individ andas in en quanta av smittan. (Loomans et al, 2020)

3.4.2 Gammaitoni och Nucci

Gammaitoni och Nucci utvecklade 1997 en uppdaterad version av den tidigare Wells-Riley ekvationen. Den uppdaterade ekvationen tar hänsyn till förändringar i quanta nivåer över tid. Genom ekvationen kan mängden quanta vid tiden, t fås genom ekvationen:

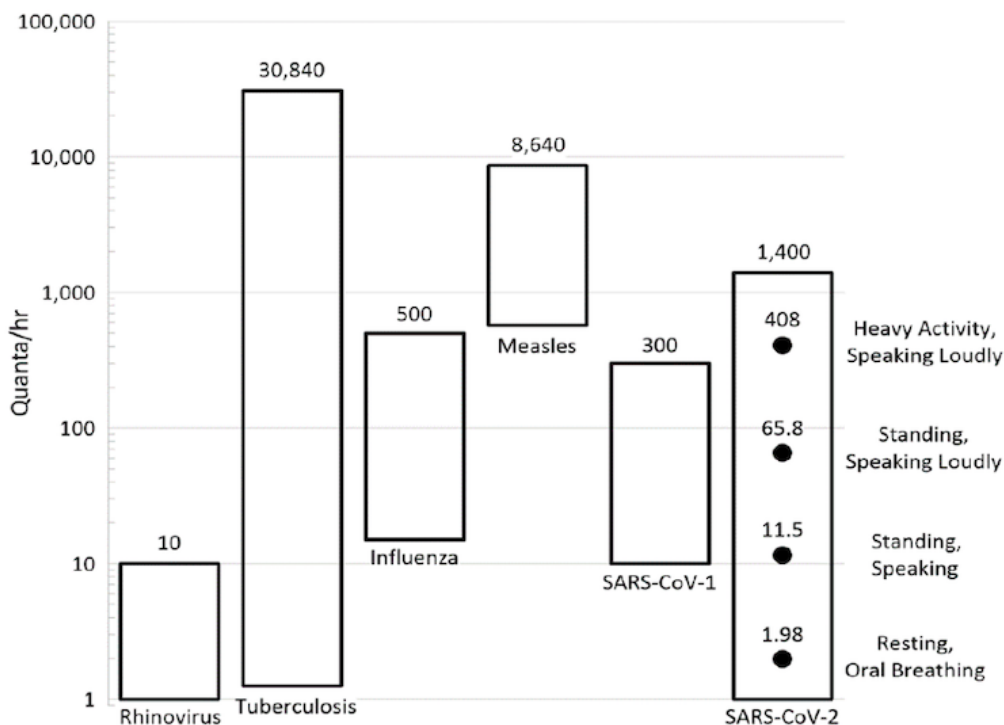
$$n(t, ER_q) = n_0 \cdot e^{-IVRR \cdot t} + \frac{ER_q \cdot I}{IVRR \cdot V} \cdot (1 - e^{-IVRR \cdot t}) \quad \left[\frac{\text{quanta}}{\text{m}^3} \right]$$

$$IVRR = AER \cdot \acute{e} + \lambda + k \quad [\text{h}^{-1}]$$

Relativa fuktighetens påverkan på överlevnaden av virus i inomhusluften

Där n_0 representerar antalet quanta i rummet när den smittade personen kommer in i rummet, V är volymen av rummet som beaktas, ER_q är quanta emission för den specifika sjukdomen eller virus som undersöks och I är antalet personer som bär på viruset (Buonanno et al., 2020).

Quanta emission varierar i ett brett intervall beroende på viruskoncentrationen i munnen, aktivitetsnivån för den infekterade och vilken typ av utandning (Buonanno et al., 2020), se figur 3.



Figur 3 Quanta emissions hastighet för sex olika virus (Mikszewski et al., 2020)

Termen IVRR påverkas av luftomsättningen (AER), ventilationseffektiviteten (ϵ), depositionen av partiklar (k) och inaktiveringen av viruset (λ). Ventilationseffektiviteten är en parameter som inte finns med i den ursprungliga ekvationen utan är en parameter som lagts till av *Airson Engineering*. Den uppdaterade versionen för att bestämma sannolikheten att bli smittad, med hänsyn till förändringar i quanta nivåer genom tiden är följande:

$$R = \left(1 - e^{-IR \int_0^T n(t) dt}\right) [\%]$$

3.4.3 Inandningshastighet

Risken för att bli smittad beror bland annat på inandningshastigheten, IR hos den person som blir exponerad för viruset. Inandningshastigheten beror på aktivitetsnivån och ligger mellan $0,49 \text{ m}^3/\text{h}$ vid vila, och upp till $3,3 \text{ m}^3/\text{h}$ vid hög ansträngning (Buonanno et al., 2020), se tabell 1.

Tabell 1 Inandningshastighet vid olika aktivitetsnivåer (Buonanno et al., 2020)

Aktivitetsnivå	Inandningshastighet (m^3/h)
Vila	0,49
Stående	0,54
Lätt ansträngning	1,38
Måttlig ansträngning	2,35
Tung ansträngning	3,3

3.4.4 Ventilationseffektivitet

På en timme omsätter våra lungor runt 500 liter luft vid stillasittande arbete (InventiAir, 2019). Luften vi andas ut tar med sig fukt, koldioxid, och kroppsegna partiklar vilket sprids ut i rummet. Av dessa partiklar är både bakterier och virus med och kan spridas runt i rummet och vara skadliga. Ventilationseffektivitet är ett mått på hur effektivt föroreningar transporteras bort och beräknas genom förhållandet mellan partikelnivån i tilluften, frånluften och andningszonen. Ett högre tal på ventilationseffektiviteten innebär en effektivare borttransport av föroreningarna som bildats i luften (Erlandsson & Glyre, 2014).

3.4.4.1 Omblandande ventilation

Vid omblandande ventilation tillförs den friska luften genom högt placerade don. Friskluften blandas succesivt med den omgivande lokalluften och blir mer förorenad. Ventilationsprincipen stävar efter en fullständig omblandning i rummet, med en helt jämn rumstemperatur och lika stor mängd föroreningar i samtliga delar av rummet (Erlandsson & Glyre, 2014).

3.4.4.2 Deplacerande ventilation

Vid deplacerande ventilation tillförs friskluft med lägre temperatur till rummet med en låg hastighet vilket gör att den tillförda luften sjunker. När den kallare tilluften stöter på varma källor värms den omkringliggande luften upp och stiger. Deplacerande ventilation ger en förbättrad luftutbyteseffektivitet eftersom luften för med sig föroreningar upp och ger en gynnsam temperatur- och koncentrationsgradient i rummet (Erlandsson & Glyre, 2014).

4 Relativa fuktighetens påverkan på överlevnaden av SARS-CoV-2

För att undersöka den relativa fuktighetens påverkan på överlevnaden av SARS-CoV-2 i aerosoler har en sökning gjorts av relevant vetenskaplig litteratur. I litteraturstudien har artiklar, publikationer och experiment undersökts för att avgöra om den relativa fuktigheten har någon påverkan på inaktiveringen av SARS-CoV-2 vilken den har på andra virus. Endast publikationer som undersöker hur den relativa fuktigheten påverkar inaktiveringen av SARS-CoV-2 och som är utförda i mörker inkluderas i studien och de som utförts *endast* i närvaro av UV-ljus har uteslutits. Detta har gjorts för att undersöka hur den relativa fuktigheten påverkar överlevnaden av virus utan någon påverkan från andra faktorer som exempelvis solljus. Det som sökts har varit experimentella studier som undersökt specifikt halveringstiden för viruset under olika intervall av relativ fuktighet. Detta är av intresse att undersöka för att dra en slutsats om SARS-CoV-2 beter sig liknande vid höga respektive låga relativa fuktigheter som virus med liknande struktur, exempelvis influensa virus gör.

En av parametrarna i den uppdaterade Wells-Riley modellen är inaktiveringen av virus. Inaktiveringen av virus är direkt kopplat till halveringstiden hos det studerade viruset. För att kunna undersöka om risken för att smittas av SARS-CoV-2 genom luftburen smittspridning ökar vid olika nivåer på den relativa fuktigheten behövs det först tas fram värden på halveringstiden vid olika relativa fuktigheter.

4.1 Sammanställning av studerade studier

4.1.1 van Doremalen et al.

van Doremalen et al. (2020) har gjort en experimentell studie där de undersökt hur inaktiveringen i aerosoler och på ytor skiljer sig hos SARS-CoV-2 i jämförelse med SARS-CoV-1, som är det närmaste relaterade mänskliga coronaviruset. Studien har i huvudsak fokuserat på att undersöka inaktiveringen av viruset på olika ytor, inaktiveringen av aerosoler har endast undersökts under ett scenario.

Inaktiveringen av aerosoler bestämdes under 65% relativ fuktighet och 22°C genom att aerosoler (<5 µm) som innehåller SARS-CoV-2 respektive SARS-CoV-1 genererades genom en *Collison Nebulizer* och placerades i en *Goldberg*-trumma för att skapa en aerosoliserad miljö. Aerosolerna bibehölls i trumman och prover samlades in vid 0, 30, 60, 120 och 180 minuter efter aerosolisering. Experimentet gjordes tre gånger med samma förutsättningar och uppställning. Resultatet från experimenten visade att SARS-CoV-2 överlevde under hela experimentets gång (3 timmar) i en aerosolerad miljö, liknande resultat visades för SARS-CoV-1. Halveringstiden för de båda virusen var lika

i aerosoler med en medianuppskattning på cirka 1,1 till 1,2 timmar. Resultatet från van Doremalen et al. studie visar att stabiliteten hos SARS-CoV-2 liknar den hos SARS-CoV-1, under de testade experimentella omständigheterna i en laboratoriemiljö.

Vid rumstemperatur (22°C) och en relativ fuktighet på 65% har SARS-CoV-2 en halveringstid på cirka 1,09 timmar. (van Doremalen et al., 2020)

4.1.2 Fears, Klimstra, Duprex et al.

I den experimentella studien som Fears et al. (2020) gjort har den dynamiska kortvariga aerosoleffektiviteten för SARS-CoV-2 mätts och jämförts med två andra coronavirus; SARS-CoV-1 och MERS-CoV. Förutom det så kvantifierades den långvariga uthålligheten av SARS-CoV-2 och dess förmåga att bibehålla sin smittsamhet när den suspenderas i aerosoler i upp till 16 timmar. För att kvantifiera den långsiktiga stabiliteten hos det luftburna viruset användes en roterande Goldberg trumma. Aerosolprover från trumman togs efter 10 och 30 minuter, samt 2, 4 och 16 timmar efter påbörjad rotation. Virusinnehåll i de insamlade aerosolproverna kvantifierades sedan. Experimentet utfördes under rådande omgivningsförhållande, 23°C och med den relativa fuktigheten 53%. Ingen UV-ljuskälla användes inne i trumman.

Under alla de fem undersökta tidpunkter kunde smittsam SARS-CoV-2 detekteras i aerosolproverna. Motsvarande aerosolkoncentrationen av SARS-CoV-2 prickades in och tidsmatchades med provets koncentration. En olinjär regressionsanalys gjordes, vilket resulterade i en dålig kurvpassning. Den dåliga kurvpassningen berodde enligt författarna på att för få tester gjorts under de undersökta miljöförhållandena och att fler test borde utförts. Men resultatet som kan tas med från studien är att SARS-CoV-2 är detekterbart i aerosolprover under en lång period.

Utifrån det resultat som presenterats i studien har SARS-CoV-2 en halveringstid på 1,87 timmar vid temperaturen 23°C och relativa fuktigheten 53%, utan närvaro av UV-ljus.

4.1.3 Schuit, Ratnesar-Shumate et al.

I studien gjord av Schuit et al. (2020) har effekten som simulerat solljus och relativ fuktighet har på stabiliteten av SARS-CoV-2 i aerosoler undersökts. Experimentet har utförts genom att två olika roterande trummor med aerosoler innehållande SARS-CoV-2, en med konstgjort saliv och en med vävnad fått exponeras för olika kontrollerade temperaturnivåer, relativa fuktigheter och simulerat solljus. Testerna utfördes över en konstant temperatur på 20°C inom ett intervall av relativa fuktighetsnivåer på 20%, 45% och 70%, och tre simulerade solljusintensiteter; hög intensitet (1,91 W/m²), mellan intensitet (0,94 W/m²) och mörker (0 W/m²). Varje relativ fuktighet testades för

Relativa fuktighetens påverkan på överlevnaden av virus i inomhusluften

respektive solljusintensitet och fem prover av aerosolkoncentrationer samlades in för varje test. För att undersöka effekten av relativ fuktighet under förhållanden som är relevanta för inomhusmiljöer så utfördes ytterligare tester utan simulerat solljus vid relativa fuktigheter på 37% och 53%. Även här utfördes tre till sex upprepade tester för varje kombination av förhållanden. Totalt utfördes 59 stycken tester.

Resultatet från alla utförda test visade att den relativa fuktigheten ensam inte påverkade halveringstiden av SARS-CoV-2 på samma sätt som andra faktorer gör. Testen visade en mycket liten påverkan mellan relativ fuktighet och andra faktorer, men storleken på denna påverkan var liten jämfört med effekten som simulerat solljus hade på halveringstiden. Utan något simulerat solljus så uppskattades halveringstiden över alla relativa fuktigheter som undersökts mellan 55 och 86 minuter, *se tabell 2*.

Tabell 2 Halveringstiden för SARS-CoV-2 i aerosoler enligt Schuit et al experimentella studie.

Konstgjort saliv?	Relativ fuktighet (%)	Halveringstid (h)
Ja	20	1,16
Ja	53	1,44
Ja	70	0,66
Nej	20	0,77
Nej	37	0,89
Nej	53	0,15
Nej	70	0,77

Det har tidigare rapporterats att andra coronavirus var signifikant mindre stabila vid högre relativa luftfuktigheter. Halveringstiden för humant coronavirus minskar från 67,3 timmar till 3,3 timmar för relativ fuktighetsnivåer på 50% respektive 80%. Studien som Schuit et al gjort visade dock inte en liknande effekt. Enligt författaren så är det möjligt att ytterligare tester av längre varaktighet utan simulerat solljus skulle möjliggöra en bättre bedömning av effekten som relativ fuktighet har på SARS-CoV-2 i aerosoler, men resultaten av föreliggande studie antyder att någon sådan effekt skulle vara relativt liten i jämförelse med påverkan från solljus.

4.1.4 Dabisch, Schuit et al.

I studien gjord av Dabisch et al. (2020) har sönderfallskonstanten för aerosoler undersökts över ett bredare spektrum av miljöförhållanden än vad andra studier gjort. Nedbrytningshastigheten för SARS-CoV-2 i aerosoler har undersökts genom att det aerosoliserade viruset placerats i en miljöstyrd aerosolkammare. Nedbrytningshastigheten för viruset studerades sedan över ett temperaturintervall från 10° C till 40° C, relativ fuktighetsnivåer på 20% till 70% och vid simulerat solljus från 0,0 W/m² till

Relativa fuktighetens påverkan på överlevnaden av virus i inomhusluften

1,9 W/m². Det insamlade datamaterialet från experimenten användes sedan för att utveckla en regressionsmodell för att förutsäga sönderfallshastigheten för SARS-CoV-2 vid vilken kombination som helst av temperatur, relativ fuktighet och solljusintensitet, inom det undersökta intervallet.

Resultatet från studien visade att temperatur, simulerat solljus och relativ fuktighet alla tre är viktiga faktorer som påverkar överlevnaden av SARS-CoV-2 i aerosoler. Studien visade ett liknande resultat som andra studier, det vill säga att simulerat solljus och temperatur har en större påverkan på överlevnaden av viruset i aerosoler än den relativa fuktigheten, under de testade förhållandena.

Genom en flerstegs regression har en empirisk modell tagits fram där sönderfallskonstanten för SARS-CoV-2 i aerosoler kan beräknas fram under de testade förhållandena i studien.

$$k_{infectivity} = 0.16030 + 0.04018 \left(\frac{(T - 20.615)}{10.585} \right) + 0.02176 \left(\frac{(RH - 45.235)}{28.665} \right) + 0.14369 \left(\frac{(S - 0.95)}{0.95} \right) + 0.02636 \left(\frac{(T - 20.615)}{10.585} \right) \left(\frac{(RH - 45.235)}{0.95} \right)$$

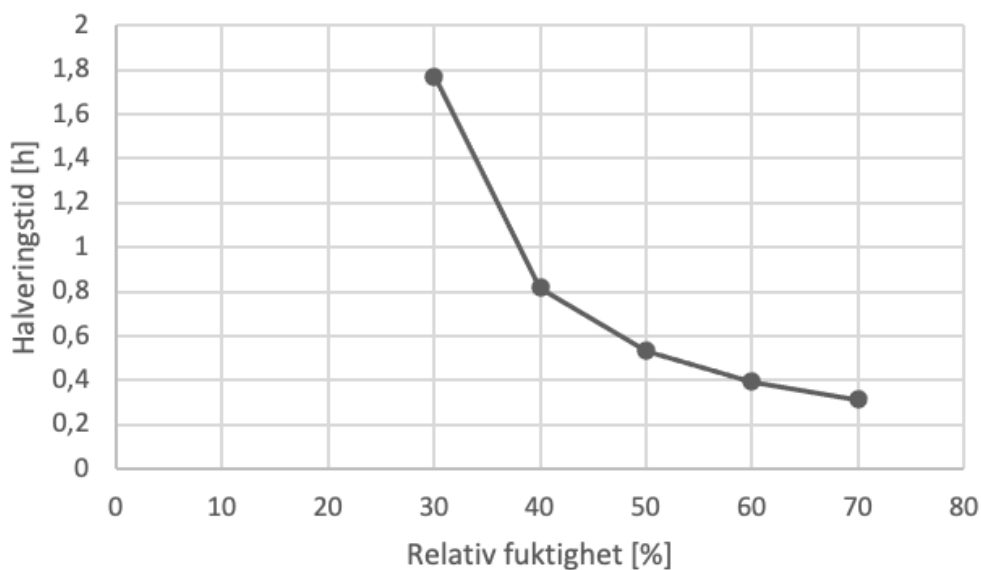
För ekvationen ovan är tillåtna värden för respektive parameter följande;

- T, temperatur: 10 °C till 30 °C,
- RH, relativ fuktighet: 20% - 70%
- S, integrerad UVB strålning: 0,0 W/m² till 1,9 W/m².

För att undersöka den relativa fuktighetens påverkan på överlevnaden av viruset utan närvaro av solljus användes den empiriska modellen för relativa fuktigheter mellan 20% - 70% vid tre olika temperaturer 20, 25 och 30 °C, resultatet kan ses i *tabell 3-6* och *figur 4-6*.

Tabell 3 Värden för halveringstiden av SARS-CoV-2 vid olika nivåer på relativ fuktighet enligt Dabisch et al. vid 20°C och vid 0,0 W/m² integrerad UVB strålning.

Relativ fuktighet (%)	Halveringstid (h)
30	1,77
40	0,818
50	0,532
60	0,394
70	0,313

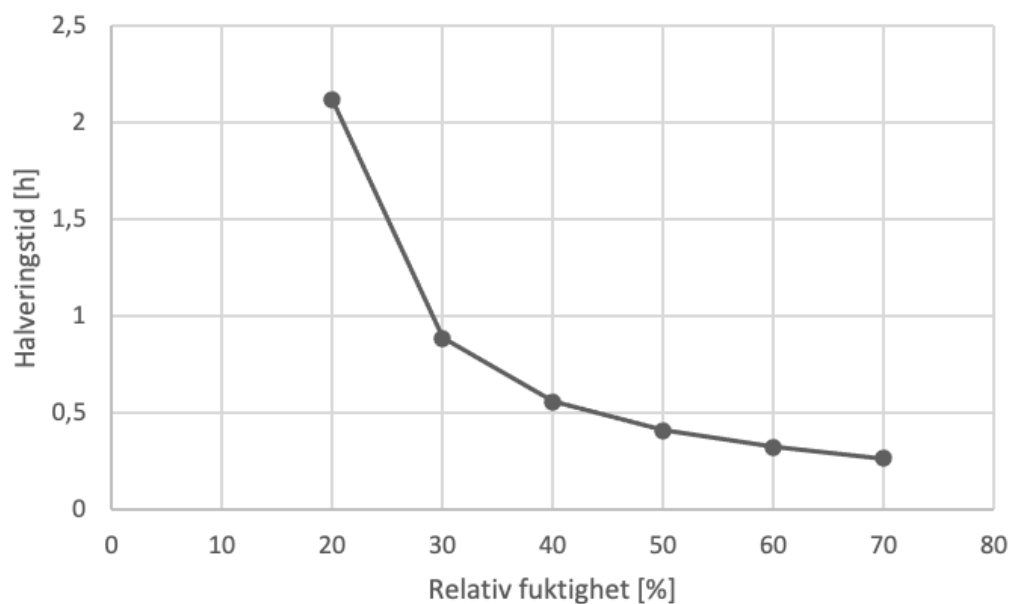


Figur 4 Halveringstidens variation i aerosoler vid temperaturen 20°C under relativa fuktigheter i intervallet 30% till 70%

Tabell 4 Värderna för halveringstiden av SARS-CoV-2 vid olika nivåer på relativ fuktighet enligt Dabisch et al. vid 25°C och vid 0,0 W/m² integrerad UVB strålning.

Relativ fuktighet (%)	Halveringstid (h)
20	2,117
30	0,885
40	0,5597
50	0,409
60	0,3225
70	0,3266

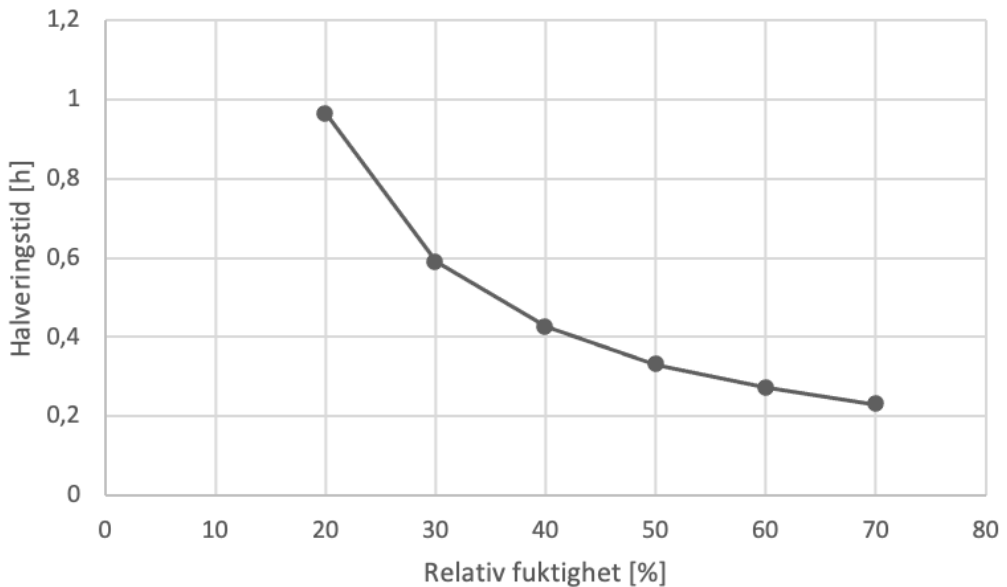
Relativa fuktighetens påverkan på överlevnaden av virus i inomhusluften



Figur 5 Halveringstidens variation i aerosoler vid temperaturen 25°C under relativa fuktigheter i intervallet 20% till 70%

Tabell 5 Värderna för halveringstiden av SARS-CoV-2 vid olika nivåer på relativ fuktighet enligt Dabisch et al. vid 30°C och vid 0,0 W/m² integrerad UVB strålning.

Relativ fuktighet (%)	Halveringstid (h)
20	0,9639
30	0,59
40	0,425
50	0,33
60	0,273
70	0,231



Figur 6 Halveringstidens variation i aerosoler vid temperaturen 30°C under relativa fuktigheter i intervallet 20% till 70%

4.1.5 Smither, Eastaugh et al.

I Smither et al. (2020) studie har aerosoler med SARS-CoV-2 förmåga att överleva i mörker vid två olika relativa fuktighetsvärden undersökts. Aerosolstudien har gjorts i en *Goldberg*-trumma och virus har aerosoliserats med en *Collison-nebulisator*. Under experimentets gång har den relativa fuktigheten ändrats för att uppnå medium (40-60%) och höga (68-88%) relativa fuktigheter, medans temperaturen i aerosolen hölls vid 19-22 °C i mörker. Experimentet utfördes både med SARS-CoV-2 aerosoliserad i vävnad och i artificiellt saliv.

Resultatet från studien visade att SARS-CoV-2 var stabilt i alla de fyra experimentella förhållanden som testades och att viruset överlevde under hela experimentets gång (90 minuter) i en aerosolerad miljö. I aerosoliserad vävnad var viruset mer stabilt vid medelhög relativ fuktighet jämfört med vid högre relativ fuktighet. I jämförelse med artificiell saliv så uppmättes det omvända, det vill säga att det var mer stabilt vid högre relativa fuktigheter än medelhöga, se *tabell 6*.

Relativa fuktighetens påverkan på överlevnaden av virus i inomhusluften

Tabell 6 Sammanställning av resultat från Smither et al. experimentella studie.

	Medium relativ fuktighet (%)		Hög relativ fuktighet (%)	
	Vävnad	Artificiellt saliv	Vävnad	Artificiellt saliv
Relativ fuktighet (%)	55,5	55	86	81
Halveringstid (h)	1,25	0,70	0,50	2,95

4.2 Resultat och diskussion litteraturstudie

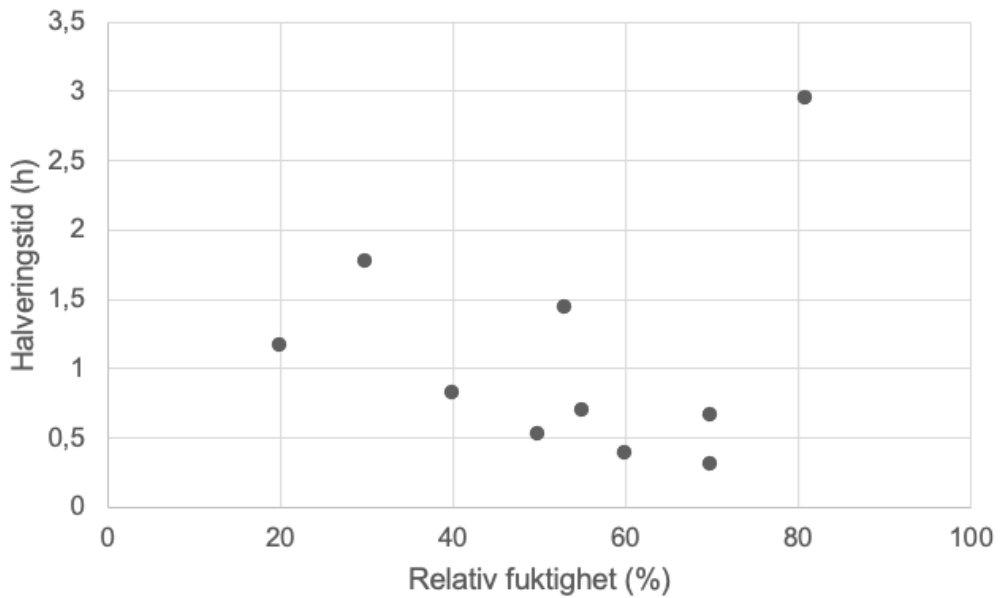
I litteraturstudien har halveringstiden i aerosoler för SARS-CoV-2 undersökts under olika nivåer på relativ fuktighet. Fem experimentella studier har hittats som varit relevanta för den här studien, *se tabell 7*. Utifrån den nu tillgängliga informationen och utifrån de studerade studierna har följande data sammanfattats, *se tabell 8*.

Tabell 7 Sammanfattning av studerade studier.

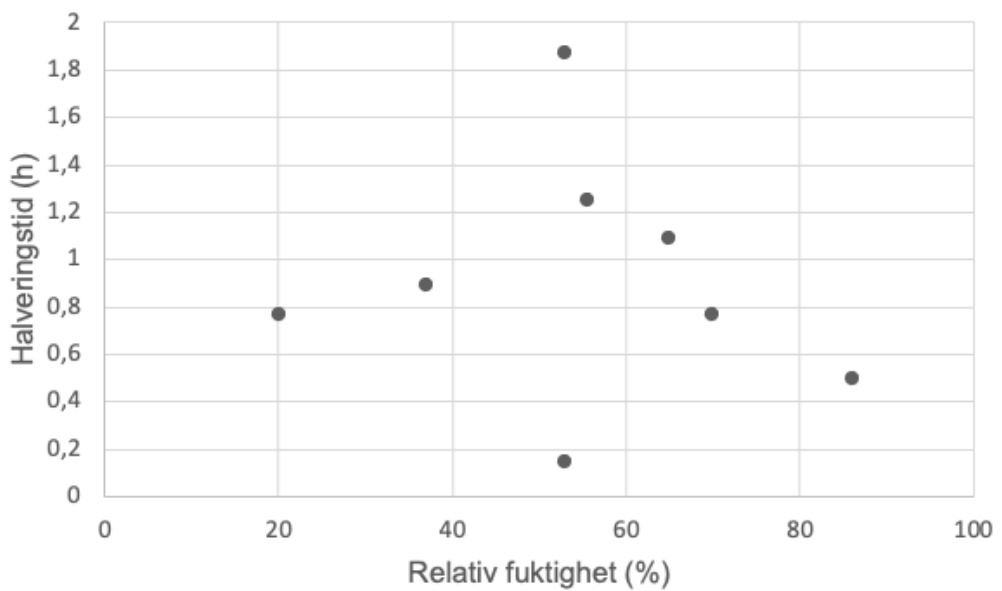
Experimentell studie	Årtal	Relativ fuktighet [%]	Temperatur [°C]	Land
van Doremalen et al.	2020	65	22	USA
Fears, Klimstra, Duprex et al.	2020	53	23	USA
Schuit, Ratnesar-Shumate et al.	2020	20, 37, 45, 53, 70	20	USA
Dabisch, Schuit et al.	2020	20-70	10-30	USA
J.Smith, Eastaugh et al.	2020	40-60 och 68-88	20,5	Storbritannien

Tabell 8 Sammanfattning av halveringstiden för SARS-CoV-2 i aerosoler från studerade studier.

Experimentell studie	Artificiellt saliv?	Temperatur (°C)	RF (%)	Halveringstid (h)
van Doremalen et al.	Nej	22	65	1,09
Fears et al.	Nej	23	53	1,87
Schuit et al	Ja	20	20	1,16
Schuit et al	Ja	20	53	1,44
Schuit et al	Ja	20	70	0,66
Schuit et al	Nej	20	20	0,77
Schuit et al	Nej	20	37	0,89
Schuit et al	Nej	20	53	0,15
Schuit et al	Nej	20	70	0,77
Dabisch et al	Ja	20	30	1,77
Dabisch et al	Ja	20	40	0,82
Dabisch et al	Ja	20	50	0,53
Dabisch et al	Ja	20	60	0,39
Dabisch et al	Ja	20	70	0,31
Smith et al.	Nej	20,5	55,5	1,25
Smith et al.	Nej	20,5	86	0,50
Smith et al.	Ja	20,5	55	0,70
Smith et al.	Ja	20,5	81	2,95

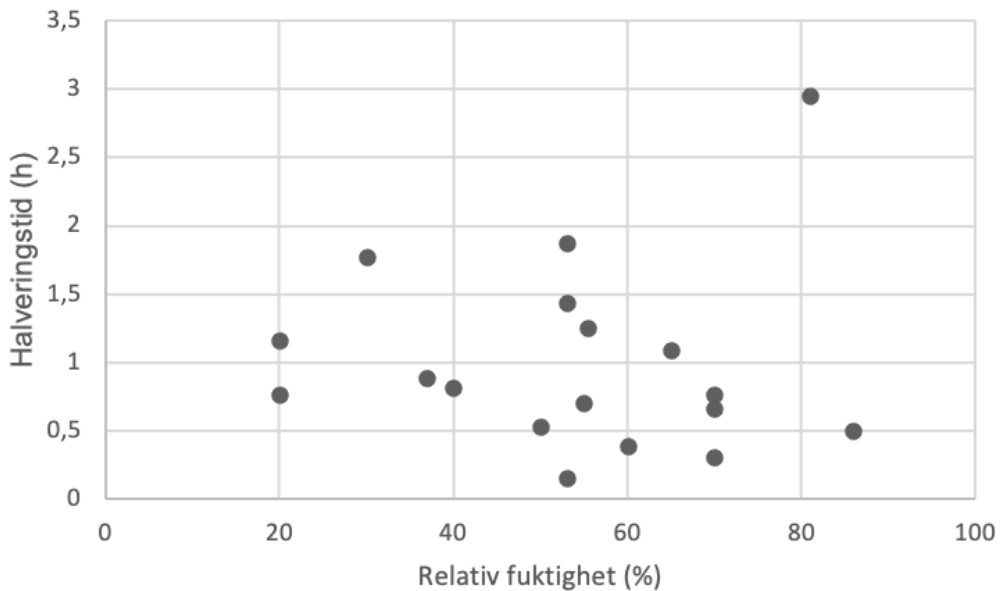


Figur 7 Sammanställning av halveringstider för studerade studier i artificiellt saliv vid temperaturen 20-20,5°C och olika relativa fuktigheter.



Figur 8 Sammanställning av halveringstider för studerade studier i vävnad vid temperaturen 20-20,5°C och olika relativa fuktigheter.

Relativa fuktighetens påverkan på överlevnaden av virus i inomhusluften



Figur 9 Sammanställning av halveringstider för studerade studier i både artificiellt saliv och vävnad vid temperaturen 20-20,5°C och olika relativa fuktigheter.

Den relativa fuktighetens påverkan på överlevnaden av virus varierar beroende på vilket typ av virus som studeras och virusets struktur. SARS-CoV-2 som är ett lipidhöljt virus har från de studerade studierna visats bete sig på ett liknande sätt som andra presenterade lipidhöljda virus.

I alla de fem presenterade experimentella studier har liknande metoder använts för att undersöka viruset SARS-CoV-2 överlevnad i aerosoler. Tre av studierna har använt sig av artificiellt saliv; Dabisch et al. (2020), Schuit et al. (2020), och Smither et al. (2020) och resterande två Smither et al. (2020), och Fears et al. (2020) har *endast* använt sig av vävnad för att undersöka viruset. Studierna av Schuit et al. (2020), och Smither et al. (2020) har utfört experiment med både artificiellt saliv och i vävnad.

Genom att endast titta på experimenten individuellt så går det inte att dra att en slutsats på den inverkan som den relativa fuktigheten har på virus överlevnad i aerosoler. Detta då endast en av studierna har undersökt ett större intervall av både temperatur och relativ fuktighet. Men genom att titta på alla studier och jämföra så kan man se att SARS-CoV-2 beter sig på ett liknande sätt som andra lipidhöljda virus, det vill säga att viruset är mer stabilt vid lägre relativa fuktigheter än högre, *se figur 9*. Då alla studier inte undersökts under ett större intervall av relativa fuktigheter samt att det förekommer skillnader i temperatur bör detta tas hänsyn till vid tolkningen av resultatet. Även det att

Relativa fuktighetens påverkan på överlevnaden av virus i inomhusluften

vissa experiment utförts i artificiellt saliv och vävnad är en faktor för differentierade resultat.

Temperatur har visats vara en parameter som påverkar överlevnaden av viruset. Enligt sammanställningen av Dabisch et al. (2020) studie där temperatur var en av parametrarna som gick att reglera i ekvationen framkom det en skillnad i halveringstiden. Vid 30% relativ fuktighet och temperaturerna 20°C-30°C varierar halveringstiden mellan 1,77 timmar vid 20°C och 0,59 timmar vid 30°C. Genom att endast titta på Dabisch et al. (2020) studie så har temperatur en påverkan på överlevnaden av viruset. Vid sammanställningen av halveringstiderna i *figur 9* har därför halveringstiderna från van Doremalen et al. (2020) och Fears et al. (2020) studie inte tagits med. Endast studier som undersökts i temperaturintervallet 20°C-20,5°C är med i sammanställningen. Detta för att endast jämföra inverkan som den relativa fuktigheten har på överlevnaden av viruset i aerosoler.

Denna studie är baserad på ett begränsat antal experimentella studier och ämnet som undersöks är ett nytt ämne som fortfarande forskas om. Utifrån detta är det svårt att göra en definitiv slutsats hur viruset beter sig under olika nivåer på den relativa fuktigheter. I *figur 7* respektive *8* visas en sammanställning av halveringstiderna vid artificiellt saliv och i vävnad från de tre studerade studierna i temperaturintervallet 20°C-20,5°C. Från sammanställningarna utlästes att experimenten i vävnad har en större spridning och inte ett lika tydligt samband som dem i artificiellt saliv. Att undersöka felkällor i experimenten är utanför kunskapsområdet för denna studie. Men genom att titta på *figur 9* där sammanställningen gjorts för samtliga studerade studier kan en trend som pekar på att virusets överlevnad i aerosoler minskar vid högre relativa fuktigheter noteras. Denna trend är liknande för andra lipidhöljande virus som influensa virus, men även virus inom coronavirus familjen som exempelvis MERS-Coronavirus. Detta tyder på att utifrån den insamlade datan att SARS-CoV-2 beter sig på ett liknande sätt som andra lipidhöljande virus.

Med hänsyn till komforten inomhus för oss människor och med hänsyn till bakterier, svamp, kvalster och virus generellt bör den optimala luftfuktighet vara någonstans mellan 40% och 60%. Jämförs halveringstiden vid 30% med 40% i Dabisch et al. (2020) studie kan en halvering i halveringstiden, från 1,77 timmar till 0,818 timmar utläsas. Liknande resultat visades för influensa virus enligt Noti et al. (2013) studie som visade att vid relativa fuktigheter mellan 7-23% överlevde 70,6% respektive 77,2% av viruset och vid en relativ fuktighet på 43% överlevde endast 14,6% av viruset. Liknande resultat visades även i Schuit et al. (2020) studie där halveringstiden vid 53% relativ fuktighet minskade markant i jämförelse med den vid 20%, från 0,77 timmar till 0,15 timmar.

Relativa fuktighetens påverkan på överlevnaden av virus i inomhusluften

Utifrån denna data så bör den relativa fuktigheten inomhus hållas på en nivå $>40\%$ för att minska överlevnaden i aerosoler hos även SARS-CoV-2.

5 Parameterstudie

För att undersöka hur den relativa fuktigheten påverkar den luftburna smittspridningen genom att endast titta på förändringar i överlevnaden av viruset, SARS-CoV-2 kommer en parameterstudie att göras. Parameterstudien kommer att utgå från Wells-Rileys ekvation som presenterats i *avsnitt 3.4*. Ekvationen kommer att användas för att förutsäga sannolikheten att en frisk person som befinner sig i samma rum med en eller flera smittade personer, blir smittad genom luftburen spridning av SARS-CoV-2.

$$R = \left(1 - e^{-IR \int_0^T n(t) dt}\right) \quad [\%]$$

För parameterstudien kommer en beräkningsmall att användas som tillhandahållits från företaget *Airson Engineering*. Beräkningsmallen är en sammanställning av alla parametrar som ingår i Wells-Rileys ekvation och Gammaitoni och Nuccis ekvation som tar hänsyn till förändringar i quanta nivån i rummet genom tiden.

$$n(t, ER_q) = n_0 \cdot e^{-IVRR \cdot t} + \frac{ER_q \cdot I}{IVRR \cdot V} \cdot (1 - e^{-IVRR \cdot t})$$

Sannolikheten att bli smittad genom luftburen spridning av SARS-CoV-2 kommer att undersökas i två olika typer av utrymmen, med två olika typer av aktivitetsgrader; måttlig och tung ansträngning. De två utrymmena som kommer att studeras är ett öppet kontorslandskap och ett gym. Båda utrymmen kommer undersökas under två olika ventilationstekniska utformningar; omblandad ventilation och deplacerande ventilation. Den relativa fuktigheten kommer att varieras inom den rekommenderade nivån för inomhusmiljö (30-60%), vid en temperatur på 20°C.

För båda utrymmena kommer följande data att användas som standard och kommer inte att ändras i beräkningsmallen:

- Quanta-talet (ER_q) är 26,3 quanta/h
- För omblandad ventilation är ventilationseffektiviteten (ϵ) 0,9 och för deplacerande ventilation är den 1,7
- Depositionen av partiklar (k) är 0,24/h
- Andelen återluft 50%
- Filtreringsgraden är 10%
- I båda fall antar vi att quanta-nivån är noll vid starttiden, $t = 0$

Värden för inaktiveringen av SARS-CoV-2 kommer utgå från den experimentella studien av Dabisch et al. som presenterats i *avsnitt 4.1.4*. Studien var den mest omfattade och innefattade värden för halveringstiden under hela intervallet för rekommenderad nivå på den relativa fuktigheten inomhus, *se tabell 9*.

Tabell 9 Värden för inaktiveringen av SARS-CoV-2 vid olika nivåer på relativ fuktighet enligt Dabisch et al. vid 20°C och vid 0,0 W/m² integrerad UVB strålning.

Relativ fuktighet (%)	Halveringstid (h)	Inaktivering, λ (h)
30	1,77	0,39
40	0,818	0,847
50	0,532	1,30
60	0,394	1,76

5.1 Öppet kontorslandskap

Ett öppet kontorslandskap innebär arbete i större, öppna lokaler där medarbetarna sitter tillsammans utan några avskiljande väggar. Fördelen med att ha ett öppet kontor i jämförelse med separata kontor är bland annat att det är enklare och går snabbare att prata mellan kollegor, och kan skapa en naturlig gemenskap på arbetsplatsen. Men ett öppet kontorslandskap kan också bidra till att spridningen av virus kan öka. Beroende på kontorets storlek och antalet platser kan ett öppet kontorslandskap göra så att viruspartiklarna sprider sig långa sträckor, då det inte finns några avskiljande väggar som förhindrar viruset att sprida sig mellan medarbetarna. För att förhindra droppsmitta bör kontorsplatserna befinna sig på minst två meters avstånd från varandra. Eftersom virus som kan sprida sig via aerosoler i luften har bevisats kunna färdas längre sträckor än två meter är det således aktuellt att undersöka risken för att bli smittad genom luftburen transmission i ett öppet kontorslandskap.

I beräkningen kommer ett stort kontorslandskap att undersökas där studien utgår från att 50 personer befinner sig i det öppna utrymmet, där en av de närvarande är smittad av viruset SARS-CoV-2. Öppna kontor bör vara ca 15-20 m² per arbetsplats (Dahlberg, 2014), i beräkningen kommer 25 m² per arbetsplats att användas för att inkludera allmänna utrymmen. Studien antar att medarbetarna är exponerade för smittan under hela arbetsdagen, det vill säga åtta timmar och arbetar med måttlig ansträngning, vilket ger en inandningshastighet på 2,25 m³/h, enligt *avsnitt 3.4.3*. Indata som användes i beräkningsmallen presenteras i *tabell 10*.

Relativa fuktighetens påverkan på överlevnaden av virus i inomhusluften

Tabell 10 Indata i beräkningsmall för kontorslandskap.

INDATA	
Totalt luftflöde (m ³ /h)	9000
Andel återluft (%)	50
Filtreringsgrad EPM ₁ (%)	10
Undersökta rummet	
Area (m ²)	1250
Takhöjd (m)	3
Volym (m ³)	3750
Totalt antal personer, inklusive den smittade (st)	50
Andel mottagliga för infektion (%)	100
Antal smittsamma personer (st)	1
Tid som de(n) smittsamma vistas i lokalen (h)	8
Den studerade sjukdomen	
Quanta-tal (quanta/h)	26,3
n ₀	0
Tid för exponering (h)	8
Starttid (h)	0
Inandningshastighet	2,25 (måttlig ansträngning)

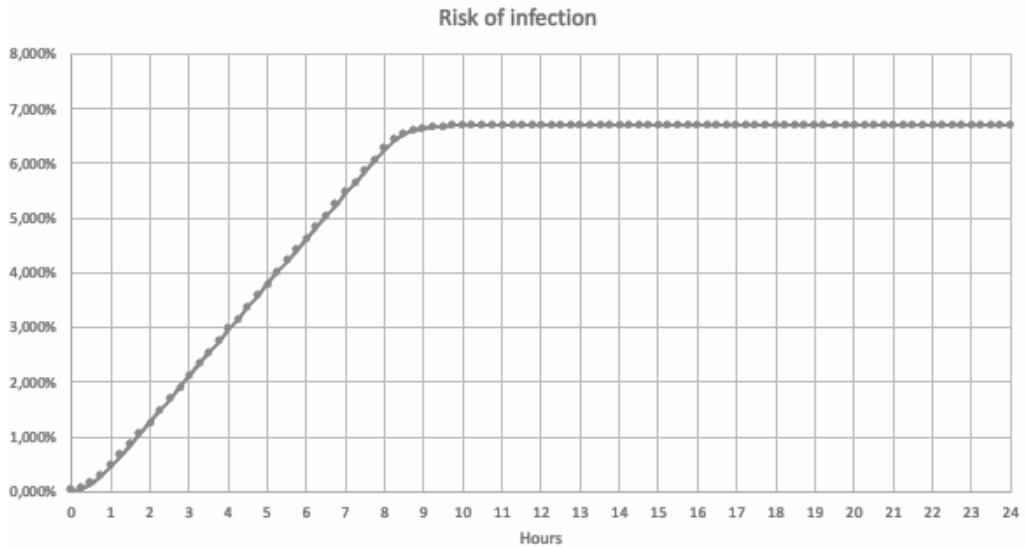
I *figur 10-17* presenteras risken att bli smittad genom hela tiden för exponering. Då dem som befinner sig i kontoret befinner sig i utrymmet i åtta timmar och genererar quanta under denna period så är det störst risk efter åtta timmar. Efter åtta timmar antar modellen att ingen mer quanta tillförs till utrymmet och att ingen heller befinner sig i utrymmet. Risken kommer därför efter åtta timmar inte öka då det inte befinner sig någon i utrymmet.

Risken att bli smittad vid 30% relativ fuktighet i ett kontorslandskap vid måttlig ansträngning presenteras i *tabell 11*, för både omblandande och deplacerande ventilation.

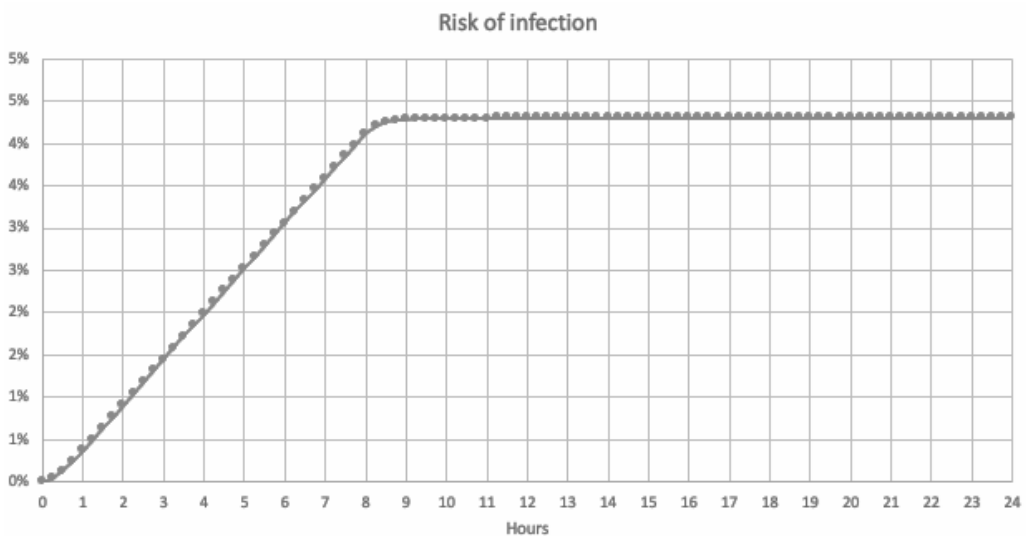
Tabell 11 Utdata från beräkningsmall vid 30% relativ fuktighet.

UTDATA		
	Omblandande ventilation	Deplacerande ventilation
Risk (%)	6,262 %	4,114 %
Antal smittade	3,07	2,02
% - ökning i jämförelse med deplacerande ventilation	52 %	
% - minskning i jämförelse med omblandande ventilation		34%

Relativa fuktighetens påverkan på överlevnaden av virus i inomhusluften



Figur 10 Risken att bli smittad av Covid-19 genom luftburen transmission i kontorslandskap vid omblandad ventilation och en relativ fuktighet på 30% som en funktion av tid för exponering.



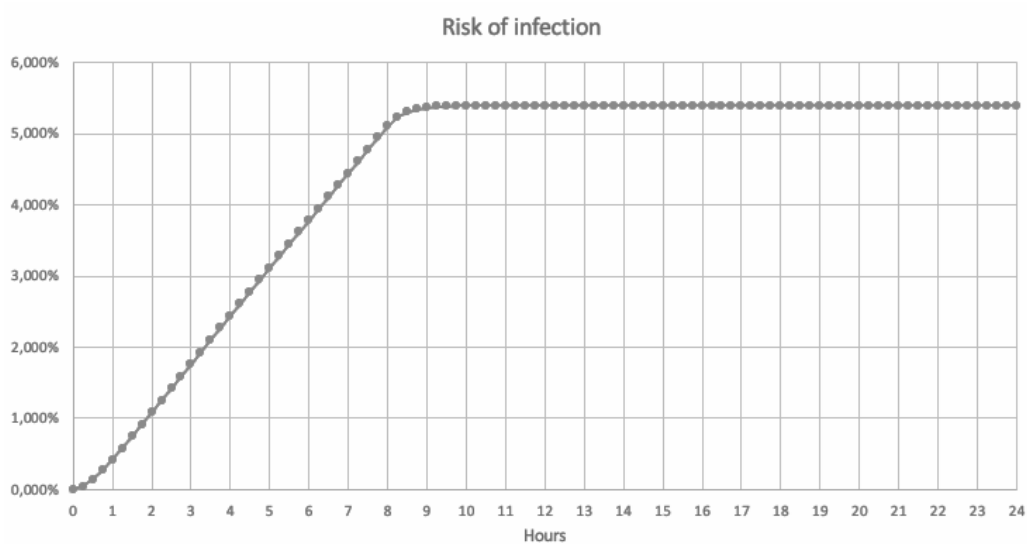
Figur 11 Risken att bli smittad av Covid-19 genom luftburen transmission i kontorslandskap vid deplacerande ventilation och en relativ fuktighet på 30% som en funktion av tid för exponering.

Relativa fuktighetens påverkan på överlevnaden av virus i inomhusluften

Risken att bli smittad vid 40% relativ fuktighet i ett kontorslandskap vid måttlig ansträngning presenteras i *tabell 12*, för både omblandande och deplacerande ventilation.

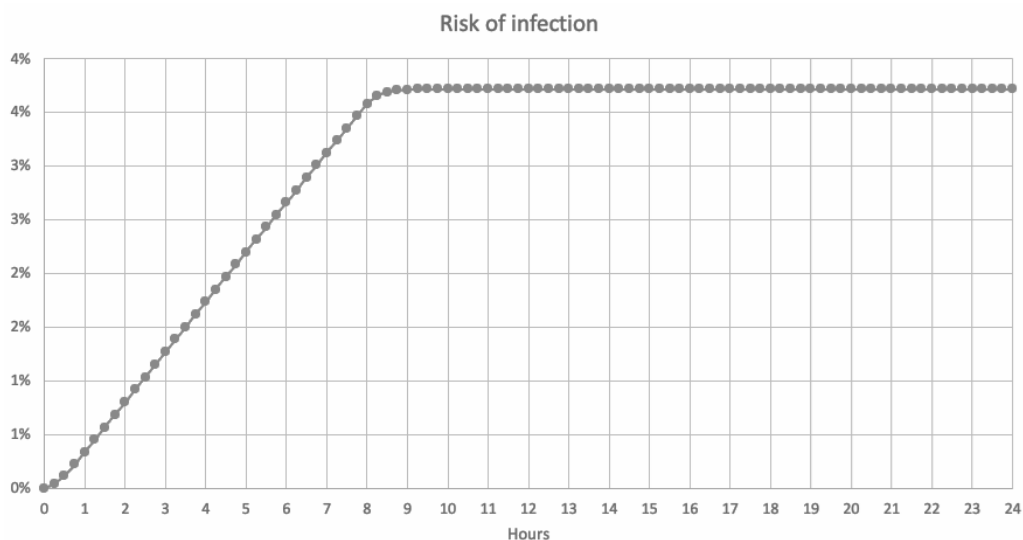
Tabell 12 Utdata från beräkningsmall vid 40% relativ fuktighet.

UTDATA		
	Omblandad ventilation	Deplacerande ventilation
Risk (%)	5,109 %	3,582 %
Antal smittade	2,50	1,76
% - ökning i jämförelse med deplacerande ventilation	43 %	
% - minskning i jämförelse med omblandande ventilation		30%



Figur 12 Risken att bli smittad av Covid-19 genom luftburen transmission i kontorslandskap vid omblandad ventilation och en relativ fuktighet på 40% som en funktion av tid för exponering

Relativa fuktighetens påverkan på överlevnaden av virus i inomhusluften



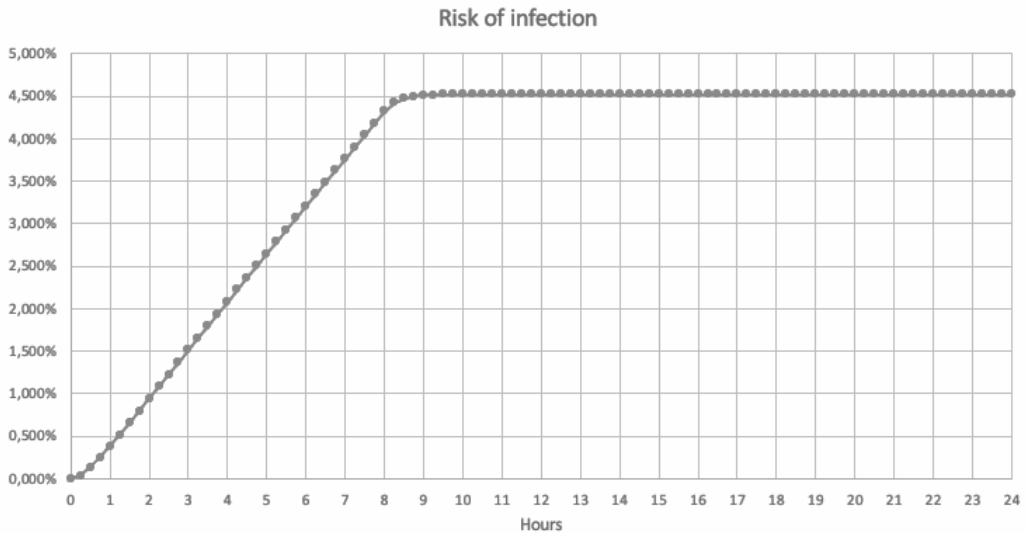
Figur 13 Risken att bli smittad av Covid-19 genom luftburen transmission i kontorslandskap vid deplacerande ventilation och en relativ fuktighet på 40% som en funktion av tid för exponering.

Risken att bli smittad vid 50% relativ fuktighet i ett kontorslandskap vid måttlig ansträngning presenteras i *tabell 13*, för både omblandande och deplacerande ventilation.

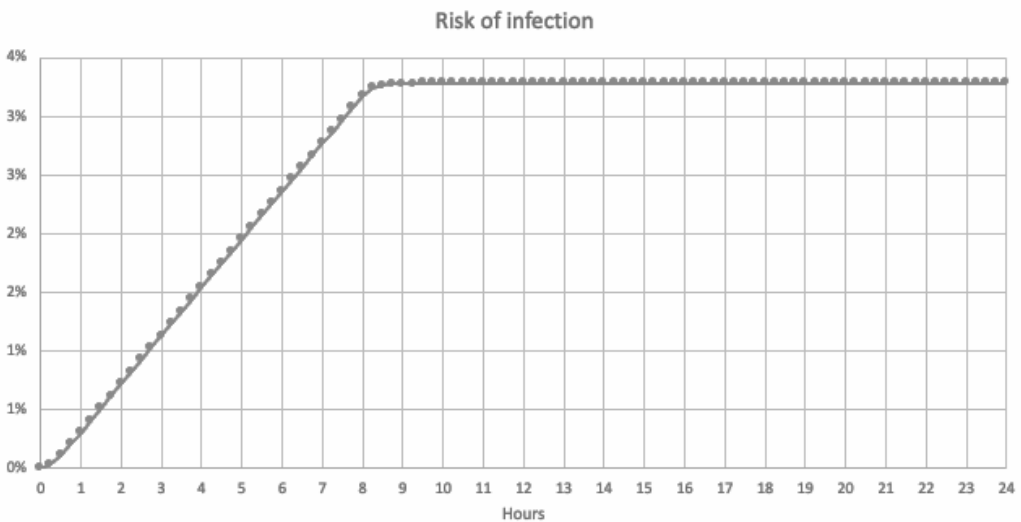
Tabell 13 Utdata från beräkningsmall vid 50% relativ fuktighet.

UTDATA		
	Omblandad ventilation	Deplacerande ventilation
Risk (%)	4,319 %	3,174 %
Antal smittade	2,12	1,56
% - ökning i jämförelse med deplacerande ventilation	36 %	
% - minskning i jämförelse med omblandande ventilation		27%

Relativa fuktighetens påverkan på överlevnaden av virus i inomhusluften



Figur 14 Risken att bli smittad av Covid-19 genom luftburen transmission i kontorslandskap vid omblandad ventilation och en relativ fuktighet på 50% som en funktion av tid för exponering



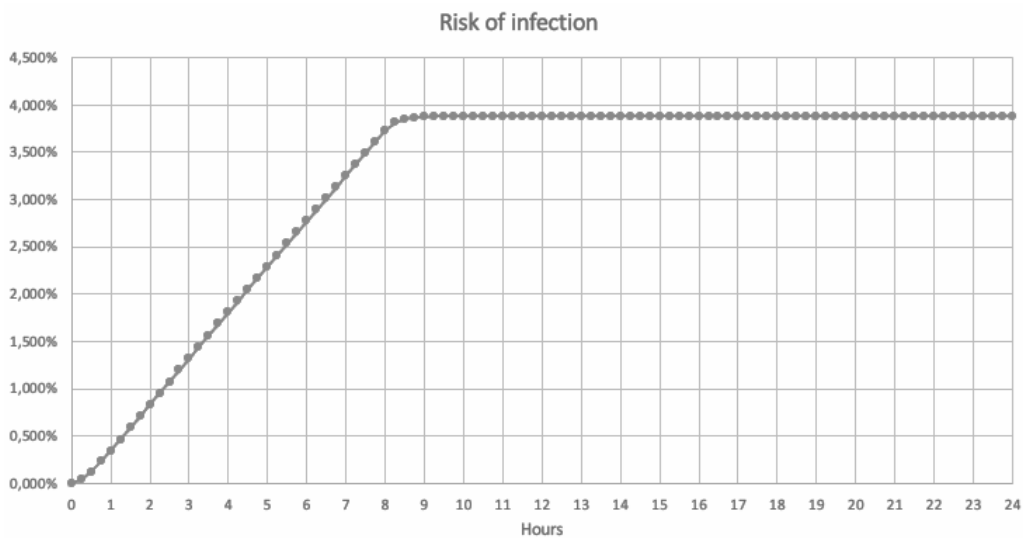
Figur 15 Risken att bli smittad av Covid-19 genom luftburen transmission i kontorslandskap vid deplacerande ventilation och en relativ fuktighet på 50% som en funktion av tid för exponering.

Relativa fuktighetens påverkan på överlevnaden av virus i inomhusluften

Risken att bli smittad vid 60% relativ fuktighet i ett kontorslandskap vid måttlig ansträngning presenteras i *tabell 14*, för både omblandande och deplacerande ventilation.

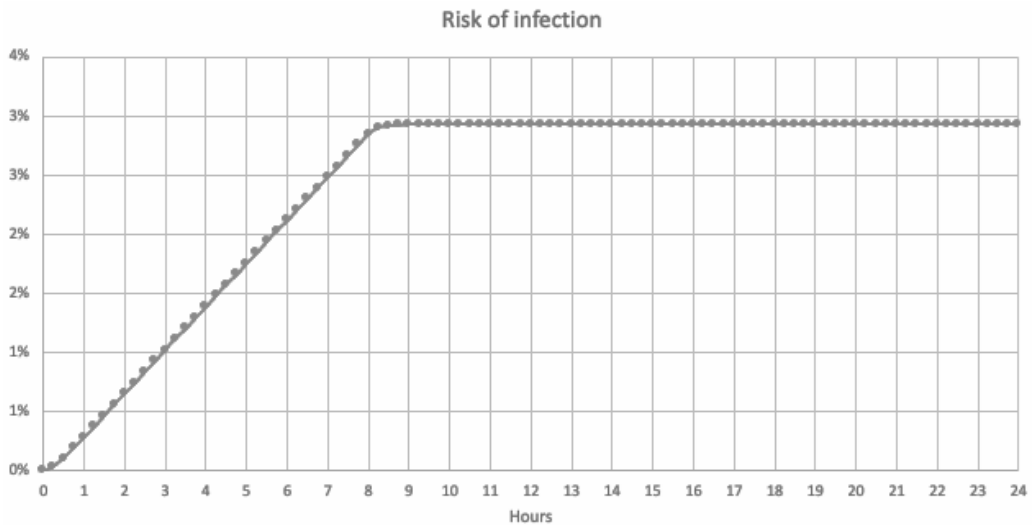
Tabell 14 Utdata från beräkningsmall vid 60% relativ fuktighet.

UTDATA		
	Omblandad ventilation	Deplacerande ventilation
Risk (%)	3,733 %	2,846 %
Antal smittade	1,83	1,39
% - ökning i jämförelse med deplacerande ventilation	31 %	
% - minskning i jämförelse med omblandande ventilation		24 %



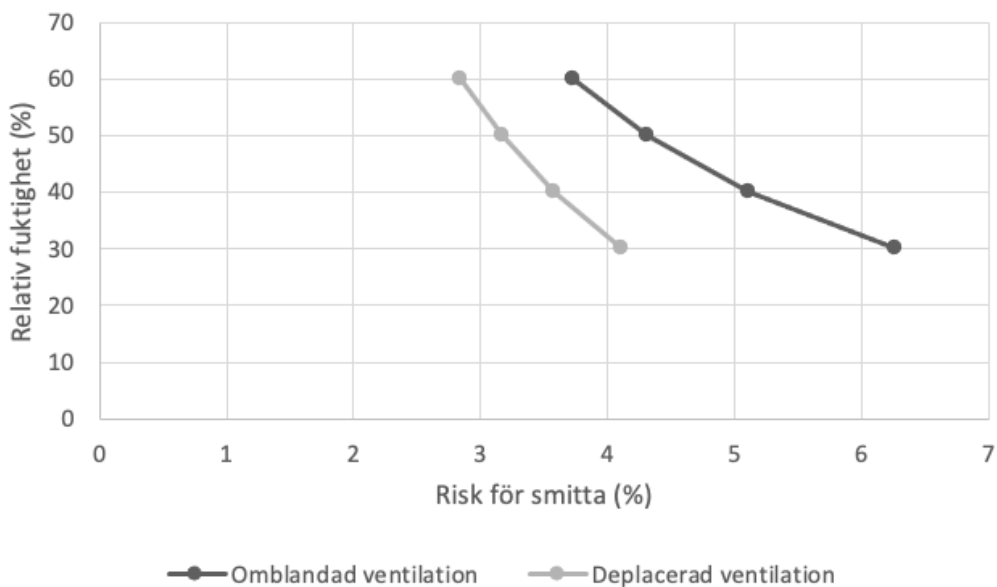
Figur 16 Risken att bli smittad av Covid-19 genom luftburen transmission i kontorslandskap vid omblandad ventilation och en relativ fuktighet på 60% som en funktion av tid för exponering

Relativa fuktighetens påverkan på överlevnaden av virus i inomhusluften



Figur 17 Risken att bli smittad av Covid-19 genom luftburen transmission i kontorslandskap vid deplacerande ventilation och en relativ fuktighet på 60% som en funktion av tid för exponering.

I figur 18 kan risken för att bli smittad av SARS-CoV-2 genom luftburen transmission i ett kontorslandskap vid omblandad ventilation i jämförelse med deplacerande ventilation ses, under rekommenderade nivåer för relativ fuktighet inomhus (30%-60%).



Figur 18 Sammanställning av utdata från tabell 11-14.

5.2 Gym

För att undersöka risken att bli smittad i ett utrymme där personerna har en hög ansträngning kommer ett gym att undersökas. I gym finns det flera möjligheter för virus att sprida sig. Maskiner som står nära varandra kan utgöra en risk för droppsmitta och eftersom maskiner delas mellan de som befinner sig på gymmet är risken för indirekt droppsmitta genom direktkontakt med en yta som kontaminerats av viruset hög. Förutom det så sker det en hög ansträngning hos de som tränar vilket leder till snabbare andningshastighet och fler partiklar som släpps ut i inandningsluften. Således är undersökningen för risken att bli smittad av virus, specifikt SARS-CoV-2 genom luftburen transmission i ett gym aktuellt.

Vid en hög ansträngning har människor en inandningshastighet på 3,3 m³/h, enligt *avsnitt 3.4.3*. I exemplet kommer ett gym på 1000 m² undersökas där studien antar att 50 personer tränar, där 1 person av de är smittad. Studien utgår från att alla 50 besökare kommer samtidigt och lämnar samtidigt och är exponerade i två timmar. Indata som användes i beräkningsmallen presenteras i *tabell 15*.

Tabell 15 Indata i beräkningsmall för gym.

INDATA	
Totalt luftflöde (m ³ /h)	7200
Andel återluft (%)	50
Filtreringsgrad EPM ₁ (%)	10
Undersökta rummet	
Area (m ²)	1000
Takhöjd (m)	3
Volym (m ³)	3000
Totalt antal personer, inklusive den smittade (st)	50
Andel mottagliga för infektion (%)	100
Antal smittsamma personer (st)	1
Tid som de(n) smittsamma vistas i lokalen (h)	2
Den studerade sjukdomen	
Quanta-tal (quanta/h)	26,3
n ₀	0
Tid för exponering (h)	2
Starttid (h)	0
Inandningshastighet	3,3 (hög ansträngning)

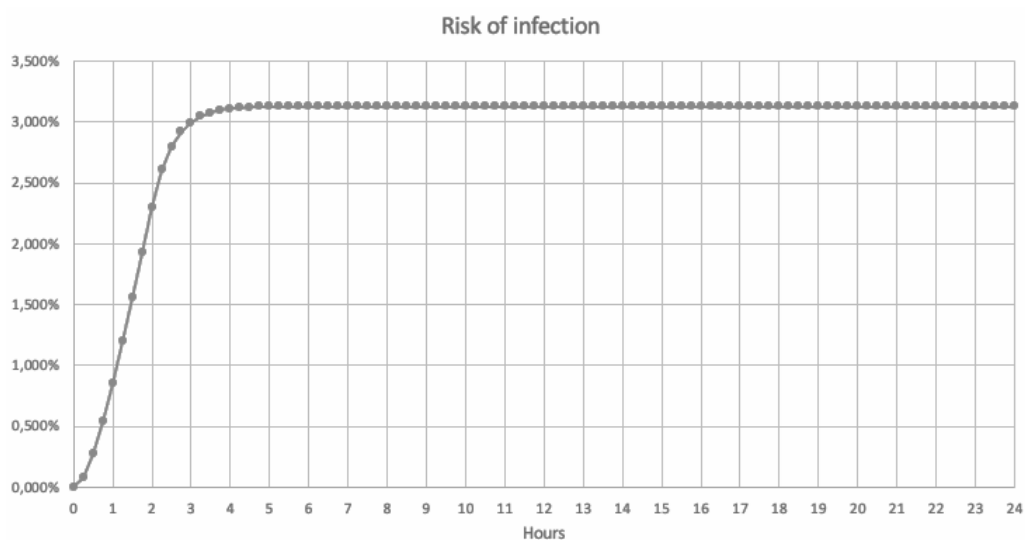
Relativa fuktighetens påverkan på överlevnaden av virus i inomhusluften

I figur 19-26 presenteras risken att bli smittad genom hela tiden för exponering. Då de som befinner sig i gymmet antas befinna sig i utrymmet i två timmar och genererar quanta under denna period så är det störst risk efter två timmar. Efter två timmar antar modellen att ingen mer quanta tillförs till utrymmet och att ingen heller befinner sig i utrymmet. Risken kommer därför efter två timmar inte öka då det inte befinner sig någon i utrymmet.

Risken att bli smittad vid 30% relativ fuktighet i ett gym vid hög ansträngning presenteras i tabell 16, för både omblandande och deplacerande ventilation.

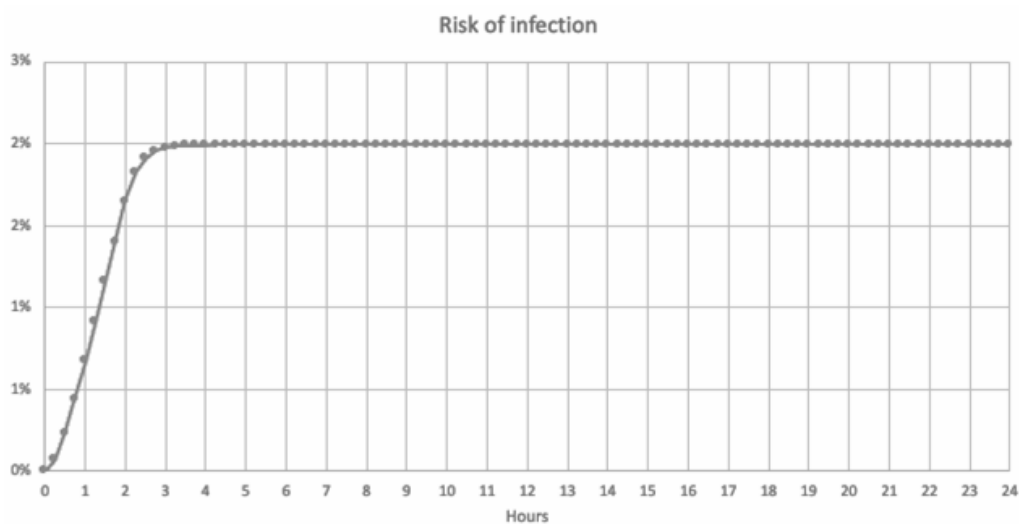
Tabell 16 Utdata från beräkningsmall vid 30% relativ fuktighet.

UTDATA		
	Omblandad ventilation	Deplacerande ventilation
Risk (%)	2,303 %	1,650 %
Antal smittade	1,13	0,81
% - ökning i jämförelse med deplacerande ventilation	40 %	
% - minskning i jämförelse med omblandande ventilation		28 %



Figur 19 Risken att bli smittad av Covid-19 genom luftburen transmission i gym vid omblandad ventilation och en relativ fuktighet på 30% som en funktion av tid för exponering.

Relativa fuktighetens påverkan på överlevnaden av virus i inomhusluften



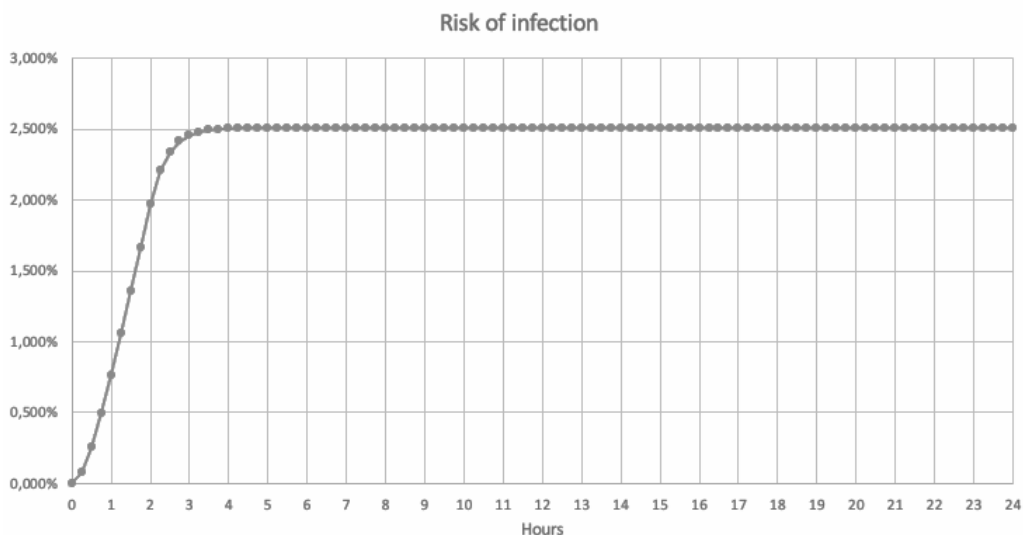
Figur 20 Risken att bli smittad av Covid-19 genom luftburen transmission i gym vid deplacerande ventilation och en relativ fuktighet på 30% som en funktion av tid för exponering.

Risken att bli smittad vid 40% relativ fuktighet i ett gym vid hög ansträngning presenteras i *tabell 17*, för både omblandande och deplacerande ventilation.

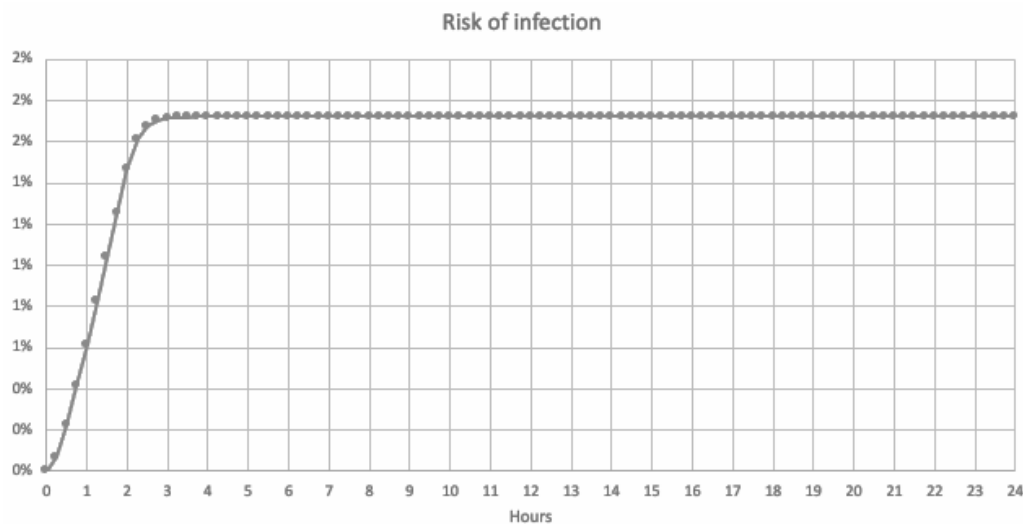
Tabell 17 Utdata från beräkningsmall vid 40% relativ fuktighet.

UTDATA		
	Omblandad ventilation	Deplacerande ventilation
Risk (%)	1,971 %	1,466 %
Antal smittade	0,97	0,72
% - ökning i jämförelse med deplacerande ventilation	34 %	
% - minskning i jämförelse med omblandande ventilation		26 %

Relativa fuktighetens påverkan på överlevnaden av virus i inomhusluften



Figur 21 Risken att bli smittad av Covid-19 genom luftburen transmission i gym vid omblandad ventilation och en relativ fuktighet på 40% som en funktion av tid för exponering.



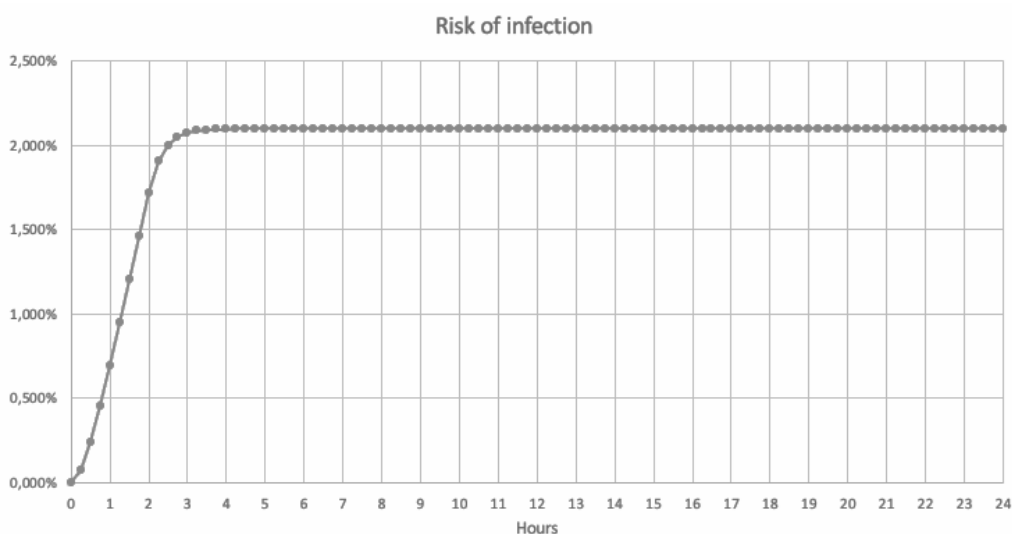
Figur 22 Risken att bli smittad av Covid-19 genom luftburen transmission i gym vid deplacerande ventilation och en relativ fuktighet på 40% som en funktion av tid för exponering.

Relativa fuktighetens påverkan på överlevnaden av virus i inomhusluften

Risken att bli smittad vid 50% relativ fuktighet i ett gym vid hög ansträngning presenteras i *tabell 18*, för både omblandande och deplacerande ventilation.

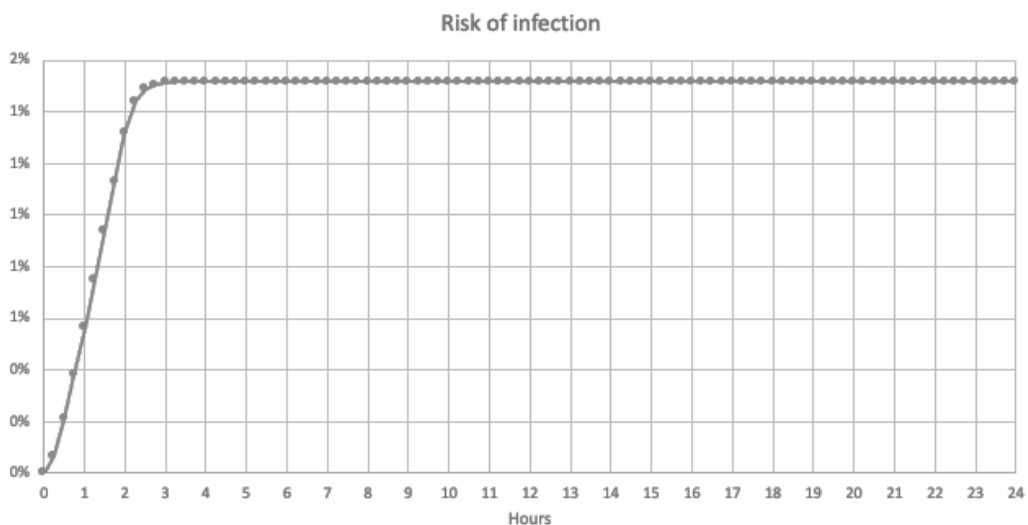
Tabell 18 Utdata från beräkningsmall vid 50% relativ fuktighet.

UTDATA		
	Omblandad ventilation	Deplacerande ventilation
Risk (%)	1,719 %	1,318 %
Antal smittade	0,84	0,65
% - ökning i jämförelse med deplacerande ventilation	30 %	
% - minskning i jämförelse med omblandande ventilation		23 %



Figur 23 Risken att bli smittad av Covid-19 genom luftburen transmission i gym vid omblandad ventilation och en relativ fuktighet på 50% som en funktion av tid för exponering.

Relativa fuktighetens påverkan på överlevnaden av virus i inomhusluften



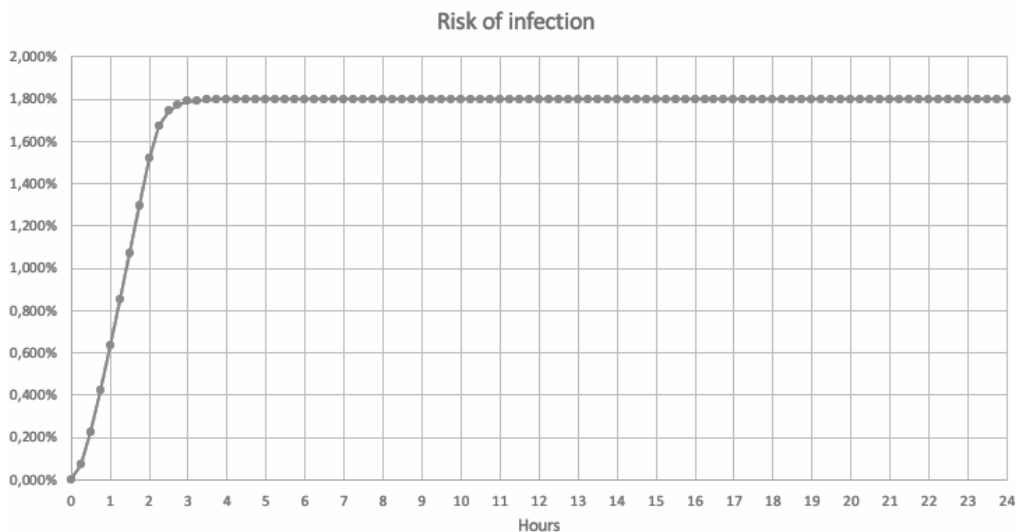
Figur 24 Risken att bli smittad av Covid-19 genom luftburen transmission i gym vid deplacerande ventilation och en relativ fuktighet på 50% som en funktion av tid för exponering.

Risken att bli smittad vid 60% relativ fuktighet i ett gym vid hög ansträngning presenteras i *tabell 19*, för både omblandande och deplacerande ventilation.

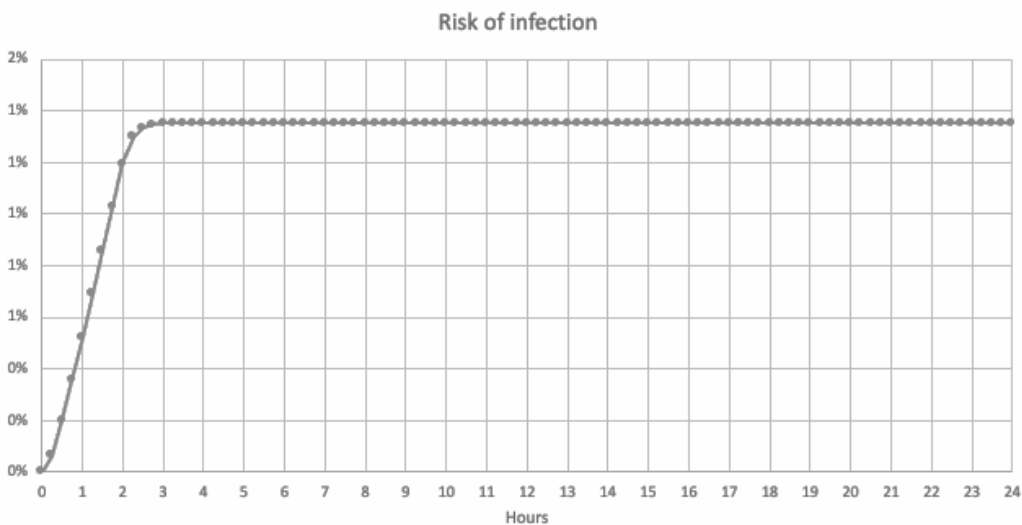
Tabell 19 Utdata från beräkningsmall vid 60% relativ fuktighet.

UTDATA		
	Omblandad ventilation	Deplacerande ventilation
Risk (%)	1,519 %	1,196%
Antal smittade	0,74	0,59
% - ökning i jämförelse med deplacerande ventilation	27 %	
% - minskning i jämförelse med omblandande ventilation		21 %

Relativa fuktighetens påverkan på överlevnaden av virus i inomhusluften



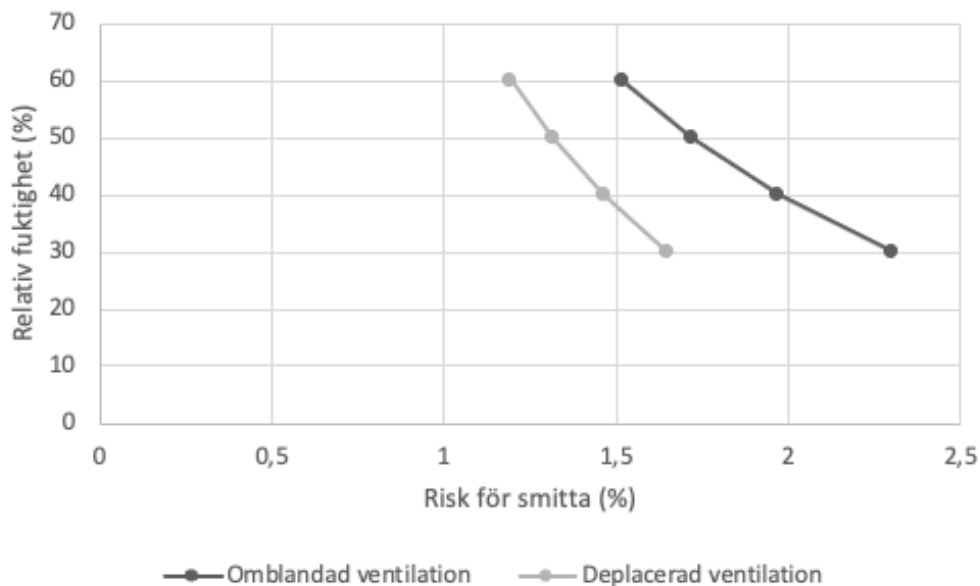
Figur 25 Risken att bli smittad av Covid-19 genom luftburen transmission i gym vid omblandad ventilation och en relativ fuktighet på 60% som en funktion av tid för exponering.



Figur 26 Risken att bli smittad av Covid-19 genom luftburen transmission vid deplacerande ventilation och en relativ fuktighet på 60% som en funktion av tid för exponering.

Relativa fuktighetens påverkan på överlevnaden av virus i inomhusluften

I *figur 27* kan risken för att bli smittad av SARS-CoV-2 genom luftburen transmission i ett gym vid omblandad ventilation i jämförelse med deplacerande ventilation ses, under rekommenderade nivåer för relativ fuktighet inomhus (30%-60%).



Figur 27 Sammanställning av utdata från tabell 16-19.

5.3 Diskussion parameterstudie

Parameterstudien har gjorts på två olika typer av utrymmen. Vid det första fallet undersöktes ett öppet kontorslandskap där 50 personer befinner sig och arbetar med en måttlig ansträngning ($2,25 \text{ m}^3/\text{h}$). Indata i beräkningsmallen för fallet gav ett värde på luftflödet på $9000 \text{ m}^3/\text{h}$. Tittar vi på det andra fallet där ett gym undersöktes antog det att även där befinner sig 50 personer, men som har en högre ansträngningsnivå på $3,3 \text{ m}^3/\text{h}$. Indata i beräkningsmallen för fallet gav ett värde på luftflödet på $7200 \text{ m}^3/\text{h}$. I det andra fallet är det lägre luftflöde och en högre aktivitetsnivå, men lika många personer som befinner sig i båda utrymmena. Skillnaden mellan de två fallen är att i det första fallet med det öppna kontorslandskapet utgår studien från att personerna i utrymmet är exponerade för viruset under 8 timmar. Medan i det andra fallet i ett gym är samma antal personer endast exponerade i 2 timmar, vilket bör tas hänsyn till vid avläsning av resultatet.

Resultatet från de båda fallen visar risken att bli smittad är högre vid en omblandad ventilation än vid deplacerande ventilation. Anledningen till detta är att vid en deplacerande ventilation är ventilationseffektiviteten högre och ger en förbättrad luftutbyteseffektivitet i jämförelse med den omblandade. Jämför vi risken att bli smittade genom luftburen transmission vid omblandande- och deplacerande ventilation är risken mindre vid deplacerande ventilation. I fallet där ett gym undersöktes så är risken att bli smittad genom luftburen transmission 40% högre vid omblandande ventilation än vid deplacerande, vid 30% relativ fuktighet. Intervallet som varit av intresse att undersöka och som är den optimala nivån för inomhusmiljön är 30-60%. Över hela intervallet för den optimala nivån för relativ fuktighet så minskar risken att bli smittad mellan 28% och 21% vid deplacerande ventilation i jämförelse med omblandande ventilation. Liknande resultat visades vid fallet med det öppna kontorslandskapet där risken att bli smittad var 52% högre vid omblandande ventilation än vid deplacerande, vid 30% relativ fuktighet. Utifrån resultatet från denna studie och sett från en luftburen smittväg så är deplacerande ventilation ett bättre alternativ för att minska den luftburna smittan i ett utrymme.

Påverkan som den relativa fuktigheten har på risken att bli smittad genom luftburen spridning av viruset SARS-CoV-2 visar en tydlig minskning av risken att bli smittad vid högre relativa fuktigheter. I det första fallet med ett öppet kontorslandskap så är kontor en plats där samma människor kommer in dagligen. I kontor blir medarbetarna exponerade för virus och bakterier dagligen under hela sitt arbetspass. Detta gör ett kontor till en riskfylld plats för de som arbetar sett från ett perspektiv där luftburen smitta undersöks. Vid 30% relativ fuktighet så är risken från det undersökta fallet att bli smittad av luftburen transmission 6,26% vid omblandande ventilation och 4,11% vid deplacerande ventilation. I genomsnitt skulle 3,1 personer smittas vid omblandande ventilation, respektive 2,02 personer vid deplacerande ventilation, vid 30% relativ

Relativa fuktighetens påverkan på överlevnaden av virus i inomhusluften

fuktighet. Ökar istället den relativa fuktigheten till 40% som är den rekommenderade minsta relativa fuktigheten inom det optimala området för inomhusmiljö ses en minskning av risken. Vid 40% relativ fuktighet är risken att smittas 5,11% vid omblandande ventilation och 3,58% vid deplacerande ventilation. Det är en minskning på lite mindre än 1 procentenheter. Jämförs istället en ökning från 30% upp till 60% så uppkommer en minskning på mer än 2,5 procentenheter vid omblandande ventilation och cirka 1,3 procentenheter vid deplacerande. Den största minskningen procentuellt sker vid en ökning från 30% till 40% relativ fuktighet. Genom att öka den relativa fuktigheten från 30% till 40% minskar risken för smitta med 18% för omblandande ventilation och cirka 13% för deplacerande ventilation.

Det är viktigt att tänka på att även om procenten att smittas är låga så är det endast inverkan som den relativa fuktigheten har på den luftburna smittspridningen som presenteras. SARS-CoV-2 huvudsakliga smittväg är genom droppsmitta, vilket utgör det största hotet. I ett kontor som nämnt tidigare är medarbetarna utsatta för risken att smittas dagligen vilket gör en risk på 6,26% vid 30% relativ fuktighet är hög endast sett från luftburen smittspridning. Att minska denna genom att bara justera den relativa fuktigheten är av betydelse.

Liknande resultat som presenterats för det öppna kontorslandskapet kan ses i fallet med gymmet. I ett gym är exponeringstiden lägre än den vid ett öppet kontorslandskap, men aktiviteten i ett gym är mycket högre och det är större rörelse inne i utrymmet. I ett gym kommer den största risken för att smittas vara genom droppsmitta på grund av den höga aktiviteten och maskiner som kan vara kontaminerade med virus delar. Men den luftburna spridningen är av intresse att titta på. Då det är högre aktivitetsnivå så kommer också inandningshastigheten vara högre, det vill säga större risk andas in viruspartiklar högre.

Risken att bli smittad vid 30% relativ fuktighet genom luftburen transmission är för det undersökta gymfallet 2,30% vid omblandande ventilation och 1,65% vid deplacerande ventilation. I genomsnitt skulle 1,3 personer smittas vid omblandande ventilation, respektive 0,81 personer vid deplacerande ventilation, vid 30% relativ fuktighet. En ökning till 40% relativ fuktighet innebär en nästan 15% minskning i risken att bli smittad i jämförelse med 30% relativ fuktighet. Som vid det öppna kontorslandskapet så sker den största procentuella skillnaden mellan en ökning från 30% till 40% relativ fuktighet.

Även om de som besöker ett gym inte blir exponerade för viruset lika länge som de som arbetar i ett kontor, så finns det de som går till gym dagligen. En risk att smittas på 2,3% på ett 2 timmars besök, genom endast indirekt luftburen smittspridning är relativt högt. Att kunna minska denna med 15% genom att bara öka den relativa fuktigheten från 30% till 40% är något som är värt att se över.

6 Slutsats

Syftet med den här studien var att undersöka om den relativa fuktigheten har någon påverkan på överlevnaden av SARS-CoV-2 i aerosoler, och i sådana fall hur denna påverkan ser ut. Detta var av intresse att undersöka för att sedan göra en parameterstudie för att se om den relativa fuktigheten har en påverkan på den luftburna smittspridningen av viruset.

Resultatet från litteraturstudien visade att den relativa fuktigheten påverkade överlevnaden av viruset SARS-CoV-2 i aerosoler. Vid sammanställningen av resultatet kunde man se att högre relativ fuktighet ledde till en lägre halveringstid för viruset i aerosoler. Men då viruset är så pass nytt så fanns det inte en tillräckligt med forskning som undersökt överlevnaden under hela intervallet av relativ fuktighet. Resultatet har dragits utifrån den rekommenderade nivån på relativ fuktighet inomhus, 30%-60% under en inomhus temperatur på 20°C. Utifrån de studerade experimentella studierna och genom att jämföra resultatet med virus av liknande struktur kan slutsatsen från denna studie dras att överlevnaden av viruset minskar vid högre relativ fuktighet och att den relativa fuktigheten inomhus bör hållas >40%.

I parameterstudien så undersöktes två utrymmen; ett öppet kontorslandskap och ett gym för att undersöka påverkan som den relativa fuktigheten har på risken att bli smittad genom luftburen smittspridning. Utifrån den inmatade datan för de två specifika fallen så visade det att den relativa fuktigheten påverkar risken att bli smittad genom indirekt luftburen smittspridning. Den parameter som hade den största påverkan var att använda sig av deplacerande ventilation istället för omblandande ventilation. Men den relativa fuktigheten hade även den en viss påverkan procentuellt. Resultatet visade att i de två studerade fallen så kan man minska risken att bli smittad genom luftburen smittspridning av SARS-CoV-2 med 18% genom att öka den relativa fuktigheten från 30% till 40%.

Referenser

Alsmo, Thomas. (2014). *Mätning av luftfuktighet inomhus*. Tillgänglig: <https://www.byggombud.se/files/Luftfuktighet-mätstudie-inomhus.pdf>

Arundel, A. V., Sterling, E. M., Biggin, J. H., & Sterling, T. D. (1986). *Indirect health effects of relative humidity in indoor environments*. *Environmental health perspectives*, 65, 351–361. <https://doi.org/10.1289/ehp.8665351>

Beggs CB, Avital EJ. A psychrometric model to assess the biological decay of the SARS-CoV-2 virus in aerosols. *PeerJ*. 2021 Mar 2;9:e11024. doi: 10.7717/peerj.11024. PMID: 33717712; PMCID: PMC7934646.

Boverket. (2019). *Luft och ventilation i bostäder*. Hämtad: 2021-05-18. <https://www.boverket.se/sv/byggande/halsa-och-inomhusmiljo/ventilation/luft-och-ventilation-i-bostader/>

Buonanno, G., Stabile, L., & Morawska, L. (2020). *Estimation of airborne viral emission: Quanta emission rate of SARS-CoV-2 for infection risk assessment*. *Environment international*, 141, 105794. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105794>

Burström, P.G. (2006). *Byggnadsmaterial*. Lund, Lunds Tekniska Högskola (LTH).

Dabisch, Paul., Schuit, Michael., Herzog, Artemas., et al. (2020). *The influence of temperature, humidity, and simulated sunlight on the infectivity of SARS-CoV-2 in aerosols*. *Aerosol Science and Technology*. Volume: 55. Issue: 2. 142-153. <https://doi.org/10.1080/02786826.2020.1829536>

Dahlberg, Emma., Leander, Ida. & Savegård, Nicole. (2014). *Optimal utformning av ett nybyggt kontor: en fallstudie åt Videum AB*. (Examensarbete byggteknik). Växjö: Linneuniversitetet. Tillgänglig: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:728756/FULLTEXT01.pdf>

Erlandsson, Alexander & Glyre, Carl-Johan. (2014). *Ventilationseffektivitet i kontorsmiljö – en jämförelse av deplacerande och omblandande ventilation ur termisk komfort* (Kandidatexamensarbete i installationsteknik). Helsingborg: Lund Tekniska Högskola. Tillgänglig: <https://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordOId=7856632&fileOId=8961848>

Fears, A. C., Klimstra, W. B., Duprex, P., Hartman, A., Weaver, S. C., et al. (2020). *Comparative dynamic aerosol efficiencies of three emergent coronaviruses and the unusual persistence of SARS-CoV-2 in aerosol suspensions*. medRxiv : the preprint server for health sciences, 2020.04.13.20063784.

<https://doi.org/10.1101/2020.04.13.20063784>

Han, Azad & Popova, Labinot. (2020). *Relativ luftfuktighet inomhus: Hälsoeffekter och beräknad energianvändning till befuktning* (Examensarbete installationsteknik). Lund: Lund Tekniska Högskola. Tillgänglig:

<http://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordOId=9033201&fileOId=9033205>

Hänel, G. *Humidity effects on gravitational settling and Brownian diffusion of atmospheric aerosol particles*. *PAGEOPH* **115**, 775–797 (1977).

<https://doi.org/10.1007/BF00881210>

InventAir. (2019). *Ventilation av skolor*. Hämtad: 2021-05-17. Tillgänglig:

<https://inventair.se/wp-content/uploads/2017/11/Skolor190225.pdf>

Jia Hu, C.L. (2020). *Distribution of airborne SARS-CoV-2 and possible aerosol transmission in Wuhan hospitals, China*. *National Science Review*, ss. 1865-1867.

Johansson, Andreas & Nilsson Felix. (2017). *Indoor climate: A study on how real estate complies with the requirements of the indoor climate and how the user experience it* (Kandidatexamensarbete I byggproduktion). Stockholm: Kungliga Tekniska Högskolan. Tillgänglig: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1147608/FULLTEXT01.pdf>

Klepeis NE, Nelson WC, Ott WR, Robinson JP, et al. *The National Human Activity Pattern Survey (NHAPS): a resource for assessing exposure to environmental pollutants*. *J Expo Anal Environ Epidemiol*. 2001 May-Jun;11(3):231-52. doi: 10.1038/sj.jea.7500165.

Larsson, Ebba & Nordber, Klas-Göran. (2017). *Luftkvalitet och sjukfrånvaro i förskolan* (Examensarbete installationsteknik och energi). Stockholm: Kungliga Tekniska Högskola. Tillgänglig: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1147222/FULLTEXT01.pdf>

Liu, Y., Ning, Z., Chen, Y. et al. *Aerodynamic analysis of SARS-CoV-2 in two Wuhan hospitals*. *Nature* **582**, 557–560 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2271-3>

Loomans, Marcel., Boerstra, Atze., & Franchimon, Francesco. (2020). *Calculating the risk of infection*. REHVA Journal, 2020-05, 19-24.

Mikszewski, Alex., Buonanno, Giorgio., Sabile, Luca., et al. (2020). *Airborne infection risk calculator*. Tillgänglig:

<https://www.unicas.it/media/4952018/AIRC%20Users%20Manual%201.0%20July%202020.pdf>

Nationalencyklopedin, aerosol. <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/aerosol>. (Hämtad 2021-04-16)

Noakes, C. J., & Sleight, P. A. (2009). *Mathematical models for assessing the role of airflow on the risk of airborne infection in hospital wards*. Journal of the Royal Society, Interface, 6 Suppl 6(Suppl 6), S791–S800. <https://doi.org/10.1098/rsif.2009.0305.focus>

Noti JD, Blachere FM, McMillen CM, Lindsley WG, Kashon ML, et al. (2013) *High Humidity Leads to Loss of Infectious Influenza Virus from Simulated Coughs*. PLoS ONE 8(2): e57485. doi:10.1371/journal.pone.0057485

Probst, Steve. (2020). *Understanding particle size & aerosol-based transmission*. 4C Marketplace, <https://www.4conference.com/understanding-particle-size-and-aerosol-based-transmission-of-covid-19/>

Pyankov OV, Bodnev SA, Pyankova OG, Agranovski IE. *Survival of aerosolized coronavirus in the ambient air*. J Aerosol Sci. 2018 Jan;115:158-163. doi: 10.1016/j.jaerosci.2017.09.009. Epub 2017 Sep 7. PMID: 32226116; PMCID: PMC7094304.

Qian, H., & Zheng, X. (2018). *Ventilation control for airborne transmission of human exhaled bio-aerosols in buildings*. Journal Of Thoracic Disease, 10(19), S2295-S2304. doi:10.21037/jtd.2018.01.24

Santarpia, J.L., Rivera, D.N., Herrera, V.L. et al. *Aerosol and surface contamination of SARS-CoV-2 observed in quarantine and isolation care*. Sci Rep **10**, 12732 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-69286-3>

Schuit, Michael., Ratnesar-Shumate, Shanna., Yolitz, Jason., et al. (2020). *Airborne SARS-CoV-2 Is Rapidly Inactivated by Simulated Sunlight*, The Journal of Infectious Diseases, Volume 222, Issue 4, 15 August 2020, Pages 564–571, <https://doi.org/10.1093/infdis/jiaa334>

Sietses, Samantha & Ankre, John. (2019). *Jämförelsestudie: mätning av luftkvalitet och upplevd luftkvalitet* (Kandidatexamensarbete i energiteknik). Stockholm: Kungliga Tekniska Högskolan. Tillgänglig: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1373967/FULLTEXT01.pdf>

Smith, E.B. (1983). *Atmospheric Factors Affecting Transmission of Infections*. Practitioner (UK), 227, 1667-1677.

Smither, Sophie J., Eastaugh, Lin S., Findlay, James S., & Lever, Mark S. (2020). Experimental aerosol survival of SARS-CoV-2 in artificial saliva and tissue culture media at medium and high humidity. *Emerging Microbes & Infections*. Volume: 9. Issue: 1. 1415-1417. <https://doi.org/10.1080/22221751.2020.1777906>

Utrup, Linda & Frey, Allan. (2004). *Fate of Bioterrorism-Relevant Viruses and Bacteria, Including Spores, Aerosolized into an Indoor Air Environment*. *Experimental biology and medicine* (Maywood, N.J.). 229. 345-50. 10.1177/153537020422900409.

van Doremalen N, Bushmaker T, Munster V J. *Stability of Middle East respiratory syndrome coronavirus (MERS-CoV) under different environmental conditions*. *Euro Surveill*. 2013; 18(38):pii:20590. <https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES2013.18.38.20590>

van Doremalen, Neeltje., Bushmaker, Trenton., Morris, Dylan H., et al. (2020). *Aerosol and Surface Stability of SARS-CoV-2 as Compared with SARS-CoV-1*. *New England Journal of Medicine*. 382. 1564-1567. 10.1056/NEJMc2004973

Warfvinge, C. & Dahlblom, M. (2010). *Projektering av VVS-installationer*. Lund, Lunds Tekniska Högskola (LTH).

Wolkoff, P., Azuma, K., & Carrer, Paolo. (2021). *Health, work performance, and risk of infection in office-like environments: The role of indoor temperature, air humidity, and ventilation*. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. Volume 233. ISSN 1438-4639. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2021.113709>.

Worldometer. (2021). *Coronavirus*. Hämtad 2021-05-21, från <https://www.worldometers.info/coronavirus/>

World Health Organization. (2020). *Transmission of SARS-CoV-2: implications for infection prevention precautions*. Hämtad: 2021-05-01, från <https://www.who.int/news-room/commentaries/detail/transmission-of-sars-cov-2-implications-for-infection-prevention-precautions>

Yang, W., & Marr, L. C. (2011). *Dynamics of airborne influenza A viruses indoors and dependence on humidity*. PloS one, 6(6), e21481. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0021481>

Yasmin G. Karim, M. Khalid Ijaz, Syed A. Sattar, and C. Margaret Johnson-Lussenburg. *Effect of relative humidity on the airborne survival of rhinovirus-14*. Canadian Journal of Microbiology. 31(11): 1058-1061. <https://doi.org/10.1139/m85-199>