



Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu  
*Ministerie van Volksgezondheid,  
Welzijn en Sport*

## **Samenvatting literatuuronderzoek hergebruik mondmaskers**

**De informatie in dit document is niet meer  
actueel.**

**Vanaf 1 september is herverwerking van single-  
use medische materialen niet meer toegestaan.  
Herverwerking van single-use medische  
materialen werd eerder tijdelijk toegestaan als  
een laatste redmiddel bij schaarste (zie  
[Kamerbrief Covid-19 Update stand van zaken  
15 april 2020](#)).**

De informatie in dit document is niet meer actueel. Vanaf 1 september is herverwerking van single-use medische materialen niet meer toegestaan.

## Colofon

© RIVM 2020

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave.

RIVM/GZB

A. van Leeuwenhoeklaan 9  
3721 MA Bilthoven  
Postbus 1  
3720 BA Bilthoven  
[www.rivm.nl](http://www.rivm.nl)

T 030 274 91 11  
[info@rivm.nl](mailto:info@rivm.nl)

Dit is een uitgave van:  
**Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu**  
Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven  
Nederland  
[www.rivm.nl](http://www.rivm.nl)

De informatie in dit document is niet meer actueel. Vanaf 1 september is herverwerking van single-use medische materialen niet meer toegestaan.

## Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Samenvatting literatuuronderzoek hergebruik mondmaskers – 4</b>
1.1	Introductie – 4
1.2	Methode – 4
1.3	Algemene bevindingen – 4
1.4	Samenvatting – 5
<b>2</b>	<b>Lijst van gebruikte afkortingen en begrippen – 7</b>
<b>3</b>	<b>Literatuurlijst – 8</b>
<b>4</b>	<b>Bijlage – 10</b>

De informatie in dit document is niet meer actueel. Vanaf 1 september is herverwerking van single-use medische materialen niet meer toegestaan.

# 1 Samenvatting literatuuronderzoek hergebruik mondmaskers

## 1.1 Introductie

Vanwege de COVID-19 pandemie is er een toenemende schaarste aan beschermingsmiddelen. Vooral bij de adembeschermingsmaskers dreigen er tekorten op specifieke plekken te ontstaan indien de pandemie langere tijd zal aanhouden. Een van de mogelijkheden bij (dreigende) tekorten is het herverwerken van mondmaskers waarna ze nog een keer (of zelfs meerdere keren) gebruikt kunnen worden. Hiervoor zijn geschikte methodes nodig die het virus inactiveren, die het filtermateriaal en de vorm van het masker zo min mogelijk aantasten, geen gevolgen hebben voor de gezondheid van de drager en niet irriterend zijn voor de drager. Verder heeft het de voorkeur dat deze decontaminatiemethoden gemakkelijk uit te voeren zijn, goedkoop zijn en een korte verwerkingstijd hebben. Om een beeld te krijgen van de beschikbare informatie over herverwerking en de methoden die gebruikt worden of onderzocht zijn in de literatuur, hebben we een literatuurstudie uitgevoerd.

## 1.2 Methode

Er werd een systematische zoekopdracht uitgevoerd in PubMed met de volgende zoektermen: 'ffp mask, FFP1, FFP2, FFP3, N95, kn95, facial mask, filtering facepiece respirators, respirator' en 'decontamination, sterilisation, sterilization, sterilize, sterilizing, reuse, re-use, disinfect' in alle mogelijke combinaties. Alle artikelen die informatie gaven over single-use mondmaskers die door middel van decontaminatiemethoden werden herverwerkt werden meegenomen. Er is geen onderscheid gemaakt in het micro-organisme waarvoor gedecontamineerd werd. Artikelen van alle jaren zijn meegenomen, er is geen selectie gemaakt in periode van publicatie. Wel zijn alleen Engelstalige artikelen meegenomen. In totaal werden er 165 artikelen gevonden, waarvan 54 dubbel, zodat er 111 artikelen overbleven voor beoordeling van titel en / of abstract. Na selectie van de artikelen die specifiek over herverwerking van single-use mondmaskers leken te gaan op basis van de titel en / of het abstract, bleven er 32 artikelen over voor beoordeling van het hele artikel. Na het beoordelen van de gehele artikelen zijn er nog 13 artikelen geëxcludeerd, omdat deze niet aan de selectiecriteria voldeden. De resultaten van de 19 overgebleven artikelen zijn in Appendix I per artikel uiteengezet op volgorde van jaartal van publicatie. Van vier artikelen was alleen het abstract beschikbaar. Omdat deze abstracts toch relevante informatie bevatten, zijn deze wel beschreven, maar staat er bij het artikel aangegeven dat het alleen informatie uit het abstract betrof. Tijdens het lezen van de artikelen kwamen nog drie artikelen naar voren die interessant waren voor deze zoekopdracht. Deze zijn achteraan het overzicht meegenomen. Er worden in totaal dus 22 artikelen beschreven.

## 1.3 Algemene bevindingen

De gevonden artikelen betreffen voornamelijk Amerikaanse artikelen waarbij gekeken is naar het decontamineren van N95 maskers. N95 is de Amerikaanse eis, vergelijkbaar met de Europese eisen voor FFP2. Een kanttekening bij alle artikelen die geïnccludeerd zijn, is dat in elk van de

De informatie in dit document is niet meer actueel. Vanaf 1 september is herverwerking van single-use medische materialen niet meer toegestaan.

artikelen slechts enkele typen van de honderden op de markt beschikbare typen maskers worden getest, welke verschillend kunnen zijn van vorm en/of materiaal. Verder wordt er vaak getest met één virus of bacterie: het meest gebruikt in deze artikelen zijn influenza (H1N1) virus, bacteriofaag MS2 en de bacterie *S. Aureus*. Aangezien deze micro-organismen bepaalde eigenschappen hebben, zijn de resultaten niet zomaar over te nemen voor elke andere bacterie of elk ander virus. Wel kunnen de beschreven resultaten algemene richtlijnen geven voor het hergebruiken van maskers.

#### 1.4 Samenvatting

Er zijn de afgelopen 15 jaar verscheidene studies gedaan die de verschillende decontaminatiemethoden die mogelijk toepasbaar zijn om single-use mondmaskers te kunnen hergebruiken onderzochten. De artikelen richtten zich veelal op decontaminatiemethoden die vooral op kleine schaal toepasbaar zijn, omdat er kleinere aantallen mondmaskers per keer mee verwerkt kunnen worden. Deze methoden kunnen voornamelijk geschikt zijn voor extramuraal gebruik buiten grote zorginstellingen: UV straling (254nm), waterstofperoxide (gas of vloeibare vorm), magnetron gegenereerde stoom, bleek, en lagere temperatuur vochtige hitte. Maar ook methoden die op grotere schaal worden toegepast zijn onderzocht (ethyleenoxide en stoomsterilisatie bij 121 °C).

Hieronder volgt een samenvatting van de methoden die in de artikelen worden beschreven:

- *Bleek*: niet goed toepasbaar, omdat de dampen nog lang vrij kunnen komen. Het lijkt erop dat als de maskers na het drogen weer vochtig worden en dat het vrijkomen van de dampen dan verder toeneemt (dit kan dus ook bij condensvorming door ademen).
- *Magnetron zonder stoom*: hierdoor smelten de maskers vaak, zeker boven de 100 graden is dit een probleem.
- *Magnetron met stoom*: lijkt effectief en is makkelijk thuis of in kleine organisaties toe te passen. Deze methode kan niet goed opgeschaald worden en is mogelijk niet goed reproduceerbaar in verschillende situaties vanwege de verschillen in gebruikte apparatuur en inhomogeniteit van de straling binnenin een magnetron.
- *Vochtige hitte (stoomsterilisatie; verwarmen in aanwezigheid van water; autoclaveren)*: lijkt effectief en is ook relatief gemakkelijk thuis of in kleine organisaties toe te passen. Er zijn wel wat aanwijzingen voor een iets minder goede fit na behandeling, maar men vond nog wel een fitwaarde die voldoet aan de norm.
- *Droge hitte*: lijkt zoals te verwachten minder effectief dan vochtige hitte, maar er is weinig onderzoek naar gedaan.
- *UV straling*: lijkt effectief, maar vorm en materiaal van het masker lijkt hierbij erg bepalend te zijn. Schaduw en verontreiniging op het masker kan veel effect hebben op de effectiviteit van de decontaminatie. Daarnaast waarschijnlijk niet mogelijk om heel vaak opnieuw te bestralen doordat de sterkte van het filtermateriaal snel afneemt (afhankelijk van dosis). De meeste onderzoeken zijn alleen op coupons gedaan van de

De informatie in dit document is niet meer actueel. Vanaf 1 september is herverwerking van single-use medische materialen niet meer toegestaan.

maskers en niet op de hele maskers. UV straling zou goed toegepast kunnen worden, maar bij maskers die weinig veiligheidsmarge hebben voor deeltjes penetratie (maar nog wel aan de norm voldoen) is voorzichtigheid geboden. Er zou dan dus per type masker bekeken moeten worden of de filter efficiëntie nog voldoet na herverwerking met UV straling.

- *Ethyleenoxide*: lijkt effectief, maar we hebben geen artikelen gevonden waarin validatie van virusinactivatie werd beschreven voor mondmaskers. Gezien de brede toepassing als steriliserend agens lijkt dit echter geen probleem te zijn. Belangrijke aandachtspunten zijn residuen of mogelijk toxische bijproducten.
- *Waterstofperoxide*: lijkt effectief, maar we hebben geen artikelen gevonden waarin validatie van virusinactivatie werd beschreven voor mondmaskers. Gezien de brede toepassing als steriliserend agens lijkt dit echter geen probleem te zijn. Wel kunnen er bij de herverwerking van mondmaskers met waterstofperoxide op grote schaal problemen ontstaan vanwege de aanwezigheid van cellulose in sommige maskers.

In het algemeen is het goed om zich te realiseren dat nadat een masker meerdere keren is op- en af gedaan de fit van het masker lijkt af te nemen. Voor decontaminatie lijken magnetronstoom, vochtige hitte (verwarmen tot 65°C in aanwezigheid van water; stoomsterilisatie; autoclaveren), UV straling en waterstofperoxide op basis van bijgevoegde artikelen de beste opties te zijn. Echter bijgevoegde artikelen leveren geen bewijs voor het gebruik van één van deze methoden voor COVID-19. Voordat deze methoden gebruikt worden in de kliniek zal zeker nog aanvullend onderzoek moeten worden gedaan naar het effect van deze methoden op de in Nederlandse zorginstellingen gebruikte mondmaskers. Verder zijn de specifieke eigenschappen van het mondmasker (vooral de vorm en het materiaal) heel belangrijk voor de effectiviteit van de decontaminatiemethoden. Gelet op de grote variatie aan mondmaskers op de markt gelden de resultaten van één type mondmasker niet zonder meer voor andere typen mondmaskers.

De informatie in dit document is niet meer actueel. Vanaf 1 september is herverwerking van single-use medische materialen niet meer toegestaan.

## 2 Lijst van gebruikte afkortingen en begrippen

Coupon	klein stukje uit mondmasker om te gebruiken in een test
FFP	Filtering Face Piece, adembeschermingsmasker
J	Joule
L	liter
Log	logaritme van 10; 3 log = 1000
mg	milligram
MS2	bacteriofaag MS2
N95	USA eis voor adembeschermingsmaskers met 95% filtereffectiviteit, vergelijkbaar met EU FFP2
RT-qPCR	Real Time quantitative polymerase chain reaction; analysemethode om de hoeveelheid RNA te meten
S. Aureus	Stafylococcus aureus (grampositieve bacterie)
UV	ultra violet
UV-C	ultra-violet licht met korte golflengte (100-280 nm)
UVGI	ultraviolet germicidal irradiation

### 3 Literatuurlijst

1. Vo E, Rengasamy S, Shaffer R. Development of a test system to evaluate procedures for decontamination of respirators containing viral droplets. *Appl Environ Microbiol.* 2009;75(23):7303-9.
2. Fisher E, Rengasamy S, Viscusi D, Vo E, Shaffer R. Development of a test system to apply virus-containing particles to filtering facepiece respirators for the evaluation of decontamination procedures. *Appl Environ Microbiol.* 2009;75(6):1500-7.
3. Viscusi DJ, Bergman MS, Eimer BC, Shaffer RE. Evaluation of five decontamination methods for filtering facepiece respirators. *Ann Occup Hyg.* 2009;53(8):815-27.
4. Rengasamy S, Fisher E, Shaffer RE. Evaluation of the survivability of MS2 viral aerosols deposited on filtering face piece respirator samples incorporating antimicrobial technologies. *Am J Infect Control.* 2010;38(1):9-17.
5. Salter WB, Kinney K, Wallace WH, Lumley AE, Heimbuch BK, Wander JD. Analysis of residual chemicals on filtering facepiece respirators after decontamination. *J Occup Environ Hyg.* 2010;7(8):437-45.
6. Fisher EM, Shaffer RE. A method to determine the available UV-C dose for the decontamination of filtering facepiece respirators. *J Appl Microbiol.* 2011;110(1):287-95.
7. Viscusi DJ, Bergman MS, Novak DA, Faulkner KA, Palmiero A, Powell J, et al. Impact of three biological decontamination methods on filtering facepiece respirator fit, odor, comfort, and donning ease. *J Occup Environ Hyg.* 2011;8(7):426-36.
8. Fisher EM, Williams JL, Shaffer RE. Evaluation of microwave steam bags for the decontamination of filtering facepiece respirators. *PLoS One.* 2011;6(4):e18585.
9. Heimbuch BK, Wallace WH, Kinney K, Lumley AE, Wu CY, Woo MH, et al. A pandemic influenza preparedness study: use of energetic methods to decontaminate filtering facepiece respirators contaminated with H1N1 aerosols and droplets. *Am J Infect Control.* 2011;39(1):e1-9.
10. Lore MB, Heimbuch BK, Brown TL, Wander JD, Hinrichs SH. Effectiveness of three decontamination treatments against influenza virus applied to filtering facepiece respirators. *Ann Occup Hyg.* 2012;56(1):92-101.
11. Bergman MS, Viscusi DJ, Zhuang Z, Palmiero AJ, Powell JB, Shaffer RE. Impact of multiple consecutive donnings on filtering facepiece respirator fit. *Am J Infect Control.* 2012;40(4):375-80.
12. Casanova LM, Waka B. Survival of a surrogate virus on N95 respirator material. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 2013;34(12):1334-5.
13. Heimbuch BK, Kinney K, Lumley AE, Harnish DA, Bergman M, Wander JD. Cleaning of filtering facepiece respirators contaminated with mucin and *Staphylococcus aureus*. *Am J Infect Control.* 2014;42(3):265-70.
14. Lindsley WG, Martin SB, Jr., Thewlis RE, Sarkisian K, Nwoko JO, Mead KR, et al. Effects of Ultraviolet Germicidal Irradiation (UVGI) on N95 Respirator Filtration Performance and Structural Integrity. *J Occup Environ Hyg.* 2015;12(8):509-17.



De informatie in dit document is niet meer actueel. Vanaf 1 september is herverwerking van single-use medische materialen niet meer toegestaan.

15. Lin TH, Chen CC, Huang SH, Kuo CW, Lai CY, Lin WY. Filter quality of electret masks in filtering 14.6-594 nm aerosol particles: Effects of five decontamination methods. *PLoS One*. 2017;12(10):e0186217.
16. Lin TH, Tang FC, Hung PC, Hua ZC, Lai CY. Relative survival of *Bacillus subtilis* spores loaded on filtering facepiece respirators after five decontamination methods. *Indoor Air*. 2018.
17. Mills D, Harnish DA, Lawrence C, Sandoval-Powers M, Heimbuch BK. Ultraviolet germicidal irradiation of influenza-contaminated N95 filtering facepiece respirators. *Am J Infect Control*. 2018;46(7):e49-e55.
18. Vuma CD, Manganyi J, Wilson K, Rees D. The Effect on Fit of Multiple Consecutive Donning and Doffing of N95 Filtering Facepiece Respirators. *Ann Work Expo Health*. 2019;63(8):930-6.
19. Nemeth C, Laufersweiler D, Polander E, Orvis C, Harnish D, Morgan SE, et al. Preparing for an Influenza Pandemic: Hospital Acceptance Study of Filtering Facepiece Respirator Decontamination Using Ultraviolet Germicidal Irradiation. *J Patient Saf*. 2020.
20. Viscusi DJ, King WP, Shaffer RE. Effect of decontamination on the filtration efficiency of two filtering facepiece respirator models. *J Int Soc Resp Prot*. 2007;24:93-107.
21. Bergman MS, Viscusi DJ, Heimbuch BK, Wander JD, Sambol AR, Shaffer RE. Evaluation of multiple (3- cycle) decontamination processing for filtering facepiece respirators. *JEFF*. 2010;4:33-41.
22. Fisher EM, Williams JL, Shaffer RE. The effect of soil accumulation on multiple decontamination processing of N95 filtering facepiece respirator coupons using physical methods. *J Int Soc Respir Prot*; (2010) 27: 16–26.

## 4 Bijlage

### Resultaten per studie

**Vo et al.** ((1), 2009) beschrijven een methode om N95 mondmaskers te contamineren met virale (MS2 colifaag) deeltjes. Vervolgens decontamineren ze deze maskers met natriumhypochloriet (bleek) en met UV straling. Bij een dosering van 2.75-5.50 mg/L bleek werd na 10 minuten een 3- tot 4-log reductie gevonden van het virus. Bij een dosering van >8.25 mg/L werd na diezelfde tijd geen levend virus meer gevonden. UV straling (254 nm) gaf een 3-log reductie van het virus met een dosis van 4.32 J/cm<sup>2</sup> (wat 3 uur bestraling betekent met een dosis van 0.4 mW/cm<sup>2</sup>). Bij een dosis van ≥7.20 J/cm<sup>2</sup> (wat ≥5 uur bestraling betekent) werd geen levend virus meer gevonden. Er werden alleen mondmaskers met een hydrofiele buitenste laag getest.

**Fisher et al.** ((2), 2009) beschrijven ook een methode om N95 mondmaskers te contamineren met virale (MS2 colifaag) deeltjes. Er werd gedecontamineerd met natriumhypochloriet (bleek) en met stoom op coupons (kleine stukjes) van de mondmaskers. In eerste instantie werd er gedecontamineerd in een magnetron, maar er bleek stoom nodig te zijn, aangezien de coupons zonder stoom smolten. Met een bleekconcentratie van 0.6% en stoom behandeling van minimaal 45 seconden werd een >4-log reductie bereikt van het virus.

**Viscusi et al.** ((3), 2009) hebben de volgende vijf decontaminatiemethoden gebruikt op mondmaskers (6x N95 en 3x P100) in hun studie:

- *0.6% natriumhypochloriet (bleek):* de functie van de maskers bleef intact. Visueel was er enige aanslag en verkleuring te zien op sommige maskers en bij de andere maskers enige verkleuring van het neuskussentje. Deze methode is echter moeilijk op te schalen vanwege de grote vaten bleek die nodig zijn en de tijd en ruimte die nodig is om de maskers uit te laten dampen. Ook zijn de dampen schadelijk. Na een nacht drogen neemt dit af, maar als de maskers vochtig worden kunnen er alsnog dampen vrijkomen.
- *Magnetron:* twee mondmaskers (P100 en N95) smolten gedeeltelijk na behandeling in een magnetron. Voor de overige maskers was de functie niet verminderd.
- *Waterstofperoxidegas (ASP STERRAD):* functie van de maskers bleef intact, visueel alleen wat aanslag op de metalen neusband zichtbaar. Door producten die cellulose bevatten kan het proces worden afgebroken doordat cellulose waterstofperoxide op kan nemen. Het risico dat vrijgekomen gassen na behandeling met de STERRAD schadelijk zijn is volgens de auteurs zeer laag.
- *Ethyleenoxide:* geen zichtbare veranderingen aan het mondmasker en ook de functie van het masker bleef intact. In totaal kost deze behandeling 5 uur. In het protocol is ook tijd opgenomen om residueel ethyleenoxide uit te laten gassen, waardoor dit waarschijnlijk geen problemen voor de gebruiker geeft.

De informatie in dit document is niet meer actueel. Vanaf 1 september is herverwerking van single-use medische materialen niet meer toegestaan.

- *UV straling*: geen zichtbare veranderingen aan het mondmasker en de functie bleef intact.

Meerdere maskers die werden verwarmd tot een temperatuur van 80-120 graden waren niet meer te testen of voldeden niet aan de functie eisen die gesteld worden aan de N95 mondmaskers.

*Conclusie*: UV straling, ethyleenoxide en waterstofperoxide zijn voor de functie en visuele eigenschappen van de maskers de meest veelbelovende technieken van decontaminatie. De auteurs vragen zich echter wel af of ethyleenoxide en waterstofperoxide gemakkelijk door te voeren zijn in de praktijk (vanwege de aanwezigheid van cellulose in sommige maskers en de langere doorlooptijd van ethyleenoxide). Er is niet gekeken naar inactivatie van het virus in deze studie.

**Rengasamy et al.** ((4), 2010) hebben onderzocht of antimicrobiële mondmaskers (MS2) virus doden. Hiervoor werden coupons van vier antimicrobiële maskers vergeleken met controle N95 masker coupons. De coupons die werden gebruikt lieten zien dat meer virus in leven blijft bij een lagere luchtvochtigheid. Bij 22 graden en 30% luchtvochtigheid lieten zowel de antimicrobiële als de N95 controle maskers een 1-log reductie zien na 20 uur. Bij 37 graden en 80% luchtvochtigheid, liet een van de antimicrobiële maskers een 3.7-log reductie zien na 4 uur, wat significant meer was dan de N95 controle masker coupons. Decontaminatie van MS2 met antimicrobiële mondmaskers is afhankelijk van het middel dat wordt gebruikt en de condities van de opslagruimte.

**Salter et al.** ((5), 2010, *alleen abstract*) beschrijven welke chemische en fysische decontaminatiemethoden voor mondmaskers geschikt zijn en geen residuen achterlaten. Hiervoor hebben ze zes modellen N95 maskers getest en zeven decontaminatiemethoden, waaronder UV straling. Alle chemische agentia lieten zulke lage hoeveelheden achter, dat ze onder de toegestane limiet waren. Wel werden er twee bijproducten gevonden na decontaminatie van de rubberen bandjes met ethyleenoxide, die vermoedelijk toxisch zijn.

**Fisher et al.** ((6), 2011) hebben onderzocht of ultraviolet licht met korte golflengte (100-280 nm), ook wel UV-C straling (meestal met golflengte van 254 nm) genoemd, mondmaskers kan decontamineren. Hiervoor hebben ze zes verschillende N95 modellen gebruikt. De coupons van de verschillende mondmaskers lieten zien dat met een dosis van minimaal  $1000 \text{ J m}^{-2}$  op het interne filter medium een 3-log reductie bereikt kon worden van levend MS2 colifaag. Om deze dosis te halen was echter voor ieder mondmasker een andere belichtingstijd nodig (range 2-266 min.) Bij een voldoende hoge dosis kan UV-C volgens de auteurs bij de coupons zowel de buitenzijde als de interne filter media bestralen, maar de dosis is voor ieder mondmasker anders. Belangrijke beperkingen van deze studie zijn volgens de auteurs dat er geen geheel mondmasker is bestraald, maar alleen coupons. Ook zijn de rubber bandjes en andere onderdelen van de maskers niet meegenomen. Verder is er geen rekening gehouden met de vloeistoffen waar het virus in kan zitten op het masker, wat mogelijk het virus tegen inactivatie kan beschermen.

De informatie in dit document is niet meer actueel. Vanaf 1 september is herverwerking van single-use medische materialen niet meer toegestaan.

**Viscusi et al.** ((7), 2011, *alleen abstract*) hebben onderzocht of UV straling, vochtige hitte incubatie (moist heat incubation, MHI) of magnetron gegenereerd stoom (microwave-generated steam, MGS) N95 mondmaskers aantasten (zes verschillende typen). Twee van de zes maskers hadden een significant slechtere fit na MHI, echter dit was nog wel boven de minimale fitwaarde van 100. Ook werd er in een masker een toegenomen geur waargenomen na MHI. Echter over het algemeen werden er na deze decontaminatie methoden geen problemen gevonden in fit, geur, comfort of met het op en afdoen van deze typen N95 maskers.

**Fisher et al.** ((8), 2011) hebben onderzocht of decontaminatie van mondmaskers kan plaatsvinden in magnetron stoomzakjes, welke normaal gebruikt worden voor sterilisatie van babyproducten. De experimenten zijn uitgevoerd in drie fasen: in de eerste fase werd de filtratie efficiëntie getest en het water absorptievermogen / retentie. De filtratie efficiëntie moest >95% blijven en het masker moest binnen 60 minuten droog zijn (<1 gram achterblijvend vocht). Hierbij vielen er drie van de zes maskers af. In de tweede fase werden de maskers die door de eerste fase heen kwamen (n=3) getest op filtratie efficiëntie na drie decontaminatiecycli (30 minuten droogtijd tussen de cycli). In de derde fase werden de maskers die beide fasen goed doorgekomen waren getest met twee verschillende stoomzakjes. De twee geteste stoomzakjes in fase drie lieten een 3-log reductie zien van bacteriofaag MS2 voor de drie geteste mondmaskers. De filtratie efficiëntie van de geteste mondmaskers bleef >95% na de behandeling. Er werden echter ook beperkingen gevonden: de maskers worden nat en hebben dus een droogtijd, het kan zijn dat de decontaminatie specifiek is voor een bepaald model mondmasker aangezien er maskers zijn afgevallen in de studie die een hydrofiele laag hadden. Niet alle virus was verwijderd na decontaminatie, maar er werd wel veel meer viruslading toegevoegd dan in de praktijk wordt verwacht. Uitvoering thuis en in ziekenhuizen kan een probleem zijn en er kan inconsistentie zitten in de werkzaamheid van de zakjes. MS2 is een virus zonder envelop, mogelijk is deze methode werkzamer bij virussen met envelop. Er is geen fittest uitgevoerd, dus de functie na decontaminatie is op dat gebied onbekend.

**Heimbuch et al.** ((9), 2011) hebben een studie uitgevoerd waarin zes verschillende N95 maskers, die zijn gecontamineerd met het H1N1 influenza virus. Deze maskers worden gedecontamineerd met drie methoden: magnetron gegenereerde stoom (microwave-generated steam, MGS), vochtige hitte 65-70 °C (warm moist heat, WMH) en ultraviolette straling op 254 nm (ultraviolet germicidal irradiation, UVGI). Alle drie methoden gaven >4-log reductie van het levende virus, zowel voor maskers gecontamineerd met druppels als met aerosolen. De enige uitzondering was één van maskers die is behandeld met WMH. In 93% van de uitgevoerde experimenten was er geen virus meer te detecteren op de maskers. Bij de druppel testen werd er sporadisch nog levend virus gevonden op de maskers die behandeld zijn met UVGI en MGS, bij WMH was dit niet het geval. De auteurs geven aan dat de testmethoden niet zijn geoptimaliseerd en dat verdere optimalisatie van de protocollen een beter resultaat kunnen geven. Visuele inspectie liet alleen bij de MGS behandelde maskers een loslating zien van het neusstuk, verder werden er geen afwijkingen geconstateerd. WMH kost

De informatie in dit document is niet meer actueel. Vanaf 1 september is herverwerking van single-use medische materialen niet meer toegestaan.

het meeste tijd per masker en is het meest bruikbaar thuis of in kleine organisaties. MGS kost het minste tijd per masker en is algemeen beschikbaar thuis of in kleine organisaties. UVGI is goedkoop en kan volgens de auteurs snel op grotere schaal ingezet worden, maar kan niet goed thuis gebruikt worden.

**Lore et al.** ((10), 2012) hebben drie manieren van decontaminatie getest (UV straling, magnetron stoom en vochtige hitte (65-70 °C)) voor twee N95 mondmaskers gecontamineerd met influenza (H5N1) virus. Alleen de kant van de maskers waar de druppels met virus op gekomen zijn is getest. Kweken van het virus na decontaminatie liet zien dat de drie methoden effectief zijn en een 4-log reductie laten zien. Met RT-qPCR werden nog wel viraal RNA gevonden, echter met UV straling het minste. De filterfunctie van de maskers was voldoende na decontaminatie (bij deeltjes van 300 nm allemaal <5% penetratie). Er is geen fittest gedaan.

**Bergman et al.** ((11), 2012) hebben onderzocht of opzetten van een masker invloed had op de fit van het masker (zes verschillende N95 maskers getest). De fit factor was  $\geq 100$  in 81-93% van de maskers die 1-5 keer werden opgezet maar daalde naar 53-75% nadat de maskers 16-20 keer waren opgezet. De data in deze studie suggereert dat een masker 5x opgezet kan worden voordat de fit factor consequent onder de 100 komt.

**Casanova et al.** ((12), 2013) laten zien dat voor bacteriofaag phi-6 87 uur nodig is bij een luchtvochtigheid van 40% en 20 uur bij een luchtvochtigheid van 60% om een 4-log reductie te behalen zonder decontaminatie.

**Heimbuch et al.** ((13), 2014) hebben onderzocht of het mogelijk is om mondmaskers schoon te maken met antimicrobiële doekjes. Hiervoor heeft hij mondmaskers gecontamineerd met slijm en *S. Aureus*. De studie laat zien dat het mogelijk is om de maskers schoon te maken met de doekjes, echter met de doekjes die in deze studie zijn gebruikt werden ze niet effectief schoon. Mogelijk zouden andere typen doekjes meer effect hebben.

**Lindsley et al.** ((14), 2015) hebben onderzoek gedaan naar UV straling (254 nm) op decontaminatie van vier N95 mondmaskers. Hiervoor hebben ze coupons genomen van de maskers en beide kanten bestraald met UV, daarnaast hebben ze ook de bandjes van de maskers verwijderd en bestraald met UV. Voor zowel de lagen van de maskers als de rubber bandjes werd bepaald hoeveel kracht er nodig was om ze te laten scheuren of breken. De UV doses waren in de range van 120-950 J/cm<sup>2</sup>. UV straling had wel effect op de deeltjespenetratie: 16/20 coupons (12 significant) hadden een verhoogde penetratie (max. + 1.25%). Uiteindelijk hadden wel alle maskers een filterpenetratie <5%. Ook de flow resistentie veranderde na UV straling: voor 12 coupons nam deze toe en voor 8 nam deze af, maar de verandering was <6% voor alle coupons. Vooral de scheursterkte van het filtermateriaal werd aangetast bij de hogere UV doses, in sommige gevallen wel tot >90%: bij 120 J/cm<sup>2</sup> verloor 2/13 coupons een significante hoeveelheid kracht, maar bij 950 J/cm<sup>2</sup> waren dit er 10/13. Er was veel verschil tussen de

De informatie in dit document is niet meer actueel. Vanaf 1 september is herverwerking van single-use medische materialen niet meer toegestaan.

diverse modellen die gebruikt werden. De rubber bandjes werden minder aangetast, bij een dosis van  $590 \text{ J/cm}^2$  nam de kracht af met 10-21% (vergeleken met de controles) en bij  $2360 \text{ J/cm}^2$  werd de sterkte met 20-51% verminderd. Het is dus goed om rekening te houden met het gebruikte materiaal en de dosis die nodig is om een bepaald pathogeen te doden om te bepalen hoe vaak een masker hergebruikt kan worden als er gebruik wordt gemaakt van UV straling. UV straling zou goed toegepast kunnen worden, maar bij maskers die weinig veiligheidsmarge hebben voor deeltjespenetratie is voorzichtigheid geboden, de flow resistentie zal waarschijnlijk niet de beperkende factor zijn voor de maskers. Het gebruikte model masker is een belangrijk punt: op de buitenste lagen van het masker moet 3.2-400 keer zoveel straling worden gegeven als voor de binnenste lagen nodig is, afhankelijk van de vorm van het model. Ook het ophopen van verontreiniging kan de penetratie van de UV straling afremmen, waardoor een hogere dosis UV straling nodig is voor decontaminatie.

**Lin et al.** ((15), 2017) hebben de filterkwaliteit van drie mondmaskers (N95, Gauze en Spunlace, hier alleen N95 laten zien) onderzocht na vijf decontaminatiemethoden. De vijf gebruikte decontaminatiemethoden zijn: elektrische rijstkoker (droge hitte), autoclaaf (stoom), ethanol, isopropanol en bleek. De resultaten van deze studie lieten zien dat na decontaminatie van de maskers de filter kwaliteit verminderde doordat de deeltjesgrootte van de meest penetrerende deeltjes groter werd door een verhoogde penetratie door de maskers. Het drukverschil nam toe na decontaminatie met bleek en nam af na het gebruik van de autoclaaf. In deze studie lijken fysische decontaminatiemethoden minder effect te hebben op het filter dan chemische methoden. De fit factor is niet meegenomen in deze studie.

**Lin et al.** ((16), 2018) hebben onderzocht of *Bacillus subtilis* sporen op een N95 masker kunnen overleven na vijf methoden van decontaminatie (ethanol, bleek, UVA (365 nm) en UVC (254nm) een autoclaaf (121 °C) en een traditionele elektrische rijstkoker (droge hitte van 149-164°C, geen water toegevoegd). Dit artikel kijkt vooral naar de decontaminatie van bacteriesporen, waarvoor veel zwaardere decontaminatie nodig is dan voor de decontaminatie van (envelopped) virussen. Omdat de focus ligt op decontaminatie van virussen, hier alleen een korte samenvatting: bleek, UVC, de autoclaaf en de rijstkoker waren effectieve sterilisatie technieken voor bacteriesporen.

**Mills et al.** ((17), 2018) hebben onderzoek gedaan naar UV straling (254nm) als decontaminatiemethode voor 15 verschillende N95 mondmaskers die gecontamineerd waren met influenza H1N1 (zowel het masker als het bandje). Verder hebben ze twee soorten extra verontreiniging toegevoegd aan het masker (kunstmatige speeksel en huidolie). De mondmaskers werden bestraald met  $1 \text{ J/cm}^2$  gedurende 1 minuut. Hierna werden de besmette delen van de maskers uitgesneden om het virus te extraheren. Een  $\geq 3$ -log reductie van het influenza virus werd gezien in 12/15 maskers en in 7/15 bandjes van de maskers voor beide verontreinigingsmethoden. De drie maskers die deze decontaminatie niet lieten zien waren wit, 'cup-shaped' en hadden een licht ruwe textuur. Voor hydrofiele mondmaskers is het mogelijk dat het virus verder in het masker opgenomen wordt en de UV straling er dus

De informatie in dit document is niet meer actueel. Vanaf 1 september is herverwerking van single-use medische materialen niet meer toegestaan.

niet goed bij kan. De resultaten laten zien dat de desinfectie efficiëntie afneemt als er meer verontreiniging op een masker zit. Echter, er werd heel veel verontreiniging gebruikt in deze studie en er werd alsnog afname gezien van het virus. Schaduw in het ontwerp van het mondmasker zorgt ook voor een mindere werkzaamheid van de UV straling, vooral bij de bandjes lijkt dit een groot probleem. Maar de bandjes zouden eventueel met een desinfectiedoekje kunnen worden schoongemaakt. Alleen de buitenkant van het mondmasker is bekeken in deze studie, de binnenkant van het mondmasker zou ook moeten worden onderzocht voordat deze techniek geïmplementeerd kan worden in de kliniek, omdat zowel de gebruiker als de omgeving het masker kan verontreinigen. Op basis van deze studie lijkt het mogelijk om mondmaskers te decontamineren met UV straling, maar bij implementatie moet zorgvuldig gekeken worden naar het materiaal en het model van de verschillende maskers.

**Vuma et al.** ((18), 2019, *alleen abstract*) laten zien dat bij gebruik van N95 mondmaskers in 48% van de proefpersonen een fittestwaarde van <100 gevonden werd na het opnieuw opdoen van het masker. Waarschijnlijk heeft dit voornamelijk te maken met de manier hoe het masker is opgedaan, wat bevestigd wordt doordat 50% van de proefpersonen na een test van <100 een score heeft van  $\geq 100$ . Over het algemeen was er een significant verschil in mediane fit factoren tussen de eerste keer dat een masker wordt opgedaan en de zesde keer (195 vs. 150), dit verschil werd niet na de tweede en de zesde keer gezien (161 vs. 150)

**Nemeth et al.** ((19), 2020, *alleen abstract*) hebben de meningen van de zorgmedewerkers onderzocht: de gemiddelde perceptie van veiligheid in geval van een pandemie als ze geen mondmasker dragen is 1.25 op een schaal van 10. Hetzelfde masker dragen voor een verlengde periode gaf een gevoel van veiligheid van 4.20 en een masker die gedecontamineerd is met UV straling gaf een gevoel van veiligheid van 7.72 van de 10.

**Viscusi et al.** ((20), 2007) hebben de functie van een N95 en een P100 masker getest na tien verschillende decontaminatie methoden. Decontaminatie met autoclaaf (121 °C), 160 °C droge hitte, 70% isopropyl alcohol en water en zeep (gedurende 20 minuten) lieten significante degradatie van de filters zien met een deeltjespenetratie van >5%. De werking van het filter na decontaminatie met bleek, ethyleenoxide en in een magnetron was afgenomen, maar de deeltjespenetratie bleef nog wel <5%. UV straling en waterstofperoxide (zowel in gas vorm als in vloeibare vorm) hadden het minste effect op de deeltjespenetratie. Visueel waren de N95 maskers na autoclaveren misvormd en na isopropyl alcohol was alleen de inkt van het bandje af, wat ook het geval was na behandeling met de hoge concentratie vloeibare waterstofperoxide. Na behandeling met bleek en waterstofperoxide gas waren de neus bandjes aangetast en bij hoge concentratie bleek waren zowel het masker als de bandjes stijf geworden. Bij 80°C droge hitte waren er geen visuele afwijkingen maar bij 160°C waren de maskers grotendeels gesmolten. Na behandeling in een magnetron gedurende 2 minuten werden geen afwijkingen gezien, maar na 4 minuten was het mondmasker gesmolten bij de aluminium

De informatie in dit document is niet meer actueel. Vanaf 1 september is herverwerking van single-use medische materialen niet meer toegestaan.

neusbeugels en waren er gaten in het masker te zien. Na UV straling en behandeling met zeep en water werden geen visuele afwijkingen gezien. Bij waterstofperoxide moet opgelet worden dat het masker geen cellulose bevat, aangezien dit waterstofperoxide opneemt. Verder lijkt op basis van deze studie de maximale temperatuur waarop een masker verwarmd kan worden 80°C, aangezien hierna de filter efficiëntie duidelijk afnam bij alle methoden.

**Bergman et al.** ((21), 2010) hebben zes verschillende N95 maskers (zelfde als Viscusi et al., 2009 (3)) op acht verschillende manieren gedecontamineerd en dit driemaal achter elkaar gedaan om de kwaliteit van de maskers na drie maal decontaminatie te onderzoeken. De acht gebruikte methodes zijn: UV straling (254nm), ethyleenoxide, waterstofperoxidegas (ASP STERRAD), waterstofperoxidegas (Bioquell), magnetronoven gegenereerde stoom, bleek, vloeibare waterstofperoxide en vochtige hitte incubatie. Alleen de waterstofperoxidegas (ASP) methode resulteerde in 4/6 maskers in een filteraerosol penetratie >5% (auteurs denken dat mogelijk de buitenste maskers tijdens de decontaminatie meer schade ondervinden), voor alle andere methodes bleef de filter aerosol penetratie <5%. Bij decontaminatie met bleek was de filter penetratie na drie keer decontamineren wel hoger dan na één keer, maar het bleef onder de 5% (4.01% vs. 0.56%). De filter airflow resistentie was voldoende in alle maskers. Visueel waren er bij de maskers die behandeld zijn met ethyleenoxide, waterstofperoxidegas (ASP en Bioquell) en UV straling geen afwijkingen te zien. Maskers die zijn behandeld met magnetron gegenereerd stoom en vochtige hitte lieten in sommige gevallen loslating van het neuskussentje zien en bij sommige maskers waren de bandjes licht gesmolten. Bij bleek waren er verkleuringen zichtbaar, de metalen neusstrips waren aangetast en in sommige maskers was het neuskussentje deels opgelost. Verder was er na het drogen nog steeds een sterke bleekgeur waarneembaar. Bij de modellen die nietjes op het masker hebben, werden de nietjes geoxideerd door zowel bleek als door vloeibare waterstofperoxide. De fit van de maskers na decontaminatie is niet meegenomen in deze studie. Verder is ook niet onderzocht of het virus daadwerkelijk inactief was na de decontaminatie rondes.

**Fisher et al.** ((22), 2010) hebben gekeken of vervuiling op een mondmasker (één type N95) de efficiëntie van de decontaminatie methoden verminderden. Hiervoor is decontaminatie met magnetron gegenereerd stoom en UV straling gebruikt. Aerosolen van bacteriofaag MS2 werden samen met vervuiling op coupons van de maskers aangebracht in drie verschillende cycli, waarbij dus na elke cyclus de vervuiling toenam. Magnetron gegenereerd stoom was na alle cycli even effectief en ondervond geen effect van de vervuiling. UV straling liet verschil zien in effectiviteit tussen de verschillende cycli: bij een toename van de vervuiling nam de penetratie van de UV straling af. Er werd een lineaire correlatie gezien tussen de hoeveelheid UV penetratie in het masker (tot in het filter medium) en de decontaminatie efficiëntie. Voor toepassing in de praktijk zou er dus meer UV straling nodig zijn voor vervuilde maskers of de maskers zouden eerst schoongemaakt moeten worden. Indien maskers meerdere malen gedecontamineerd worden, dient er rekening mee gehouden te worden dat opgebouwde vervuiling de effectiviteit van de decontaminatie negatief kan beïnvloeden.