

MEMO:
Onderzoeksresultaten Ontwikkelfase
3DQ.nl Adapter (prototype)



3D Printing Limburg

Datum: 14-04-2020

Versie: 2.1

Door: ing. Ton Scheres, CTO, 3D Printing Limburg BV
Rutger van Knippenberg, Print Operator, 3D Printing Limburg BV

Onderzoeksresultaten Ontwikkelfase 3DQ.nl Adapter (prototype)

3D Printing Limburg

Datum: 14-04-2020

Versie: 2.1

Door: ing. Ton Scheres, CTO, 3D Printing Limburg BV
Rutger van Knippenberg, Print Operator, 3D Printing Limburg BV

1. Aanleiding

Op verzoek zijn we op 25-03-2020 gestart met het ontwikkelen en testen van een koppelstuk waarmee diverse gangbare type volgelaats snorkelmaskers gekoppeld kunnen worden aan gangbare P3 filters.

2. Uitgangspunten

- i. Het prototype dient zo gemaakt te zijn, dat het geschikt is voor industriële productie.
- ii. De combinatie 'snorkelmasker - koppelstuk – filter' dient als geheel als een veilig en deugdelijk PBM te kunnen worden beschouwd en te voldoen aan minimaal de volgende normen:
 - a. Face Fit Test waarbij de combinatie als geheel een Protectiefactor van >1000 waarbij volgende kennisdocumenten als uitgangspunt hierbij zijn genomen:
 - i. <https://www.veiligheidskunde.nl/xu/document/cms/streambin.asp?requestid=5868E144-9EF8-45BC-8AED-A4554C46BE28>
 - ii. https://www.safetysign.nl/userfiles/Gele_Safety_Sign/20170216_Reglement_Erkenningregeling_Gele_Safety_Sign.pdf
 - b. Wij richten ons enkel op de combinatie 'snorkelmasker – koppelstuk – filter', ook al is ons bekend dat je naast deze PBM's, onder andere PBM's zoals handschoenen, wegwerpoveralls categorie CE3 etc, dient te dragen in ruimtes waarbij de lucht verontreinigd kan zijn met Covid-19 deeltjes of andere vergelijkbare virusdeeltjes.
- iii. Het koppelstuk dient, in combinatie met een snorkelmasker en een filter, gebruikt te worden in een omgeving waarbij de lucht mogelijk (sterk) vervuild is met micro-organismen, zoals Covid-19 deeltjes. Ondanks dat er een deugdelijk snorkelmasker en een deugdelijk filter gebruikt dient te worden, kan nooit uitgesloten worden dat een (zeer) beperkt deel aan micro-organismen in het masker terecht komen. Daarom dient het koppelstuk aan zowel aan buiten, als aan de binnenzijde dusdanig ontworpen en geproduceerd te worden, dat micro-organismen zo min mogelijk achter kunnen blijven c.q. kunnen blijven steken in (minuscule) kieren en/of naden in het koppelstuk. Als dat wel gebeurt kunnen virusdeeltjes zich mogelijk gaan delen indien die in contact komen met andere cellen, waardoor ze in aantal toenemen en er sprake kan zijn van een zogenaamd broeinest van virusdeeltjes. Ook is bekend dat micro-organismen, zoals virusdeeltjes via de slijmvliezen van de ogen naar binnen kunnen dringen in het lichaam.

- iv. De combinatie 'snorkelmasker - koppelstuk – filter' dient als geheel, als ook als afzonderlijke delen effectief schoongemaakt, gedesinfecteerd en/of gesteriliseerd te kunnen worden, zodat het hergebruikt kan worden. Dit geldt niet voor (de binnenzijde) van het P3 filter, dat dient te allen tijde als 'disposable' beschouwd te worden. Micro-organismen dienen zo min als mogelijk de kans te krijgen om achter te blijven in kieren en naden van het koppelstuk (als ook in kieren of naden van het snorkelmaskers c.q. het filter).
- v. De combinatie 'snorkelmasker - koppelstuk – filter' dient bij normaal gebruik niet spontaan los te kunnen schieten.
- vi. Bij voorkeur wordt gebruik gemaakt van erkende (schroef)aansluitingen tussen filter(s) en (snorkel)maskers.

3. FASE 1: Beoordelen van aangedragen koppelstukken (adapters)

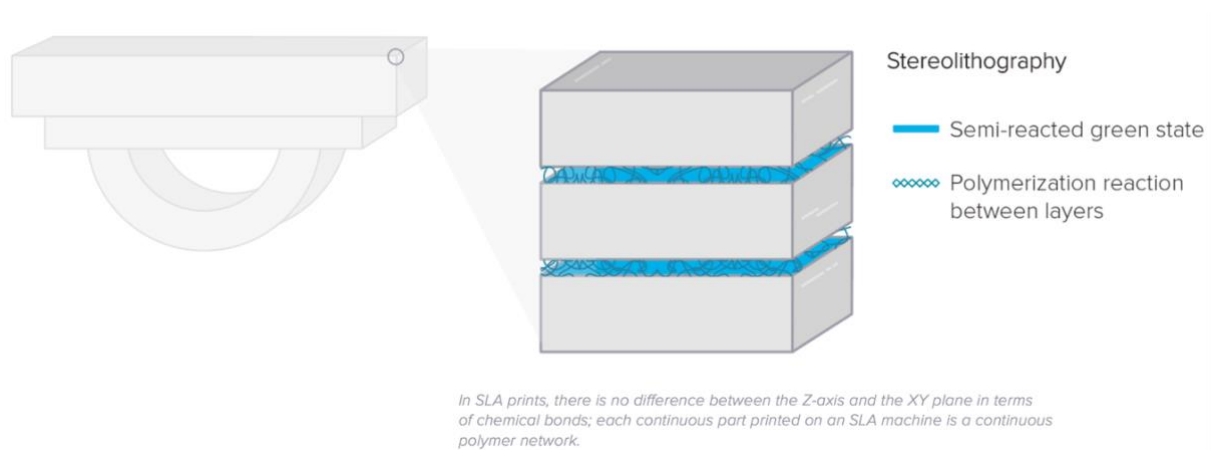
Tijdens de 1^e ontwikkelfase zijn reeds bekende en ter beschikking gestelde 3D-geprinte koppelstukken nauwkeurig beoordeeld en getest (met behulp van o.a. een gecertificeerde Face Fit Test) en onderzocht. Hierbij ging het om:

- i. Decathlon type 1, met Charlotte Valve adapter, gekoppeld aan een ademhalingsapparaat
- ii. Atlantis masker in combinatie met Atlantis V1.1 adapter (FDM/SLA) en een HME filter
- iii. Uno masker in combinatie met Uno V1.2 adapter (FDM/SLA) in combinatie met een HME filter
- iv. Decathlon versie 1 masker in combinatie met Safety - Ocean Reef adapter (FDM/SLA) in combinatie met P3 filter schroefaansluiting.

Naast deze 4 modellen, hebben we ook continu schaduwtests (o.a. een gecertificeerde Face Fit Test) uitgevoerd met volgelaatsmaskers die in de Asbestbranche worden gebruikt en die op vergelijkbare manier worden toegepast. In deze gaat het om het Scott Vision2 masker, in combinatie met een bijbehorende P3 filter met schroefaansluiting (RD=40).

We hebben van deze 4 modellen zowel een variant geprint middels FDM (zonder nabewerking!), als ook een variant geprint middels SLA. Onze bevindingen tijdens deze tests zijn dat FDM zonder een nabewerking zoals het aanbrengen van een coating absoluut niet geschikt is voor dit soort toepassingen, vanwege:

- Voorbeeld geprint middels FDM dat in onze ogen enkel als disposable kan en mag werken, omdat de ruimte tussen de lagen juist een perfecte plek is voor virusdeeltjes zoals Covid-19 (en bacteriën) om zich te kunnen “delen” (broeinestgevaar)
- Een FDM geprinte adapter is absoluut niet geschikt om goed te kunnen ontsmetten, indien deze adapters meermaals of voor langere tijd gebruikt dienen te worden!
- FDM modellen (zeker PLA) zijn niet sterk genoeg om een materiaal-stresstest te halen, het ‘kliksysteem’ is niet geschikt voor veelvuldig gebruik en zal op den duur gaan lekken.
- Zie onderstaande afbeelding voor een grafische weergave.



FDM 3D printers form layers by depositing lines of PLA or ABS. This process means that layers are not bonded together as strongly as the lines (filament extrusion) themselves; there are voids in between the rounded lines and it's possible that layers may not fully adhere to one another.

4. Pluspunten per model

- a. Charlotte Valve
 - Enige aangedragen adapter die zich richt op actieve beademing
 - Zover wij weten het 'eerste' initiatief dat zich richtte op snorkelmaskers, dus een inspiratiebron voor anderen.
 - Wij hebben geen Face-Fit test uitgevoerd, omdat we geen ademhalingsapparaat hebben en we ons in dit onderzoeks- en ontwikkeltraject niet willen richten op een combinatie met een koppeling aan een ademhalingsapparaat.
- b. Atlantis V1.1
 - Goedkoop en snel op grote capaciteit te produceren
- c. Uno V1.2
 - Goedkoop en snel op grote capaciteit te produceren
- d. Safety - Ocean Reef (Made in Italy)
 - Goede maatvoering van de adapter, waardoor deze goed aansluit op de connector van het masker.
 - Maakt gebruik van de juiste filter (de Scott Pro2000) die veilig middels passieve beademing te gebruiken is
 - Goed compact gehouden en filter aan bovenkant van het hoofd op een plek waar zich al zo min mogelijk virusdeeltjes bevinden.

5. Tekortkomingen per model

- a. Charlotte Valve adapter
 - Bedoeld voor actieve beademing via een ademhalingsapparaat.
 - Printorientatie, het is onmogelijk om dit model zonder ondersteuning te printen, de plekken waar de support nadien verwijderd wordt en waar ondersteuning gezeten heeft zijn oneffenheden welke bij gebruik een goed klimaat voor virussen zullen ontwikkelen.
 - Te smalle wanddiktes, zwakke plekken in het model dat snel kapot kan gaan.
 - Mede door de te smalle wanddiktes is het model hierdoor niet stug genoeg, waardoor de aansluiting kan gaan lekken.
 - Te grote toleranties, waardoor het niet nauwkeurig genoeg sluit en er lekkages ontstaan.
 - Het scheiden van de kanalen is onvoldoende en lekt door te grote afstand in de connector, zeker bij actieve beademing mag dit uiteraard niet.
- b. Atlantis V1.1
 - Voorbeeld geprint middels FDM wat in onze ogen enkel als disposable kan en mag werken, omdat de ruimte tussen de lagen juist een perfecte plek is voor bacterien en virussen om zich te ontwikkelen. Een middels FDM geprinte adapter is absoluut niet voldoende te ontsmetten om meermaals of voor langere tijd te gebruiken!
 - FDM modellen (zeker PLA) zijn niet sterk genoeg om een materiaal-stresstest te halen, het 'klikstelsel' is niet geschikt voor veelvuldig gebruik en zal op den duur gaan lekken.

- Toleranties, dit model sluit absoluut niet goed aan op de connector van het snorkelmasker, hier zijn duidelijk lekkages aanwezig.
 - Er wordt geen gebruik gemaakt van de clip op het snorkelmasker, waardoor dit niet gefixeerd wordt en tijdens gebruik ongemerkt kan gaan lekken, los kan raken of zelfs af kan vallen
 - De gebruikte HME-filter is ons inziens niet goed genoeg bevonden voor passieve beademing. Door te hoge zuigkracht kan het filter losraken (dit is tijdens onze Face Fit Test gebeurd!). Ook gaat de lucht door een relatief smal buisje, waardoor weerstand wordt opgebouwd. Aangezien lucht de weg van de minste weerstand zoekt, indien deze wordt aangezogen, kan een te hoge weerstand
- c. Uno V1.2
- Voorbeeld geprint middels FDM wat in onze ogen enkel als disposable kan en mag werken, omdat de ruimte tussen de lagen juist een perfecte plek is voor bacteriën en virussen om zich te ontwikkelen. Een middels FDM geprinte adapter is absoluut niet voldoende te ontsmetten om meermaals of voor langere tijd te gebruiken!
 - FDM modellen (zeker PLA) zijn niet sterk genoeg om een materiaal-stresstest te halen, het 'klikstelsel' is niet geschikt voor veelvuldig gebruik en zal op den duur gaan lekken.
 - Toleranties, dit model sluit absoluut niet goed aan op de connector van het snorkelmasker, hier zijn duidelijk lekkages aanwezig.
 - Er wordt geen gebruik gemaakt van de clip op het snorkelmasker, waardoor dit niet gefixeerd wordt en tijdens gebruik ongemerkt kan gaan lekken, los kan raken of zelfs af kan vallen
 - De gebruikte filter (Intersurgical) is niet goed genoeg bevonden voor passieve beademing. Door te hoge zuigkracht kan het filter losraken (tijdens onze Face Fit Test gebeurd!).
- d. Safety - Ocean Reef (Made in Italy)
- Te smalle wanddiktes, zwakke plekken in het model dat snel kapot kan gaan.
 - Mede door de te smalle wanddiktes is het model hierdoor niet stug genoeg en niet "stressbestendig", waardoor de aansluiting kan gaan lekken.
 - Filter met schroefdraad zit 'op' de adapter in plaats van 'er in', waardoor er een zwakke plek ontstaat als er door bijvoorbeeld een stoot of val kracht op de filter komt. De adapter kan hierdoor zelfs scheuren of breken.
 - Verkeerde / ongunstige Print-oriëntatie. Het is onmogelijk om dit model zonder "ondersteuning" te printen. Op de plekken waar de support nadien verwijderd wordt en waar deze ondersteuning gezeten heeft, ontstaan oneffenheden waarin micro-organisme zoals virusdeeltjes in kunnen achterblijven en kunnen gaan "delen" (broeiest-risico).

6. Face Fit Test resultaten per getest model

We hebben vervolgens de alternatieve modellen Atlantis V1.1., de Uno V1.2 als ook de Safety - Ocean Reef – Made in Italy aan een face fit test onderworpen. De Charlotte Valve is niet aan een face fit test onderworpen omdat deze adapter enkel bedoeld is voor actieve beademing. Deze face fit tests zijn uitgevoerd conform de “Gele Safety Sign” gecertificeerde testmethode door een gecertificeerd Face Fit Bedrijf. Als testnorm werd daarbij een Protectiefactor van > 1000 gehanteerd, zoals die ons inziens gebruikelijk is bij een Volgelaatsmasker zonder aanblaasunit. Zie:

<https://www.veiligheidskunde.nl/xu/document/cms/streambin.asp?requestid=5868E144-9EF8-45BC-8AED-A4554C46BE28>

- a. Charlotte Valve:
 - niet verder getest, omdat dit model bedoeld is voor actieve beademing.
- b. Atlantis V1.1
 - Gebruikt masker: Atlantis
 - Hoogst gemeten waarde: 15
 - Face Fit Test algemene waarde: 11
 - Test gehaald: Nee
- c. Uno V1.2
 - Gebruikt masker: Uno
 - Hoogst gemeten waarde: 8
 - Face Fit Test algemene waarde: 5
 - Test gehaald: Nee
- d. Safety - Ocean Reef (Made in Italy)
 - Gebruikt masker: Decathlon model 1
 - Hoogst gemeten waarde: 1570
 - Face Fit Test algemene waarde: 1024
 - Test gehaald: Ja
- e. Scotts- Vision2 (schaduwtest)
 - Gebruikt masker: Vision 2 i.c.m bijpassend P3-filter
 - Hoogst gemeten waarde: >60000
 - Face Fit Test algemene waarde: >40000
 - Test gehaald: Ja

7. Eigen ontwerp 3DQ adapter - Prototype

Op basis van de ervaringen en de testresultaten zoals opgedaan in de hierboven beschreven Fase 1, hebben wij ervoor gekozen om zelf de 3DQ adapter te gaan ontwikkelen (ontwerpen – testen – ontwerp aanpassen – testen etc).

Dit is een proces geweest waarin de testen zijn uitgevoerd met diverse materialen, diverse type filters en diverse ontwerpen. Tijdens deze fase hebben we diverse varianten ontworpen – getest – doorontwikkeld – getest etc etc.

Zie onderstaande foto voor een impressie van de geteste modellen en filters.



8. Definitieve ontwerp 3DQ adapter dat voldoet aan de uitgangspunten (Prototype)

- **SLA:**
 - Gekozen is voor een 3Dprint middels **SLA**, vanwege de gladde afwerking dat daardoor goed te reinigen is. Dit sterke materiaal zorgt ervoor dat het model niet scheurt of breekt.
- **Formlabs-resin:**
 - Er zijn diverse resins getest en gekozen is voor een resin uit de “Formlabs” reeks, een vrij kostbare resin, maar dit voldoet wel absoluut aan de kwaliteitseisen, zoals geformuleerd in de uitgangspunten. Met name van belang omdat de combinatie volgelaats (snorkel)masker – met koppelstuk – filter gebruikt dient te worden als een PBM in een ruimte met lucht die verontreinigd kan zijn met vele Covid-19 deeltjes (micro-organismen).
- **Minimale wanddikte van 2mm**
 - We hebben bewust gekozen voor een minimale wanddikte van 2mm, waardoor er een zeer robuust model ontstaat dat bij stoot- of valschade niet snel gaat lekken.
- **P3 filter met RD 40mm en/of RD 50mm**
 - We hebben gekozen voor de Scotts Pro2000 filter (P3), aangezien deze voldoet aan de juiste filterklasse bij micro organismen zoals virusdeeltjes waaronder Covid-19 deeltjes.
 - Ook de diameter van de filter is van belang. Hoe groter deze diameter, hoe makkelijker het in- en uitademen over het filter gaat. Bij de geteste combinaties van een masker + een adapter + een HME filter constateren we dat geen enkele combinatie door te face fit test komt, vermoedelijk omdat de HME filter een te kleine diameter heeft, waardoor deze een te hoge weerstand geeft, waardoor bij inademen er een luchtstroom ontstaat via een zwakke plek in de combinatie. Zo’n zwakke plek kan zijn een kier of gaatje in het HME filter, dat vervolgens steeds groter wordt, maar het kan ook zijn een kier of gaatje in de adapter of een kier in het masker (langs een overdrukventiel bij de uitblaas of aannemelijker via een open verbinding tussen rubberen rand en ‘t gelaat.
- **Schroefaansluiting conform EN 148-1**
 - De Scotts Pro2000 filter (P3), heeft als grote voordeel dat deze een (gangbare) schroefdraad heeft, waardoor er nauwelijks of geen lekkages kunnen ontstaan wanneer de genoemde P3 filter op de adapter zal worden gedraaid.
- **Naadloze aansluiting op het masker**
 - De aansluiting op het masker is naadloos sluitend gemaakt en aansluitbaar middels een degelijke clip, waardoor de adapter niet bij normale lichaamsbewegingen er spontaan van afvalt.

Foto van het Prototype van de 3DQ.nl adapter



9. Face Fit Test 3DQ adapter

- Gebruikt masker: Decathlon model 1
- Hoogst gemeten waarde: 14678
- Face Fit Test algemene waarde: 3075
- Test gehaald: Ja

10. Saturatietest 3DQ adapter

Test waarmee gemeten wordt in welke mate zuurstof door het bloed wordt opgenomen. In de medische wereld wordt een waarde van 95% of hoger (SpO2) gezien als een normale waarden voor een gezond persoon. Bij waarden van 90% of lager is er sprake van een alarmerende situatie en dient direct contact te worden opgenomen met een medisch specialist.

SpO2 waarde	Hartslag	Moment	Onderdeel
98	70	0:00	Start test
97	76	0:05	Meetmoment 1
99	86	0:10	Meetmoment 2
98	73	0:15	Start Face Fit Test
98	73	0:15	Fase 1: Normal Breathing
97	71	0:17	Fase 2: Deep Breathing
98	80	0:19	Fase 3: Head side-to-side
97	83	0:21	Fase 4: Head up-and-down
99	82	0:23	Fase 5: Talk out loud
97	81	0:25	Fase 6: Bending over
97	72	0:27	Fase 7: Normal Breathing
98	73	0:29	Fase 8: Einde
98	70	0:30	Meetmoment 3
99	64	0:45	Meetmoment 4
99	63	1:00	Meetmoment 5

11. Relevante overige aspecten

- Luchtstromen kiezen altijd de weg van de minste weerstand. Indien er in de combinatie Masker – adapter – filter, ergens een “open verbinding” zit, is dit zeer goed waar te nemen met de Face Fit Test. Een open verbinding kan zitten in de aansluitingen tussen filter en adapter en/of tussen adapter en masker en/of tussen masker en gelaat en/of via overdrukventielen in het masker.
 - Bij alle testen van combinaties met HME filters kwam de gemiddelde face fit score test niet hoger dan 10.
- Voor filters gelden verschillende normen, gebruik de juiste. Zie Bijlage 2. Normen zijn geschreven voor een specifieke toepassing. Het is een onjuiste aanname als men een bepaalde filternorm hanteert voor een andere toepassing dan waar die filternorm van uitgaat. Naast het goed “filteren van de lucht” zijn namelijk ook andere aspecten van belang.
 - Is het filter bestand tegen grote (plotselinge) verschillen in onderdruk of bovendruk ?
 - Is het filter bestand tegen hoge windkracht? In normaal taal gebruik: “ het filter dient bestand te zijn tegen “steenslag”, indien de lucht met hogere windkracht wordt aangezogen. Als voorbeeld: wanneer met een stofzuiger lucht wordt aangeblazen, dan mag het filter niet meteen “kapot” te gaan wanneer er met hoge snelheid (windkracht) een scherp deeltje tegen het filterdoek aan komt. Als dat wel zou gebeuren ontstaat namelijk mogelijk een groter gat en aangezien lucht de weg van de minste weerstand neemt, gaat de luchtstroom vooral via dat grotere “gat”. Hierdoor kan dat “gat”, ontstaan doordat het filterdoek kapot is, mogelijk ook weer snel groter worden.
 - Hoe groot is het filteroppervlak? Filters met een klein oppervlak, raken sneller vol c.q. verstopt. Op dat moment wordt de weerstand van het filter verhoogd en zal de lucht op zoek gaan naar de weg van de minste weerstand.
- Zichtveld door het masker. Een asbestmasker heeft van nature een bol scherm. Hierdoor is er sprake van een goed zichtveld, ook in de hoeken. Snorkelmaskers, bedoeld om vooral onder water mee te kunnen kijken hebben meestal vlakke schermen. Boven water wordt het zichtveld beperkt bij vlakke schermen. Het Decathlon-snorkelmasker heeft een plat scherm, waardoor het zichtveld beperkter is dan andere (snorkel)maskers.
- Draagcomfort van het masker. Asbestmaskers zijn vergeleken met snorkelmaskers vele malen comfortabeler. Dit komt omdat de ‘ aansluitrubber’ van hogere kwaliteit is, waardoor deze beter aansluit, maar ook comfortabeler zit. Ook van belang is hierbij het aantal trekbanden, waarmee het masker wordt vastgezet. Een asbestmasker heeft er doorgaans 5, een snorkelmasker heeft er doorgaans maar 2. Na verloop van tijd ontstaat bij de drukpunten mogelijk irritatie. Bij een masker met meer aansluitpunten is de druk per aansluitpunt minder, dus zal er minder snel irritatie ontstaan.

- Communicatie-mogelijkheden via het masker. Een (half)gelaatsmasker sluit beter aan dan een mondkapje en kent een hogere geluidsweerstand. Mede daardoor wordt spraakcommunicatie beïnvloedt. Er zijn in de asbestmarkt maskers beschikbaar die geluid wel dempen, maar waar nog steeds spraakcommunicatie goed mogelijk is. snorkelmaskers hebben verschillende mate van geluiddemping.
- Bijdragende mensen. Voor professionele asbestmaskers, als ook een aantal varianten van snorkelmaskers, zijn passende bril-accessoires te krijgen. Deze bril-accessoires zijn op sterkte leverbaar en kunnen aan de binnenzijde in het masker geklikt worden. Het Decathlon masker, zowel model 1 als 2, heeft geen mogelijkheid voor bijdragende mensen.
- Sterilisatiemogelijkheden en schoonmaakmogelijkheden van de gehele set. Bij de keuze van de juiste print-methode (FDM of SLA) is al eerder aangegeven dat zoveel als mogelijk voorkomen dient te worden dat er sprake is van oneffenheden, omdat virusdeeltjes en andere deeltjes zich hierin kunnen gaan ophopen c.q. kunnen gaan vastzitten, waardoor er een broeinest-risico ontstaat. Dat risico geldt uiteraard ook voor het masker als de filter, zowel aan de buiten- als aan de binnenzijde.
- Baardgroei. Een baard of een ongeschoren gelaat heeft een negatief effect op de score van de Face Fit Test.
- Stem het type adembescherming af, op de mate van concentraties aan respirabele deeltjes (stofdeeltjes en/of micro-organismen) in de lucht / in de ruimte en op de tijd dat het adembescherming gebruikt dient te worden.
 - In ruimtes met hoge concentraties, waarin iemand langdurig (>1 uur) dient te werken, adviseren wij een volgelaatsmasker met aanblaasunit te gebruiken.
 - In ruimtes met hoge concentraties, waarin iemand kortdurig (<1 uur) dient te werken, adviseren wij een volgelaatsmasker met P3 filter te gebruiken, danwel een halfgelaatsmasker met P3 filter.
 - In ruimte met lage concentraties, volstaat ons inziens een halfgelaatsmasker met P3 filter
 - Mondkapjes hebben we zelf nog te weinig getest, maar naar onze mening is het risico op 'open verbindingen' bij een mondkapje veel groter dan bij half- en volgelaatsmaskers. Daarentegen is – mede vanwege deze open verbindingen - de weerstand van het filter lager van een mondkapje, waardoor de longen minder hard hoeven te werken.

12. Volgende doorontwikkeling

Op verzoek van enkele artsen / anesthesiologen gaan we komende periode doorontwikkelen en testen op halfgelaatsmaskers. Er dient dan wel een oplossing gevonden te worden voor het risico dat virusdeeltjes via de slijmvliezen van de ogen kunnen binnendringen in het lichaam.

Meer info volgt later.

BIJLAGE 1: RELEVANTE KENNISDOCUMENTEN

<https://oceanreefgroup.com/covid19/>

<https://www.veiligheidskunde.nl/xu/document/cms/streambin.asp?requestid=5868E144-9EF8-45BC-8AED-A4554C46BE28>

https://www.safetysign.nl/userfiles/Gele_Safety_Sign/20170216_Reglement_Erkenningregeling_Gele_Safety_Sign.pdf

<https://media.carellurvink.nl/files/item/kcclhoofdstuk/500200.pdf>

<https://www.vdp.com/resources/338/767.pdf>

https://www.koudeenluchtbehandeling.nl/verdieping/corona-voorzorgsmaatregelen-ventilatie-en-luchtbehandeling-tegen-mogelijke-verspreiding-100019?vakmedianet-approve-cookies=1&_ga=2.45600420.1608767974.1585812997-2046622355.1585812997

<https://support.blacklinesafety.com/notifications/covid-19-disinfecting-g7>

<https://formlabs.com/blog/ultimate-guide-to-stereolithography-sla-3d-printing/>

https://www.who.int/medicines/areas/quality_safety/quality_assurance/SupplementaryGM/PHHeatingVentilationAirconditioningSystemsNonSterilePharmaceuticalDosageFormsTRS961Annex5.pdf?ua=1

BIJLAGE 2: Tabellen met verschillende filternormen

ASHRAE Standard 52.2				ASHRAE Standard 52.1	Application Guidelines		
MERV	Particle Size Removal Efficiency, Percent in Particle Size Range, μm			Dust-Spot Efficiency Percent	Particle Size and Typical Controlled Contaminant	Typical Applications	Typical Air Filter/Cleaner Type
	0.3 to 1	1 to 3	3 to 10				
20	≥ 99.999	in 0.1 – 0.2 μm particle size		—	< 0.3 μm Virus (unattached) Carbon dust Sea salt All combustion smoke	Electronics manufacturing Pharmaceutical manufacturing Carcinogenic materials	HEPA/ULPA Filters*
19	≥ 99.999	in 0.3 μm particle size		—			
18	≥ 99.99			—			
17	≥ 99.97			—			
16	> 95			> 95			
15	85-95	> 90	> 90	> 95			
14	75-85	> 90	> 90	90-95			
13	< 75	> 90	> 90	80-90			
12	—	> 80	> 90	70-75	1-3 μm Legionella Humidifier dust Lead dust Milled flour Auto emission particles Nebulizer drops	Superior residential buildings Better commercial buildings Hospital laboratories	Pleated filters – Extended surface with cotton or polyester media or both, 1 to 6 inches thick. Box Filters – Rigid style cartridge, 6 to 12 inches deep.
11	—	65-80	> 85	60-65			
10	—	50-65	> 85	50-55			
9	—	< 50	> 85	40-45			
8	—	—	> 70	30-35	3-10 μm Mold Spores Dust mite body parts and droppings Cat and dog dander Hair spray Fabric protector Dusting aids Pudding mix Powdered milk	Better residential buildings Commercial buildings Industrial workplaces	Pleated filters – Extended surface with cotton or polyester media or both, 1 to 6 inches thick. Cartridge filters – Viscous cube or pocket filters Throwaway – Synthetic media panel filters
7	—	—	50-70	25-30			
6**	—	—	35-50	< 20			
5	—	—	20-35	< 20			
4	—	—	< 20	< 20	> 10 μm Pollen Dust mites Cockroach body parts and droppings Spanish moss Sanding dust Spray paint dust Textile fibers Carpet fibers	Minimum filtration Residential window air conditioners	Throwaway – Fiberglass or synthetic media panel, 1 inch thick. Washable – Aluminum mesh, foam rubber panel Electrostatic – Self-charging (passive) woven polycarbonate panel
3	—	—	< 20	< 20			
2	—	—	< 20	< 20			
1	—	—	< 20	< 20			

FILTERS FOR FRESH AIR PRECLEANING SYSTEMS							
Fits RESPA Model	Sy-Klone Part No.	Filter Rating at Specified Airflow	Minimum Average Efficiency	Operating Airflow	For Use On	Effective Against	Applications
RESPA-CF Standard Length & RESPA-CF2 Standard Length (Filters with Ejection Ports)	FEFF108 (replaces FEFF008)	MERV 16 150 CFM (255 m3/h)	≥95% on particle size 0.3 to 1.0 µm	≤ 150 CFM (255 m3/h)	Fresh Air Filtration	0.3 - 1.0 µm particulate, such as: all bacteria; most tobacco smoke; propyl nuclei (sneezes); respirable crystalline silica (RCS); diesel particulate matter (DPM); and other respirable particulate within the size range.	Mining, Agriculture, Demolition, Construction, Waste, Indoor Recycling, all applications where respirable dust is present.
		F9 150 CFM (255 m3/h)	≥95% on particle size 0.4 µm (Em)				
	FEFF118 (replaces FEFF018)	HEPA H-13 100 CFM (170 m3/h)	Initial Efficiency ≥99.95%	≤ 100 CFM (170 m3/h)	Fresh Air Filtration	0.3 µm particulate, such as: all combustion smoke; diesel particulate matter (DPM); respirable crystalline silica (RCS); radon progeny; carbon dust; sea salt; and other respirable particulate within the size range.	Nuclear Clean-up, working with friable Asbestos, Carcinogenic Materials.
	FEFF131 (RESPA-CF requires REVA-019 Odor Filter Retrofit Kit)	HEPA H-13 and Odor Retention 50 CFM (85 m3/h)	Initial Efficiency ≥99.95%	≤ 50 CFM (85 m3/h)	Fresh Air Filtration where Odor Reduction is needed	General odors caused by particulate and non-toxic gas contaminants. 0.3 µm particulate, such as: all combustion smoke; diesel particulate matter (DPM); respirable crystalline silica (RCS); radon progeny; carbon dust; sea salt; and other respirable particulate within the size range.	Ag Spraying equipment, waste, recycling facilities, farming. Any application that involves non-toxic odors.
RESPA-CF Extended Length* & RESPA-CF2 Extended Length (Filters with Ejection Ports)	FEFF109 (replaces FEFF009)	MERV 16 150 CFM (255 m3/h)	≥95% on particle size 0.3 to 1.0 µm	≤ 150 CFM (255 m3/h)	Fresh Air Filtration	0.3 - 1.0 µm particulate, such as: all bacteria; most tobacco smoke; propyl nuclei (sneezes); respirable crystalline silica (RCS); diesel particulate matter (DPM); and other respirable particulate within the size range.	Mining, Agriculture, Demolition, Construction, Waste, Indoor Recycling, all applications where respirable dust is present.
		F9 150 CFM (255 m3/h)	≥95% on particle size 0.4 µm (Em)				
	FEFF119 (replaces FEFF019)	HEPA H-13 100 CFM (170 m3/h)	Initial Efficiency ≥99.95%	≤ 100 CFM (170 m3/h)	Fresh Air Filtration	0.3 µm particulate, such as: all combustion smoke; diesel particulate matter (DPM); respirable crystalline silica (RCS); radon progeny; carbon dust; sea salt; and other respirable particulate within the size range.	Nuclear Clean-up, working with friable Asbestos, Carcinogenic Materials.
	FEFF130 (RESPA-CF2 Extended Length Only)	HEPA H-13 and ABEK1 P3 50 CFM (85 m3/h)	Initial Efficiency ≥99.95%	≤ 50 CFM (85 m3/h)	Fresh Air Filtration	For use in known toxic gas environments. As a particulate filter: 0.3 µm particulate, such as: all combustion smoke; diesel particulate matter (DPM); respirable crystalline silica (RCS); radon progeny; carbon dust; sea salt; and other respirable particulate within the size range. Please consult www.sy-klone.com for the list of gases that this filter is effective against	Industrial processing, ore processing, waste, Toxic gas applications Nuclear Clean-up, working with friable Asbestos, Carcinogenic Materials.
	FEFF132 (RESPA-CF requires REVA-020 Odor Filter Retrofit Kit)	HEPA H-13 and Odor Retention 50 CFM (85 m3/h)	Initial Efficiency ≥99.95%	≤ 50 CFM (85 m3/h)	Fresh Air Filtration where odor reduction is needed	General odors caused by particulate and non-toxic gas contaminants. 0.3 µm particulate, such as: all combustion smoke; diesel particulate matter (DPM); respirable crystalline silica (RCS); radon progeny; carbon dust; sea salt; and other respirable particulate within the size range.	Ag Spraying equipment, waste, recycling facilities, farming. Any application that involves non-toxic odors.

* Standard length can be converted to extended length: RESPA-CF Extend the REVOLUTION KIT (MERV 16 / F9), Part No. REV0006

Comparison between HVAC filter classes and Dust filter classes

	Aktuell DIN EN 779	Aktuell DIN EN 779	DIN 24184	BS3928	US Mil.-Std.	Aktuell DIN EN 1822	ZH 1/487	NEU DIN EN 60335-2
PREV	datafilter scheidegrad A misdifferentiële 250Pa	Feinstaubfilter mit Fraktionabscheidegrad E (0,4 µm) Enddifferentiële 450Pa	Schwebstofffilter Anfangs-Abscheidegrad A Paraffinölnebel 0,3-0,5 µm	Schwebstofffilter Anfangs-Abscheidegrad A NaCl 0,3(0,8) µm	Schwebstofffilter Anfangs-Abscheidegrad A DOP 0,3 µm	HEPA- und ULPA-Filter Anfangs-Abscheidegrad A DEHS, MPPS, ca. 0,1-0,3µm	Staubbeseitigungsgeräte mittl. Durchlassgrad D Quarzstaub zwischen 0,2-2µm	Staubbeseitigungsgeräte mittl. Durchlassgrad D Quarzstaub zwischen 0,2-2µm
	A > 50% G1 A<85%							
	A > 85% G2							
	A > 90% G3							
	A > 90% G4							
		E > 40% F5					D < 5% U	
		E > 60% F6					D < 1% S	D < 1% L
		E > 80% F7						
		E > 90% F8					D < 0,5% G	
		E > 95% F9						D < 0,1% M
			A > 85% Q	A > 95% EU10		A(integr.) > 85% H10	D < 0,1% C	
			A > 90% R	A > 99,9% EU11	95 %	A(integr.) > 95% H11		
				A > 99,97% EU12	99,97%	A(integr.) > 99,9% H12		
			A > 99,97% S	A > 99,99% EU13	99,99%	A(integr.) > 99,95% H13	D < 0,05% Paraffinöl ≤ 1µm K1,K2	D < 0,005% Paraffinöl ≤ 1µm H
				A > 99,999% EU14	99,999%	A(lokal) > 99,75% H14		
						A(integr.) > 99,975% U15		
						A(lokal) > 99,9975% U16		
						A(integr.) > 99,99995% U17		
						A(lokal) > 99,9999% U17		