

FAR-UV-C-licht in een lesruimte, ter voorkoming van SARS-COV-2-virusverspreiding

Roelofsen, C.P.G.

Publication date

2021

Document Version

Final published version

Published in

Verwarming Ventilatie Plus (VV+)

Citation (APA)

Roelofsen, C. P. G. (2021). FAR-UV-C-licht in een lesruimte, ter voorkoming van SARS-COV-2-virusverspreiding. *Verwarming Ventilatie Plus (VV+)*, 2021(4), 32-35.

Important note

To cite this publication, please use the final published version (if applicable). Please check the document version above.

Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download, forward or distribute the text or part of it, without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license such as Creative Commons.

Takedown policy

Please contact us and provide details if you believe this document breaches copyrights. We will remove access to the work immediately and investigate your claim.

FAR-UV-C-LICHT IN EEN LESRUIMTE TER VOORKOMING VAN SARS-COV-2-VIRUSVERSPREIDING

Door de coronapandemie is er weer volop aandacht voor de binnenluchtkwaliteit in scholen. Een grootschalige inventarisatie van de ventilatiesystemen in schoolgebouwen heeft de nodige manco's aan het licht gebracht. Inmiddels zijn verschillende mogelijke oplossingen voorgesteld om de besmettingskans in lesruimten te verminderen. Een daarvan is met Far-uv-c-licht. Reden genoeg om te kijken of deze voorgestelde oplossing ook echt zoden aan de dijk zet.

Tekst: dr.ir. C.P.G. (Paul) Roelofsen, Well AP, Industrial design engineering, TU Delft
Fotografie: Industrie



1. uv-c-wandarmatuur met lamellen die het uv-c-licht op het plafond richt (Larson Electronics).

Vanaf maandag 8 februari zijn alle basisscholen weer open. Uit het omt-advies blijkt dat het verantwoord is dat het basisonderwijs en speciaal (basis)onderwijs weer open gaan. Middelbare scholen zijn vanaf 1 maart met extra maatregelen weer open. Alle leerlingen gaan minimaal 1 dag per week naar school. Op de dagen dat de leerlingen niet op school zijn, volgen zij onderwijs op afstand. Vanaf 1 maart 2021 kunnen ook alle mbo-studenten weer 1 dag per week voor les naar school.

Het openen van de scholen vindt plaats onder bepaalde voorwaarden zodat het voor studenten en docenten zo veilig en verantwoord mogelijk is. Deze versoepeling komt bovenop de mogelijkheden die er al zijn voor bepaalde groepen studenten. Namelijk voor het volgen van praktijklessen, voor kwetsbare studenten en voor studenten die voor examens naar school gaan.

Aerogene transmissie

Vanaf 1 december 2020 is het voor leerlingen en onderwijspersoneel verplicht om op alle scholen in het voortgezet (speciaal) onderwijs, middelbaar beroepsonderwijs en hoger onderwijs, een mondkapje te dragen buiten de les. Voor het basisonderwijs en speciaal (basis)onderwijs geldt dat mondkapjes niet nodig zijn.

Volgens de World Health Organization (WHO) en het RIVM is er onvoldoende bewijs dat aerogene transmissie van het Sars-Cov-2-virus ten grondslag ligt aan de huidige pandemie. Het RIVM maakt een uitzondering voor situaties met sporten, zingen en bij circa 5 procent van de geïnfecteerden die zoveel virusdeeltjes uitscheiden dat verspreiding via de lucht wel mogelijk is [1]. Eén en ander zou nader onderzocht moeten worden, aldus het RIVM en de WHO. Er zijn echter steeds meer aanwijzingen dat het Sars-Cov-2-virus zich ook

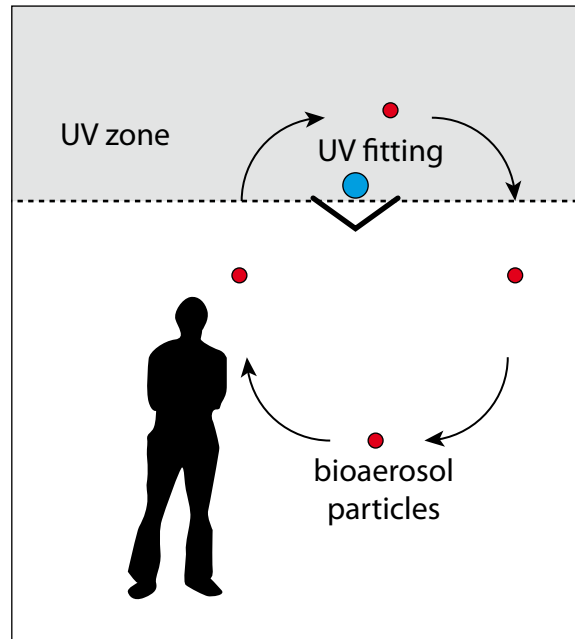
via de lucht verspreidt, waarbij infectie via aerogene transmissie niet kan worden uitgesloten [1, 2, 3, 4].

Kennelijk is de toepassing van aanvullende maatregelen in de vorm van het dragen van persoonlijke beschermingsmiddelen (zoals FFP2-mondneusmaskers), niet-medische mondneusmaskers, in combinatie met een beperking van de expositietijd [5] alsmede de toepassing van HEPA-filtering van de ruimtelucht [6] tijdens lessen geen optie voor de rijksoverheid.

In hoeverre is dan het gebruik van Far-UV-C-licht een optie ter voorkoming van Sars-Cov-2-virusverspreiding via aerogene transmissie? In dit artikel wordt getracht hierop een antwoord te geven voor een lesruimte, waarbij hoog in de ruimte verse buitenlucht wordt toegevoerd en de ruimtelucht ook hoog in de ruimte wordt afgezogen.

(Far) UV-C-licht

Een maatregel om virale transmissie via de lucht te beperken, is het gebruik van uv-c-licht (zie figuur 1) in het deel van de ruimte boven de leefzone (zie figuur 2). Kiemdodend ultraviolet licht (golflengte 254 nm) is weliswaar effectief in die zin, maar kan bij onjuist gebruik in de praktijk een gevaar vormen voor huid en ogen. Zogenaamd 'Far-uv-c-licht' (207 – 222 nm) daarentegen doodt efficiënt mogelijke ziekteverwekkers zonder schade toe te brengen aan blootgestelde menselijke weefsels, zo blijkt uit onderzoek [7].



2. Desinfectie van het deel boven de leefzone.

EN-16798-1 dient de minimale verse luchthoeveelheid per persoon niet minder te bedragen dan 14,4 m³/h, waarmee categorie IV in de ontwerpsituatie over het algemeen niet relevant is. Dit artikel hanteert voor de categorieën A, B en C (overeenkomstig NPR-CR-1752) en de categorieën I, II en III (overeenkomstig NPR-CEN/TR 16798-2), respectievelijk de classificatie Hoog, Standaard en Laag. Dit is min of meer gelijklopend aan het Programma van eisen Frisse Scholen en is gebaseerd op het aantal ontevreden over de waargenomen luchtkwaliteit, te weten:

- Klasse Hoog: minder dan 15 procent.
- Klasse Standaard: minder dan 20 procent.
- Klasse Laag: minder dan 30 procent.

Virusinfectie en reproductie

Om de kans op virusinfectie via aerogene transmissie te bepalen wordt gebruikgemaakt van het begrip 'quanta'. De quantahoeveelheid per tijdseenheid bepaalt de virusproductie en is afhankelijk van het virus, de virusconcentratie in de mond en de neus alsmede van de activiteit van de persoon [4]. De kans op virusinfectie via aerogene transmissie en de reproductie (RO) zijn te berekenen met een virusinfectiemodel; bijvoorbeeld het Wells-Riley-model [11]. Het basaal reproductiegetal of besmettingsgetal (RO) van een infectieziekte is het gemiddeld aantal secundaire besmettingen dat veroorzaakt wordt door een primair geval in een populatie, zonder immuniteit en bij afwezigheid van een vaccin. Als voor een bepaalde populatie en besmettelijke agens geldt $RO > 1$, dan kan dat agens zich in de populatie verspreiden.

Uitgangspunten en resultaten

Nagegaan is in hoeverre Far uv-c-licht (figuur 2), een optie is ter voorkoming van Sars-Cov-2-virusverspreiding via

ER ZIJN STEEDS MEER AANWIJZINGEN DAT HET SARS-COV-2-VIRUS ZICH OOK VIA DE LUCHT VERSPREIDT

Waargenomen luchtkwaliteit

De waargenomen luchtkwaliteit ligt ten grondslag aan de dimensionering van een ventilatiesysteem in een gebouw. De wettelijk voorgeschreven minimum verse luchthoeveelheid, conform het bouwbesluit, is over het algemeen minder dan de vereiste verse luchthoeveelheid volgens de Nederlandse en Europese richtlijnen NPR-CR-1752 [8] en NPR-CEN/TR 16798-2 [9], alsmede het Programma van eisen Frisse Scholen [10], die afhankelijk is van het gewenste comfortniveau.

In NPR-CR 1752 en het Programma van eisen Frisse Scholen wordt de waargenomen luchtkwaliteit onderverdeeld in drie categorieën: A, B en C. NPR-CEN/TR 16798-2 onderscheidt voor de waargenomen luchtkwaliteit vier categorieën: I, II, III en IV. De eerste drie categorieën in beide richtlijnen komen qua uitgangspunten met elkaar overeen. In

luchtkwaliteits-klasse	ventilatievoud VV [1/h]	kans op besmetting [%]	besmettingsgetal [R_0]	inactivatie van het virus [%]	Far UV-C-irradiantie [$\mu\text{W}/\text{cm}^2$]
hoog	10,7	4,2	< 1,0	97,2	8,2
standaard	7,2	5,0	1,2	99,0	7,1
laag	3,7	9,3	2,2	99,0	3,7

*Volgens opgave van de fabrikant is de maximale inactivatie 99 procent.

Tabel 1. Overzicht berekeningsresultaten.

Hierin is:

ventilatievoud:	minimaal vereiste aantal luchtwisselingen verse lucht per uur [1/h]
kans op besmetting:	de kans op een Sars-Cov-2-infectie voor een persoon [%]
besmettingsgetal:	het gemiddeld aantal secundaire besmettingen dat veroorzaakt wordt door een primair geval in een populatie, zonder immuniteit en bij afwezigheid van een vaccin.
inactivatie van het virus:	$1 - N_t / N_0$ N_0 : aantal levensvatbare virale deeltjes (virions) op tijdstip nul [-] N_t : aantal levensvatbare virale deeltjes (virions) op tijdstip t [-] Virion: complete virusdeeltje, buiten de gastheer cel
Far uv-c-irradiantie:	de vereiste bestralingsflux voor de vermelde inactivatie van de virions [$\mu\text{W}/\text{cm}^2$]

aerogene transmissie. Dit in relatie tot het luchtkwaliteitsniveau conform NPR-CR-1752 en NPR/CEN-TR 16798-2. Hiertoe zijn enkele berekeningen uitgevoerd, waarbij de volgende uitgangspunten zijn gehanteerd:

- metabolisme: 1,2 met
- virusproductie bij 25 procent spreken en 75 procent niet spreken: 132 quanta/h**
- gebouw met een geringe verontreinigingsbelasting: 0,1 olf/m²
- netto hoogte van de ruimte: 3,2 m
- netto hoogte van de uv-zone: 1,1 m
- (ontwerp)persoonsbezetting: 1 persoon/2 m²
- aantal geïnfecteerde personen: 1
- aantal niet-geïnfecteerde personen: 25
- gemiddelde buitenluchtkwaliteit: 0,2 dp
- depositie: 0,7 1/h

** De gemiddelde quanta-productie is gebaseerd op onderzoek [4]. Voor de goede orde is hier vermeld dat dit onderzoek volwassenen betreft. De gemiddelde quanta-productie bij kinderen kan verschillen met die van volwassenen.

Berekend is de vereiste inactivatie van het Sars-Cov-2-virus met bijbehorende Far uv-c-irradiantie boven de leefzone, opdat het besmettingsgetal (R_0) kleiner of gelijk is aan 1. De berekeningsresultaten zijn weergegeven in tabel 1.

Met een luchtkwaliteitsklasse Laag of Standaard wordt niet voldaan aan de voorwaarde $R_0 \leq 1$. Als het besmettingsgetal (R_0) groter is dan 1 zal het agens zich, bij infectie, in

de populatie verspreiden. Met andere woorden, in deze situaties is de toepassing van Far uv-c-desinfectie van de ruimtelucht boven de leefzone, ter voorkoming van Sars-Cov-2-virusverspreiding via aerogene transmissie, niet afdoende. Een luchtkwaliteitsklasse Hoog in de leefzone is dan blijkbaar een noodzakelijke voorwaarde.

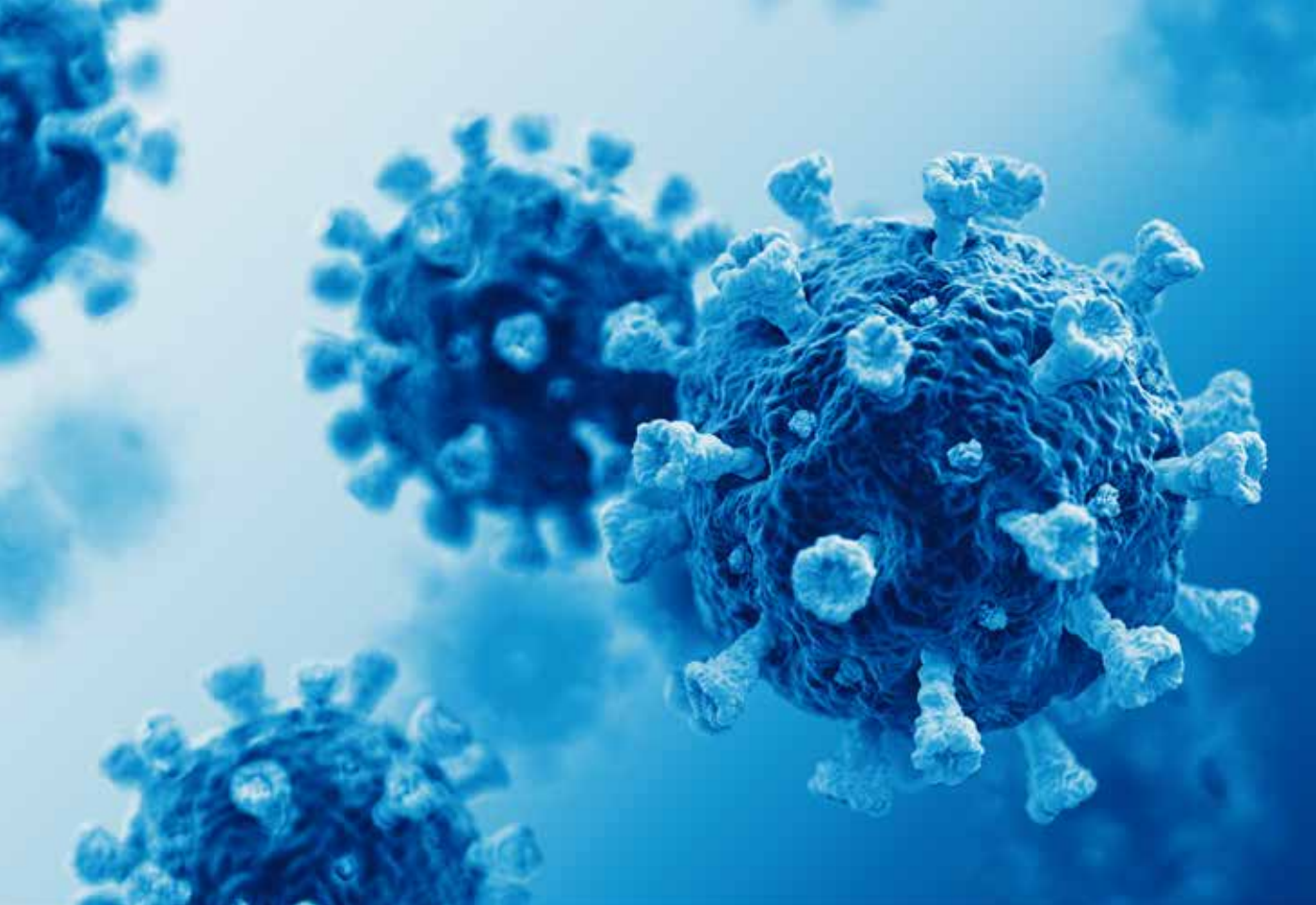
De vereiste Far uv-c-irradiantie bedraagt circa 8 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$. Volgens opgave van de fabrikant volstaat het om twee armaturen à 40 W toe te passen (figuur 1), echter voorzien van een Far uv-c-lamp met een intensiteit van 40 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$. De prijs van de twee armaturen bedraagt circa 6.300 euro (exclusief btw, verzending en montage).

Conclusie en advies

Op grond van de berekeningsresultaten wordt het volgende geconcludeerd en geadviseerd:

- Een luchtkwaliteitsklasse Hoog in de leefzone van een lesruimte is een noodzakelijke voorwaarde om een Far uv-c-desinfectiesysteem in het deel boven de leefzone (figuur 2) toe te passen om een besmettingsgetal kleiner dan of gelijk aan 1 te realiseren,
- De inactivatie van het virus in de uv-zone dient groter te zijn dan 97 procent,
- Het verdient aanbeveling de netto hoogte van de uv-zone, de ruimte boven de leefzone, zo groot mogelijk te kiezen (echter, minimaal 2,1 m boven de vloer), opdat de vereiste (Far) uv-c-irradiantie beperkt kan blijven,
- De prijs van dit Far uv-c-desinfectiesysteem, bestaande

→ HET VERDIENT DE AANBEVELING HET VENTILATIESYSTEEM VAN LESRUIMTEN VOORTAAN TE ONTWERPEN OP DE HOOGSTE LUCHTKWALITEIT



uit twee wandarmaturen (lxbxh: 0,61x0,11x0,20 m), bedraagt circa 6.300 euro (exclusief btw, verzending en montage) per lesruimte.

Bestaande situatie

- Aangezien de luchtkwaliteit in de leefzone van de meeste lesruimten in Nederland niet voldoet aan de klasse Hoog, zal de toepassing van Far uv-c-desinfectie van de ruimtelucht boven de leefzone (figuur 2), meestal niet zinvol zijn, om wat betreft het Sars-Cov-2-virus, een RO kleiner dan of gelijk aan 1 te realiseren.
- 'Wer uns vor nutzlosen Wegen warnt, leistet uns einen ebenso guten Dienst, wie derjenige, der uns den rechten Weg anzeigt' (Heinrich Heine, 1797 – 1856).

Nieuwe situatie

- Naast een minimale afstand van 1,5 m tussen de leerlingen, verdient het aanbeveling het ventilatiesysteem van lesruimten voortaan te ontwerpen op de hoogste luchtkwaliteit, gecombineerd met een systeem voor luchtreiniging/desinfectie. De revenuen zijn het minste leerprestatieverlies, door van de luchtkwaliteit in de lesruimte, en minder ziekteverzuim. De uitgangspunten voor het ontwerp van zo'n luchtreinigings-/desinfectiesysteem moet nader worden onderzocht. <<

Bronnen

- Schijven J., Vermeulen L. C., Swart A., Meijer A., Duizer E., Roda Husman A. M. de, 'Exposure assessment for airborne transmission of SARS-CoV-2 via breathing, speaking, coughing and sneezing', <https://doi.org/10.1101/2020.07.02.20144832>, juli 2020.

- Standing committee on emerging infectious diseases and 21st century, 'Rapid expert consultation on the possibility of bioaerosol spread of SARS-CoV-2 for the COVID-19 Pandemic', <https://www.nap.edu/read/25769/chapter/1>, april 2020.
- Buonanno G., Morawska L., Stabile L., 'Quantitative assessment of the risk of airborne transmission of SARS-CoV-2 infection: prospective and retrospective applications', <https://doi.org/10.1101/2020.06.01.20118984>, juni 2020.
- Buonanno G., Stabile L., Morawska L., 'Estimation of airborne viral emission: Quanta emission rate of SARS-CoV-2 for infection risk assessment', Environment International, Elsevier, London (UK), 2020.
- Roelofsen P., 'Niet-medische mondneusmaskers in de publieke binnenruimte', VV+, Techniek Nederland, Woerden, december 2020.
- Roelofsen P., 'De invloed van het waargenomen luchtkwaliteitsniveau op een SARS-Cov-2-besmetting in de kantoor situatie', VV+, Techniek Nederland, Woerden, september 2020.
- Buonanno M., Welch D., Shuryak I., Brenner D.J., 'Far-UVC light (222 nm) efficiently and safely inactivates airborne human coronaviruses', <https://www.nature.com/articles/s41598-020-67211-2>, juni 2020.
- NPR-CR-1752, 'Ventilation for buildings - Design criteria for the indoor environment', januari 1999.
- NEN, 'NEN-16798, Energieprestatie van gebouwen - Ventilatie van gebouwen - deel 2', NEN, Delft, 2019.
- Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, 'Programma van eisen Frisse Scholen', rvo, Utrecht, 2015.
- Riley E.C., Murphy G., Riley R.L., 'Airborne spread of measles in a suburban elementary school', American journal of Epidemiology, Oxford (UK), mei 1978.