

Italiaans onderzoek toont aan dat UV-C-licht werkt tegen COVID-19

3 maart 2021

Uit recent onderzoek van de Universiteit van Padova in Italië blijkt dat het COVID-19-virus kan worden bestreden met UV-C-licht. Anders dan in eerdere onderzoeken werd in dit geval gebruikgemaakt van echte COVID-19-virusdeeltjes. De effectieve werking van het UV-C-licht werd aangetoond in een daarvoor aangepaste ventilatorconvectoren.

Tekst: Menno van der Hoff

Ventilatie met buitenlucht speelt in gebouwen een belangrijke rol bij het tegengaan van coronabesmetting. Veel HVAC-systemen werken echter op basis van recirculatie. Daarbij wordt de lucht niet verversd, en in verband met mogelijke besmetting met het coronavirus is dat ongewenst. Toch biedt recirculatie ook mogelijkheden om corona te bestrijden. Alle lucht in een ruimte wordt immers met een ventilator door een kleine doorgang geblazen. Die concentratie biedt mogelijkheden voor het behandelen van de lucht, zoals met UV-C-licht.

Onderzoek in de VS en Italië

Dat UV-C-licht ziekteverwekkers zoals bacteriën en virussen onschadelijk kan maken, is al langer bekend. Het vermoeden bestond al dat dit ook bij COVID-19 het geval is, maar keihard bewijs hiervoor ontbrak. Om de werking te bewijzen, werd onder meer onderzoek gedaan in twee landen waar corona hard toesloeg: de VS en Italië. In dat laatstgenoemde land is zeer recent onderzoek afgerond aan de universiteit van Padova.

Wat is UV-C-licht?

De zon straalt verschillende spectrums UV-licht uit, en geen daarvan is zichtbaar met het menselijk oog. De golflengtes variëren van 10 tot 400 nm en ze omvatten UV-A, UV-B, UV-C en UV-V. De ozonlaag van de aarde voorkomt dat de kortere golflengtes (UV-V, UV-C en het grootste deel van UV-B) van de zon het aardoppervlak bereiken. De toepassingen in dit artikel maken gebruik van UV-C; dit verwijst specifiek naar UV-licht in de golflengten 200-280 nm. Dat zijn andere golflengten dan UV-A en UV-B die bijvoorbeeld worden gebruikt bij zonnebanken en waar mensen via zonlicht aan worden blootgesteld. UV-C-licht werkt als desinfecterend middel omdat het voorkomt dat cellen zich reproduceren. Volgens de International Ultraviolet Association (IUVA) zijn er geen micro-organismen bekend die immuun zijn tegen UV-blootstelling.

Behandeling met echt coronavirus

Het onderzoek in Padova, dat werd geleid door professor Andrea Chrisanti, had als doel om in een realistische 'live'-test de effectiviteit van de UV-C-behandeling te bepalen. Daarvoor werd gebruikgemaakt van echt SARS-2-virusmateriaal. De proeven werden uitgevoerd met een in de markt zeer gangbare en bestaande ventilatorconvectoren, voorzien van een UV-C-lamp die af-fabriek is geplaatst.

Verhoogde effectiviteit van bestraling

De test liep van eind juni 2020 tot december 2020. Een nieuwe, aanvullende toevoeging aan de ventilatorconvectoren, met name voor een verhoogde effectiviteit van de bestraling in het toestel, is een met titaniumdioxide (TiO₂) behandeld intern oppervlak. Dit wordt naast de lamp direct bestraald waardoor het contactoppervlak voor de luchtstroom wordt vergroot.

Inzage in onderzoeksresultaten

Hoewel de onderzoeksresultaten nog niet officieel zijn gepubliceerd, zijn ze al ter inzage vrijgegeven, met een beschrijving van het onderzoek. Daarin is onder andere te lezen dat de virale laboratoriumproeven zijn uitgevoerd met behulp van de SARS-CoV-2-stam. Alle experimenten werden uitgevoerd in het Biosafety Level 3 Laboratory (BSL3) in Padova.

Test volgens voorgeschreven normen

Om maximale precisie en nauwkeurigheid te garanderen, werd de test uitgevoerd op de manier die wordt voorgeschreven door de nieuwste normen: EN 14476: 2019 ('Chemische desinfectiemiddelen en antiseptica – kwantitatieve suspensietest voor de evaluatie van virus-dodende activiteit op medisch gebied – Testmethode en vereisten [Fase2 / Stage1]') en EN 17272: 2020 ('Chemische en antiseptische desinfectiemiddelen: desinfectiemethoden voor binnenlucht via geautomatiseerde processen – Bepaling van bacteriedodende, mycobacteriedodende, sporicide, schimmelwerende, gisdodende, virusdodende en fagocytische activiteiten'). Als ventilatorconvector werd een Aermec FCZI200HP gebruikt, voorzien van kanalenwerk aan de aanzuig- en uitblaaszijde en voorbereid voor injectie met verontreinigde monsters.

Gebruikte UV-C-techniek bij de labtest in Padova

UV-lampspanning:	230V-50Hz
Type:	2 stuks lagedruk-kwikdamp
Golflengte UV-C:	253.7 nm
Levensduur:	40.000h / 5 jaar
Vermogen straling:	35,7 mW/cm ²
Directe effectiviteit	99,99%
Ozonstraling	nihil

Voorbereiding van het virus

De tests werden uitgevoerd bij kamertemperatuur (20 °C), zonder verwarming of koeling, en met de ongecontroleerde relatieve vochtigheid die in de maanden juni tot december 2020 voorkwam. Het virus werd voorbereid in een geschikte suspensie [13] en vermeerderd in monolaagcelculturen. Na infectie en vermenigvuldiging van het virus werd eerst het cellulair afval verwijderd door dubbele centrifuge bij lage snelheid (2.500 rpm gedurende 10 minuten) en werd de overgebleven basistestvloeistof, die het virus bevat, gebruikt voor de virale titer. De vloeistof werd verdeeld in quota met een bekende titer van 2 ml volume en werd steeds bewaard bij -80 °C. Met deze basis konden de tests starten.

Petrischalen als dragers van testmateriaal

Als dragers voor het testmateriaal zijn petrischalen gebruikt. Die werden voor gebruik 20 minuten gesteriliseerd in een autoclaaf, bij 121 °C. Zowel in controledragers als schalen die werden blootgesteld aan de UV-werking van de ventilatieconvector werd 50 µl virale suspensie geplaatst, die vervolgens werd verdeeld. De suspensie liet men drogen onder een kap met laminaire stroming. Daarna werden enerzijds petrischalen in het laboratorium bewaard als controlebasis, en anderzijds petrischalen, nu met het deksel open, in tegenstroompositie geplaatst in de ventilatorconvector.

Proeven met vier tijdsduren

Alle petrischalen (zowel die waren blootgesteld aan UV als de petrischalen in de controlebatch) werden voorzien van 1 ml kweekmedium. De proeven met de ventilatorconvector werden uitgevoerd in vier verschillende tijdsduren, variërend tussen 2 en 12 uur. Gemeten werd het verschil in viraal niveau tussen de petrischalen in de beginsituatie en de situatie bij het einde van de proef.

Vermindering van virale belasting

De tabel hieronder toont de uiteindelijke meetresultaten. De gegevens drukken de logaritmische waarde uit van de plaquevormende eenheden (PFU/ml) ten opzichte van 1 ml virale testsuspensie. De test toonde aan dat de gebruikte ventilatorconvector na 2 uur voor een vermindering van de virale belasting zorgt van 55%, en na 12 uur voor een vermindering van 72,9 % (op maximale snelheid van ventilator) – en zelfs 84,3% (bij automatische ventilatorsnelheid). Met de ventilator op minimaal debiet werd 62,9% vermindering gemeten.

Meetresultaten van het onderzoek.

Ingebouwde en afgeschermd UV-lamp

De ventilatieconvector waarmee de proef in Padova is uitgevoerd – de Aermec FCZI200HP – is een commercieel product dat sinds 2016 ook met ingebouwde UV-C-techniek wordt geleverd. De UV-lamp is ingebouwd en afgeschermd, zodat hij geen effect heeft op mensen of luchtstromen buiten het apparaat. De ventilatorconvector was al bewezen effectief tegen bacteriën, griepvirussen en pathogene allergenen geproduceerd door huisstofmijten, pollen, meeldauwsporen en andere allergenen.

Hoe werkt UV-desinfectie?

Virale deeltjes zijn te klein om met hoogwaardige HEPA- en Minimum Efficiency Reporting Value (MERV)-filters af te vangen. Het Sars-CoV-2-virus is 80 tot 160 nm (dus +/- 0,1 micron) in lengte. Om het te kunnen aanpakken moeten andere middelen worden aangewend en daarbij kom je al snel uit bij UV-C-licht. Wanneer ziekteverwekkers zoals virussen, schimmels en bacteriën UV-C-licht absorberen, wordt daarmee voorkomen dat deze micro-organismen hun DNA kunnen repliceren, waardoor hun activiteit snel achteruit gaat. Eenmaal gedeactiveerd, kunnen deze micro-organismen zich niet langer vermeerderen. UV-C-desinfectie wordt meestal gebruikt in combinatie met andere technieken; de zogenaamde multibarrière-benadering. Die zorgt ervoor dat ziekteverwekkers eerst worden gevangen, bijvoorbeeld door filtering, en vervolgens met een andere techniek zoals UV-C worden geïnactiveerd. Op deze manier wordt UV-C vaak in klinische of andere omgevingen geïnstalleerd om bestaande hygiëneprocessen uit te breiden of te ondersteunen, bijvoorbeeld in het geval van een pandemie.

Behandeling met titaniumoxide

Om de effectiviteit van de werking tegen het coronavirus in de ventilatorconvector te bevorderen, is een behandeling met titaniumoxide toegepast. Dit metaal functioneert als katalysator en initieert een proces waarbij uit de in de lucht alom aanwezige waterdamp waterstofperoxide (H_2O_2) wordt gevormd. De specifieke golflengte van 253,7 nm die zich in het UV-C-spectrum bevindt, wordt geabsorbeerd door het waterstofperoxide en splitst het homolytisch op in twee OH^\cdot -radicalen. Die hebben een hoog oxidatiepotentiaal (2,8 Volt) en reageren in milliseconden met de te behandelen verontreinigingen, die hierdoor worden aangetast. Meer hierover is te vinden in een artikel van Wageningen Universiteit over KIWA en Philips Lighting [14].

'Rol ventilatie bij voorkomen coronabesmetting nog steeds onderschat'

Het kabinet stelt 360 miljoen euro beschikbaar om schoolbesturen en gemeenten te helpen bij aanpassingen aan het ventilatiesysteem op scholen. Ondanks dat het aantal coronabesmettingen op scholen fors toeneemt heeft de maatregel hier volgens de regering niets mee te maken. Onbegrijpelijk, stelt Atze Boerstra van bba binnenmilieu.,

Eerder onderzoek naar UV-C-behandeling

In dezelfde maand dat het onderzoek in Padova van start ging (juni 2020) verscheen in het gezaghebbende wetenschappelijk magazine Nature een artikel over een ander onderzoek naar het bestrijden van corona met UV-C. Hierbij ging het om twee op COVID-19 gelijkende coronavirussen, alfa HCoV-229E en bèta HCoV-OC43, die beide met UV-C-licht werden behandeld. Deze virusstammen zijn meer dan 50 jaar geleden geïsoleerd en komen breed voor onder de menselijke bevolking; ze veroorzaken elk jaar 15 tot 30% van de luchtweginfecties. UV-C-licht van 222 nm bij een dosis van 1,7 en 1,2 mJ/cm² leidde tot inactiviteit van 99,9 % van de vernevelde coronavirussen 229E en OC43 in aerosolen.

Testen met UV-C-licht tegen corona in Japan

Onlangs publiceerde de website Cooling Post over proeven in Japan om virussen in de lucht te inactiveren met UV-C-led-straling. De proeven, uitgevoerd door Mitsubishi Heavy Industries (MHI) en de Kitasato University, laten zien dat bijna alle cellen volledig worden geïnactiveerd door het enzym ureum in het MHI-luchtfilter, met een gemiddelde inactivatiesnelheid van 60 minuten. De wetenschappers gebruikten een vloeistof met tienduizenden SARS-CoV-2-deeltjes op een harsplaat onder een UV-C-led-licht. Voordat MHI hiermee op de markt komt, zal nog meer onderzoek worden verricht.

Mogelijk vergelijkbare efficiëntie

Omdat alle coronavirussen vergelijkbare afmetingen hebben, zou UV-C-licht een vergelijkbare efficiëntie kunnen geven bij andere coronavirussen, waaronder SARS-CoV-2. Gebaseerd op de bèta-resultaten, met een continue blootstelling aan UV-C met een wettelijke blootstellingslimiet van 3 mJ/cm²/uur, zou dit kunnen resulteren in 90 % virale inactivering in 8 minuten en 99 % inactivering in 16 minuten. Verondersteld wordt dat overdracht van SARS-CoV-2, dat COVID-19 veroorzaakt, plaatsvindt via direct contact en routes via de lucht. Andere studies hebben de levensvatbaarheid van SARS-CoV-2 in aerosolen aangetoond gedurende minimaal drie uur.

Invloed op preventie of behandeling COVID-19

Het Nature-artikel van juni 2020 concludeert dat zeer lage doses UVC-licht op efficiënte wijze menselijke coronavirussen in de lucht inactieveert. Daarmee is er nog geen bewijs dat UV-C straling op enigerlei wijze invloed heeft op preventie of behandeling van COVID-19, maar het vermoeden is er wel. Nadat de pandemie vorig jaar serieuze vormen begon aan te nemen, gingen verschillende organisaties er daarom mee aan de slag.

UV-C-licht en veiligheid

UV-C-licht kent golflengten van 200 nm tot 280 nm. De huid en ogen zijn het meest gevoelig voor beschadiging door UV bij 265-275 nm, dat is in de onderste UV-C-band. Dit UV-C-licht is veel 'sterker' dan UV-B of UV-A, wat deels onderdeel van normaal zonlicht is. UV-C kan een ernstige zonnebrandreactie op de huid – en uiteindelijk melanoom – veroorzaken. Ook het hoornvlies in het oog loopt gevaar. Het effect hierop wordt fotokeratitis genoemd en staat ook wel bekend als laserflits of sneeuwblindheid. Het is eigenlijk een soort zonnebrand van het oog. Vanwege de korte golflengte is het onwaarschijnlijk dat UV-C-licht door het hoornvlies en de lens het netvlies zal bereiken. Wel kan dit licht het immuunsysteem en het DNA aantasten, waarna vermeerdering/duplicatie niet meer tot stand komt.

Taskforce beoordeelt effect HVAC-systemen

Een van de organisaties die zich op nader onderzoek richten is ASHRAE (de 'Amerikaanse TVVL'). Deze organisatie zette een taskforce op om de effecten van HVAC-systemen en de overdracht van virussen in gebouwen te beoordelen, met als bijkomend doel de risico's op overdracht van ziekteverwekkers te helpen verminderen. Onderzoekers van het Biology and Built Environment Center van de Universiteit van Oregon startten met studies naar maatregelen die eigenaren van gebouwen kunnen nemen om transmissie te reduceren, waaronder de inzet van UV-licht dat het reproductievermogen van sommige virussen kan verminderen .

DNA van ziekteverwekkers

Naast de Oregon University heeft ook de American Society for Microbiology (ASM) gerapporteerd dat UV-C-lampen het DNA van bacteriën, virussen en andere pathogenen beschadigt waardoor hun reproductievermogen afneemt. De paper Novel Coronavirus (COVID-19) Pandemic: Built Environment Considerations To Reduce Transmission [10] beschrijft de effectiviteit van UV-licht in dit kader. ASM concludeert dat de inzet van UV-licht onderdeel kan zijn van een mitigatiestrategie, aangezien is aangetoond dat het de levensvatbaarheid van virussen fors aantast, en bovendien al wordt gebruikt voor reiniging in zorginstellingen.

Bellichting van met COVID-19 besmette oppervlakten

COVID-19-infecties kunnen direct via de luchtstroom worden veroorzaakt, maar ook indirect door contact met een besmet oppervlak en het vervolgens aanraken van gezichtszones [2]. Dit is relevant omdat het COVID-19-virus tot enkele dagen lang een risico vormt op plastic en stalen oppervlakken [3]. Normale reiniging en desinfectie kan restverontreiniging achterlaten die met UV-C-licht kan worden nabehandeld. Meervoudige desinfectie lijkt daarom verstandig.

Van UV-C is in 2006 al aangetoond dat het een hoog niveau van inactiveren geeft bij een familielid van het COVID-19-virus (SARS-CoV-1, getest met een dosis 254 nm UV in vloeistof gesuspendeerd) [4]. De IUVA (International Ultraviolet Association) stelde daarom in 2020 dat vergelijkbare resultaten kunnen worden verwacht bij het COVID-19-virus, SARS-CoV-2. De sleutel is echter het toepassen van UV-C op een zodanige manier dat het eventuele resterende virussen op die oppervlakken ook effectief kan bereiken [5].

Over het algemeen vermindert het verkleinen van het aantal ziekteverwekkers het risico op overdracht. De effectiviteit van UV-licht kan worden vergroot door het verlichten van oppervlakken en bijvoorbeeld de langsstromende lucht, de aangrenzende oppervlakken in de HVAC-apparatuur, en zelfs kamers en persoonlijke beschermingsmiddelen.

Ook het behandelen van het te belichten oppervlak met titaniumdioxide biedt aanknopingspunten voor verhoging van de effectiviteit [6]. UV-C-licht inactieveert (virussen 'leven' niet) ten minst nog twee andere coronavirussen die verwant zijn aan het COVID-19-virus: SARS-CoV- 1 en MERS-CoV [7] [8]. Dit is aangetoond in het laboratorium. De werkelijke effectiviteit van UV-licht hangt daarnaast af van factoren zoals de blootstellingstijd en het vermogen om de virussen in het medium te bereiken.

Toepassingen van ultraviolet licht

Voor de oorsprong van kennis over de steriliserende effecten van ultraviolet licht (UV) moeten we teruggaan naar 1877. In dat jaar toonden de chemici Arthur Downes en Thomas Blunt aan dat ultraviolet licht een destructief effect had op bacteriën. Vooral de afgelopen 50 jaar wordt ultraviolet licht gebruikt in een lange reeks van toepassingen, zoals voor het steriliseren van water, kiemdoding in voedselbedrijven, steriele schoonmaak in ziekenhuizen, legionellabehandeling van water, in luchtbehandeling, bij het bereiden van farmaceutische producten en het behandelen van oppervlakken tegen een hele reeks menselijke pathogenen [1].

Behandeling van huidlymfoom

Fluorescentielampen worden ook gebruikt om middels een gecontroleerde dosis UV-licht patiënten met huidlymfoom te behandelen. Alle bacteriën en virussen die voor deze behandeling zijn getest (vele honderden, waaronder ook coronavirussen) reageren erop. Sommige organismen zijn gevoeliger voor UV-desinfectie dan andere, maar alle tot dusver geteste organismen reageren op een passende dosis.

Internationale UV-vereniging bevestigt werking tegen COVID-19

De International Ultraviolet Association (IUVA) is een internationale non-profitorganisatie die zich inzet op het gebied van ultraviolette technologieën om de volksgezondheid en het milieu aan te pakken. De circa 200 leden – instituten, personen en bedrijven – zijn vooral actief in de VS en Azië. De IUVA stelt dat UV-desinfectietechnologieën een relevante rol spelen in een gecombineerde aanpak tegen organismen in lucht en water en op oppervlakten. Dit op basis van kennis, data, desinfectiegegevens en empirisch bewijs. De vereniging stelt dat, indien de bestraling correct wordt toegepast, UV-licht het risico op infectie met het COVID-19-virus vermindert. Dr. Ron Hofmann is voorzitter van de IUVA. Hij stelt dat de IUVA-experts van over de hele wereld richtlijnen hebben ontwikkeld voor het effectieve gebruik van UV-technologie als desinfectiemaatregel.

Bronnen:

- [1] <https://www.iuva.org/IUVA-Fact-Sheet-on-UV-Disinfection-for-COVID-19> (Fluence UV Dose Required review IUVA).
- [2] "Preventing the Spread of Coronavirus Disease 2019 in Homes and Residential Communities"; National Center for Immunization and Respiratory Diseases (NCIRD), Div. of Viral Diseases (<https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/hcp/guidance-prevent-spread.html>)
- [3] "New coronavirus stable for hours on surfaces"; CDC (extracted from N van Doremalen, et al. Aerosol and surface stability of HCoV-19 (SARS-CoV-2) compared to SARS-CoV-1. The New England Journal of Medicine. DOI: 10.1056/NEJMc2004973 (2020) (<https://www.nih.gov/news-events/news-releases/new-coronavirus-stable-hours-surfaces>).
- [4] "Inactivation of SARS coronavirus by means of povidone-iodine, physical conditions and chemical reagents;" Kariwa H et al. Dermatology 2006;212 (Suppl 1): 119 (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16490989>)
- [5] <https://www.cdc.gov/infectioncontrol/guidelines/disinfection>
- [6] "Focus on Surface Disinfection When Fighting COVID-19"; William A. Rutala, PhD, MPH, CIC, David J. Weber, MD, MPH; Infection Control Today, March 20, 2020 (<https://www.infectioncontrolday.com/covid-19/focus-surface-disinfection-when-fighting-covid-19>)
- [7] "Large-scale preparation of UV-inactivated SARS coronavirus virions for vaccine antigen," Tsunetsugu-Yokota Y et al. Methods Mol Biol. 2008;454:119-26. doi: 10.1007/978-1-59745-181-9_11.
- [8] "Efficacy of an Automated Multiple Emitter Whole-Room Ultraviolet-C Disinfection System Against Coronaviruses MHV and MERS-CoV," Bedell K et al. ICHE 2016 May;37(5):598-9. doi:10.1017/ice.2015.348. Epub 2016 Jan 28.
- [9] USA Today 2 mei 2020
- [10] <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32265315/>
- [11] Nature USA www.nature.com/scientificreports Far-UVC light (222 nm) efficiently and safely inactivates airborne human coronaviruses. Manuela Buonanno, David Welch, Igor Shuryak & David J. Brenner, article Received: 19 April 2020; Accepted: 4 June 2020; Published 24 June 2020 <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>. Patent Application #: US20180169279A1. Aspect of manuscript covered in patent application: Use of filtered 222 nm UV light to kill Viruses. <https://patents.google.com/patent/US20180169279A1/en?q=20200085984>.
- [12] REPORT Attività VIRUCIDA Prova quantitativa in sospensione per la valutazione dell'attività virucida nei confronti del virus SARS-CoV-2 Università degli Studi di Padova, Dipartimento di Medicina Molecolare, Via A Gabelli 63, 35121 Padova, data report, 01 Febbraio 2021, prof. Andrea Chrisanti.
- [13] 0,2 ml virale suspensie (voorraadoplossing) + 1,8 ml serumvrij DMEM werden gemengd en seriële verdunningen van 10⁻² tot 10⁻⁹ (verdunningen 1:10) werden bereid.
- [14] UV/H₂O₂-oxydatie mogelijk met middendruk én lagedruk lampen. IJpelaar, Harmsen, KIWA Water Research, Krijnen Philips Lighting, Knol, Duinwaterbedrijf Zuid Holland. H₂O /4-2007 www.edepot.wur.nl/343277