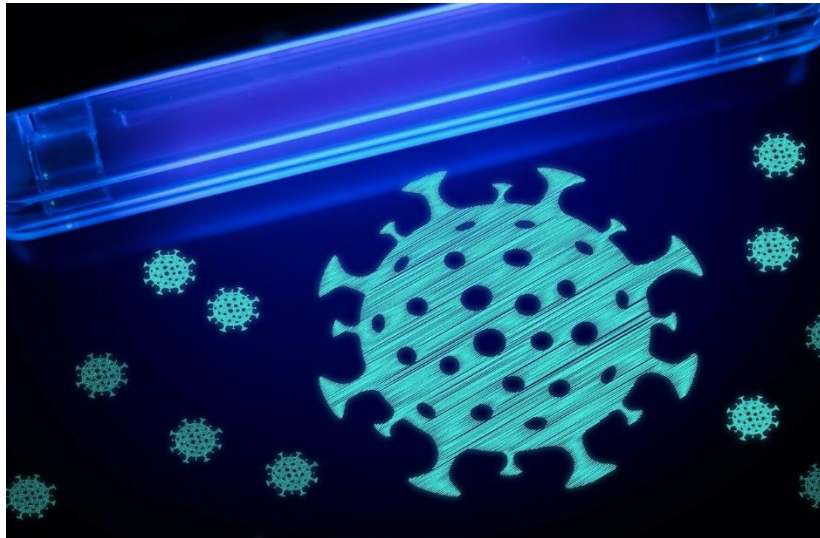


LED A UV-C PER LA DISINFEZIONE DEGLI AMBIENTI

Efficacia dimostrata dalla ricerca scientifica

Dott.sa Alessia Malachiti (BA, Hons)



Realizzato per utilizzo esclusivo di Dual Trend Srl

DUAL  **TREND** S.R.L.

31 Maggio 2020

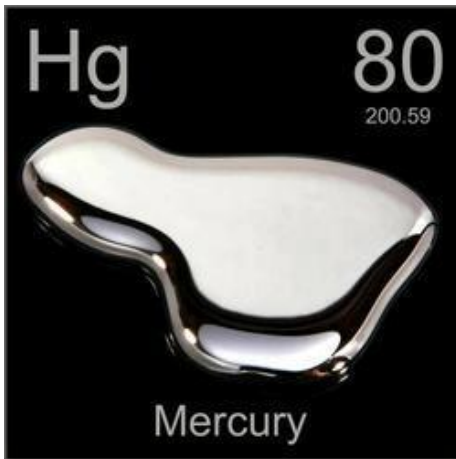
ABSTRACT

Questo report è finalizzato ad esporre i vantaggi dell'utilizzo / commercializzazione di macchinari a LED UV-C nel settore della disinfezione degli ambienti. Per tal fine viene esposta l'efficacia dei LED ad UV-C (preferendoli alle lampade ad UV-C) nello sterminio / inibizione dei microorganismi patogeni, tenendo in considerazione anche la necessità di diminuire i rischi da contagio da Covid-19.

INTRODUZIONE

Il report analizza la letteratura scientifica per quanto concerne l'efficacia dei LED a UV-C nell'inibizione / sterminio di germi, batteri e virus. Nel primo paragrafo viene presa in considerazione la differenza tra lampade tradizionali a mercurio e moderni LED per l'emissione dei raggi UV-C: oltre all'analisi dell'efficienza energetica di entrambi, vengono sottolineati i vantaggi dei LED a livello di impatto ambientale. Il report continua chiarendo le differenze tra i vari raggi UV e specificando il raggio nanometrico ideale per la disinfezione. Nella terza sezione si trovano indicazioni sulla sicurezza dei raggi UV-C in confronto agli altri raggi ultravioletti, insieme ai dettagli per l'utilizzo sicuro delle tecnologie che montano questo tipo di LED. Il quarto paragrafo descrive le modalità con cui agiscono gli UV-C sui microorganismi patogeni causandone la morte o l'inattivazione, mentre la quinta sezione evidenzia i risultati dei più rilevanti studi di laboratorio sull'inibizione / sterminio di germi, batteri e virus. Considerando i dati estrapolati dalla letteratura scientifica, vengono effettuati alcuni calcoli statistici che potrebbero essere utilizzati per finalità di Marketing. Infine, il settimo paragrafo tratta l'argomento Coronavirus, mentre l'ottavo espone elementi a supporto dell'utilizzo dei raggi UV-C per la disinfezione degli ambienti.

1. DISINFEZIONE A UV: DIFFERENZA TRA LED E LAMPADE TRADIZIONALI

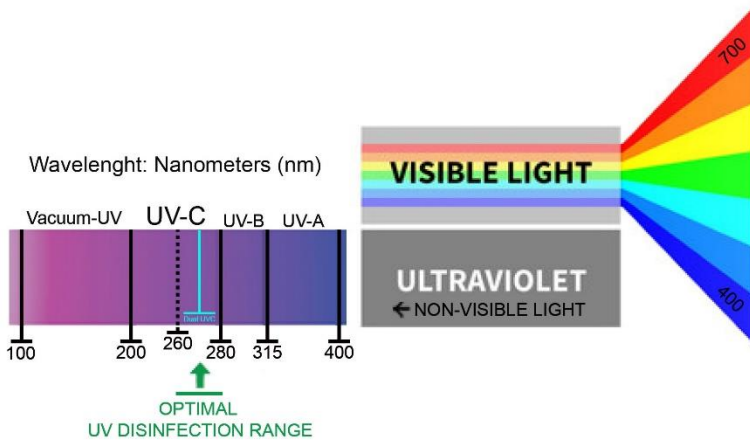


Negli ultimi anni, è sempre più frequente vedere la sostituzione delle lampade tradizionali con i LED. Da qualche tempo, questo cambiamento sta avvenendo anche nell'ambito della disinfezione, non soltanto per l'assenza di mercurio e per la convenienza energetica dei moderni LED, ma soprattutto per la loro efficacia. Gli studi dimostrano infatti che l'azione disinfettante dei LED UV è maggiore rispetto a quella delle convenzionali lampade UV (Nunayon et al. 2019). Secondo le previsioni di Nunayon et al. (2019), il sistema di disinfezione con lampade UV a LED, sovraperformerà le convenzionali lampade UV proprio per via del loro alto potenziale di sterminio degli agenti patogeni presenti nell'aria.

Le lampade a mercurio, oltre alla presenza del noto contaminante, hanno una vita minore - Nunayon et al. (2019) stimano una durata di circa 4.000-10.000 ore, contro le 50.000-100.000 dei LED - ed un'efficienza energetica nettamente inferiore rispetto alle lampade UVC a LED (Nunayon et al. 2019). Queste ultime, invece, non contengono materiali tossici e non emettono inquinanti, pertanto non vi sono impatti negativi né per l'uomo, né per l'ambiente (Nunayon et al. 2019). Infine, mentre le lampade UV tradizionali richiedono un tempo di riscaldamento per attivare la propria funzione germicida - L' Ashrae (2016) stima 100 ore circa -, i LED a UV non necessitano di tempi d'attesa ed entrano in azione immediatamente (Nunayon et al. 2019). Di contro, per quanto concerne la disinfezione dell'aria, Nunayon et al. (2019) indicano che è necessario utilizzare un numero appropriato di LED a UV, che è in genere maggiore rispetto al numero di lampade tradizionali, ma l'efficienza energetica dei LED permette di compensare l'apparente dispendio. Infine, è da sottolineare che la produzione di lampade LED a UV con effetto germicida risale a

pochi anni fa, pertanto, la maggior parte degli studi evidenzia le proprietà disinfettanti dei raggi UV tramite test effettuati con lampade a mercurio. Tenendo presente questa informazione e considerando che le ricerche recenti indicano una maggiore efficacia delle lampade LED a parità di lunghezza d'onda, è possibile trarre la conclusione che il loro potenziale sanitizzante sia nettamente superiore rispetto ai tradizionali macchinari realizzati con lampade a mercurio.

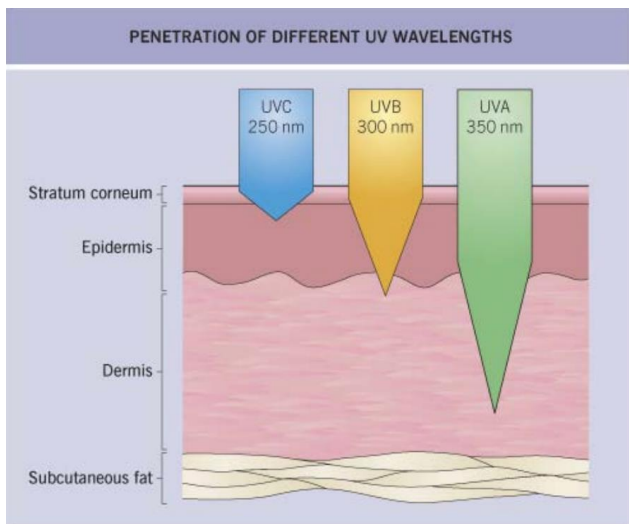
2. DIFFERENZA TRA I VARI RAGGI UV



I raggi UV non sono tutti uguali: esistono infatti differenti lunghezze d'onda, espresse in nanometri. I raggi UV iniziano a 400 nanometri (UV-A) e terminano a 100 (Vacuum-UV). A partire dai 400 nm, la colorazione della luce non è visibile all'occhio umano. Per questa ragione, le vere lampade e i veri led a UV non hanno colorazione visibile.

Il range ideale per la disinfezione oscilla tra i 260 e i 280 nanometri e rientra nella lunghezza d'onda dei raggi UV-C -280-200 nm- (Ashrae, 2016).

3. SICUREZZA DEI RAGGI UV-C



© 2003 Elsevier - Bologna, Jorizzo and Rapini: Dermatology - www.dermtext.com

In Natura

Mentre i raggi UV-A trasmettono l'abbronzatura penetrando nella pelle, gli UV-B sono i responsabili delle scottature per via della loro elevata capacità di penetrare la pelle. I raggi UV-C, invece, non sono in grado di penetrare nei tessuti umani in modo profondo, ma sono efficaci contro i microrganismi patogeni (Ashrae, 2020). Sebbene in natura non penetrino la pelle in profondità, gli UV-C la colpiscono nella sua parte più superficiale e possono danneggiare gli occhi (Ashrae, 2020). Per queste ragioni è fondamentale evitare il contatto diretto con i raggi UV-C.

Nelle tecnologie

L'organizzazione Ashrae (2020) specifica che - avendo premura di rispettare le procedure di sicurezza, n.d.r. - i raggi UV-C sono sicuri e non costituiscono alcun pericolo per l'essere umano e l'ambiente. In particolare, non possono oltrepassare gli elementi solidi, fatta eccezione per alcuni tipi di vetro (es. vetro al quarzo, vetro al baro) e la plastica TFPE (Ashrae 2016).

4. STERMINIO O INATTIVAZIONE DEI PATOGENI TRAMITE I RAGGI UV-C



Gli UV-C sono in grado di inattivare i microrganismi patogeni danneggiando la struttura del loro acido nucleico e delle proteine a al loro livello molecolare, rendendoli incapaci di riprodursi (Ashrae, 2016). In particolare, ad essere colpito è il DNA, che è il responsabile della replicazione cellulare (Harm, 1980). I nucleotidi assorbono la maggior parte dei fotoni dei raggi UV, che inattivano

le cellule, pertanto, se il microorganismo rimane in vita, il suo DNA viene danneggiato in modo tale da apportare gravi conseguenze, tra cui la più significativa, ovvero l'incapacità riproduttiva (Miller et al. 1999). Questa condizione rende i patogeni inoffensivi, poiché un organismo che non può riprodursi, non è in grado di causare malattie (Ashrae, 2016).

5. AZIONE DISINFETTANTE: EFFICACIA DIMOSTRATA

L'azione disinfettante degli UV-C, che è da attribuirsi alla capacità uccidere i microrganismi patogeni o di renderli inoffensivi, è stata dimostrata tramite numerosi studi. Per esempio, nell'anno 2013, ricerche condotte in ospedali diversi hanno rilevato la riduzione delle colonie patogene del 91% (Anderson et al. 2013). Inoltre, uno studio di Xu et al. (2003) ha evidenziato anch'esso l'efficacia degli UV-C, specificando



come la quantità di microrganismi inibiti dipenda dalla tipologia degli stessi, dal livello di umidità e dall'area trattata. In particolare, durante i test di Xu et al. (2003), il batterio che si è rivelato il più difficile da inibire con i raggi UV-C è stato il *Bacillus subtilis* (bacillo del fieno).

Come spiega Spinosa (2020), questo bacillo è innocuo per l'essere umano e si trova comunemente nel suolo e negli alimenti (in rari casi può contaminarli causando intossicazione alimentare facilmente smaltibile tramite l'espulsione naturale delle tossine). Il

microorganismo, che è in grado di formare spore, può resistere anche in condizioni ambientali estreme (Spinosa, 2020). I *Bacillus Subtilis* sono stati inibiti per il 46% e l'80% (Xu et al., 2003): si tratta di una percentuali statistica con un'alta deviazione standard, ma resta comunque un risultato degno di nota e molto positivo per via dell'elevata resistenza delle spore di questo bacillo (media statistica: 63%, n.d.r.). Tornando ai microrganismi pericolosi per l'uomo, Xu et al. (2003) hanno inibito con gli UV-C le spore degli altri batteri utilizzati per lo studio per un range che va dall'83% (con una scarsa ventilazione degli ambienti) al 98% (con una buona ventilazione degli ambienti).



Uno degli studi più recenti, effettuato da Anderson et al. (2017) dalla Duke Health (organismo che accorpa le facoltà universitarie Duke University Health System, Duke University School of Medicine e Duke University School of Nursing), ha dimostrato che gli UV-C sono in grado di uccidere (o rendere inoffensivi, n.d.r.) i super batteri resistenti ai farmaci – testati: *Stafilococco Aureo* resistente alla Meticillina (MRSA), *Clostridium Difficile*, *Acinetobacter*, *Enterococchi* resistenti alla

Vancomicina (VRE) –. La ricerca è stata condotta nelle stanze ospedaliere ed i risultati hanno evidenziato la riduzione dei super batteri tra i pazienti dopo aver implementato l'uso di lampade UV-C nei protocolli di disinfezione (Anderson et al., 2017). La presenza di questi patogeni nei pazienti è diminuita del 64%, mentre gli Enterococchi (anch'essi resistenti ai farmaci e agli antibiotici), sono diminuiti del 75% (Anderson et al., 2017).

Oltre ai germi ed ai batteri, gli UV-C permettono di uccidere o inibire anche i virus. Sono infatti centinaia di studi di laboratorio in cui si è dimostrata l'efficacia virucida dei raggi UV-C (Kowalski, 2009). L'inattivazione dei virus più comuni trasmissibili per via aerea, è stata stimata a 5-log reduction: ciò significa che 100.000 virus attivi sono stati ridotti a 00.001, ottenendo così il 99.999% di inibizione o sterminio (Kim e Kang, 2018).



A conferma dello studio di Kim e Kang del 2018, un report dell'Istituto Superiore di Sanità (2020) ha sottolineato l'efficacia degli UV-C contro numerosi virus: «La radiazione UV-C ha la capacità di modificare il DNA o l'RNA dei microorganismi, impedendo loro di riprodursi e quindi di essere dannosi. Studi in vitro hanno dimostrato chiaramente che la luce UV-C è in grado di inattivare il 99,99% del virus dell'influenza in aerosol. L'applicazione a goccioline (droplet) contenenti Mers ha comportato livelli non rilevabili del virus dopo soli 5 minuti di esposizione».

Per quanto riguarda il virus dell'Ebola e MERS, la ricerca ha individuato una riduzione di infettività pari ad oltre 5.000 volte, mentre l'infettività del virus influenzale H1N1 è stato ridotto di 100 volte durante esposizioni minime (Constantin, 2020).

6. CALCOLI STATISTICI PER FINALITÀ DI MARKETING



Traendo una conclusione ed effettuando calcoli statistici effettuati estrapolando le variabili indicate dalla letteratura scientifica più rilevante, è possibile stimare che:

- **statisticamente l'efficacia battericida / germicida / virucida dei raggi UV-C intorno al 98-99% negli ambienti altamente contaminati, ma con una buona ventilazione**

- **nelle peggiori condizioni ambientali (scarsa ventilazione), l'efficacia battericida / germicida / virucida dei raggi UV-C può essere stimata intorno all' 91% in aree altamente contaminate.**

- **facendo una media statistica, si evince che i microrganismi patogeni resistenti alle medicine possono essere inibiti per circa il 70% in aree altamente contaminate.**

Questi risultati potrebbero variare a seconda della struttura dei microrganismi patogeni, delle condizioni ambientali e del tempo di esposizione. Trattasi di calcoli statistici approssimati per difetto ed ottenuti tenendo in considerazione le variabili indicate nella letteratura degli studi citati nel paragrafo 5.

Limitazioni delle stime ricavate: non è possibile ottenere dati precisi su tutte le tipologie di virus, batteri e germi esistenti in natura. Inoltre, è da considerarsi che i test sono stati effettuati in aree altamente contaminate. Per queste ragioni, l'efficacia degli UV-C potrebbe essere superiore in ambienti non ospedalieri / non altamente contaminati. Di contro, i dati effettivi potrebbero essere diversi per quanto

concerne microorganismi non comuni e/o non testati o non presi in considerazione nell'analisi della letteratura citata nel paragrafo 5.

A livello commerciale, potrebbe essere utile inserire sui prodotti / nei manuali d'istruzioni del tipo:

*-Gli studi dimostrano l'efficacia disinfettante dei raggi UV-C per il 98-99% * (*Questo valore può variare a seconda della struttura dei patogeni e dalle condizioni ambientali).*

*- Studi di settore mostrano l'efficacia battericida / germicida / virucida dei raggi UV-C, tramite l'inibizione del 98-99% * dei patogeni comuni (*Questo valore può variare a seconda della struttura dei patogeni e dalle condizioni ambientali).*

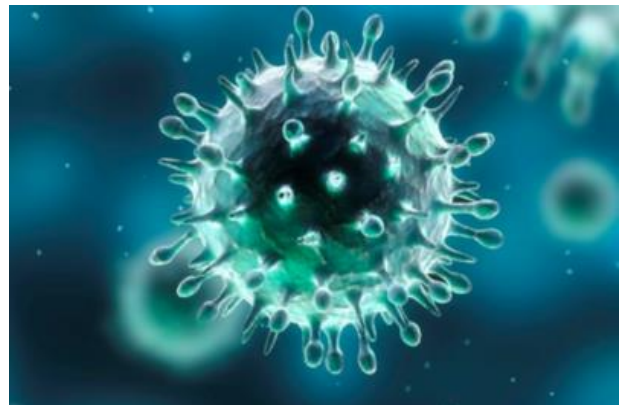
*- Gli studi in vitro e in laboratorio concordano sull'efficacia battericida / germicida / virucida dei raggi UV-C, stimando il 98-99% di sterminio o inibizione dei patogeni testati (*Questo valore può variare a seconda della struttura dei microorganismi e dalle condizioni ambientali).*

7. CORONAVIRUS ED UV-C

L' Ashrae (2016) – che negli Stati Uniti è la più autorevole organizzazione no-profit che si occupa di indicare le linee guida per la realizzazione di sistemi di ventilazione, riscaldamento, raffreddamento ed aria condizionata – ha indicato che i Coronavirus si prestano bene all'inibizione tramite UV-C. Non solo, il ceppo dei virus Corona risulterebbe essere ancora più suscettibile dei più comuni Adenovirus (Ashrae, 2010).

Uno studio italiano, condotto da Bianco et al.,(2020) ha dimostrato che i raggi UV-C sono in grado di uccidere / inibire i coronavirus in pochi secondi, per il 99.9%. In un articolo recente, Constantin (2020) cita i risultati di alcuni studi, secondo cui:

- l'esposizione del virus SARS alle radiazioni UV-C per 6 minuti, rende il virus inoffensivo di 400 volte;
- in 15 minuti di UV-C, il virus SARS ha riscontrato un'inattivazione pari a 1000 volte.



La comunità scientifica è concorde sull'efficacia disinfettante dei raggi UV-C e, sebbene gli studi sul Covid-19 siano ancora in corso, le precedenti ricerche effettuate sui virus in generale ed anche sui Coronavirus (es. SARS) lasciano pensare che la base strutturale del Sars-Cov-2, che è comune per tutti i virus del ceppo Corona, si presti bene per lo sterminio / inattivazione tramite UV-C.

8. ULTERIORI DATI A SUPPORTO DEGLI UV-C

- La US. General Services Administration (amministrazione dei Servizi Generali degli Stati Uniti), nel documento PBS-P100, che detta le linee guida per la realizzazione di edifici pubblici, ha indicato come requisito necessario l'inserimento di UV-C nei sistemi di trattamento e di raffreddamento dell'aria per la disinfezione di quest'ultima (General Services Administration, 2005).
- Nel mondo e soprattutto negli Stati Uniti, i sistemi di disinfezione ad UV-C sono già ampiamente in uso nei luoghi pubblici: dalle stanze ospedaliere ai vagoni della metropolitana

(Chang, 2020). Di recente, anche alcune compagnie aeree (come Alaska Airlines e JetBlue, n.d.r.) hanno iniziato a disinfettare i loro velivoli con macchinari ad UV-C.

- A causa del limitato numero di respiratori N-95 durante la pandemia da Covid-19, sono stati eseguiti dei test per il riutilizzo a seguito di disinfezione ad UV. Lo studio ha evidenziato che i raggi UV potrebbero essere utilizzati su larga scala per la disinfezione dei respiratori monouso, poiché con range nanometrico ideale (range degli UV-C) si è raggiunto un livello di inibizione / sterminio dei patogeni superiore al 90%, ma il numero di cicli disinfettanti è limitato dal modello del respiratore, dal tempo d'esposizione e dal raggio d'azione agli UV-C utilizzati (Lindsley, et al. 2020).

CONCLUSIONE

Mentre le lampade a mercurio che emettono raggi ad UV-C vengono a mano a mano sostituite dai più moderni ed efficienti LED, si apre la discussione sull'efficacia degli ultravioletti in merito all'inibizione o sterminio del Covid-19. Tale valutazione può essere effettuata dopo aver considerato quali sono gli ultravioletti con efficacia disinfettante (UV-C), come si utilizzano in modo sicuro (al fine di comprendere la metodologia d'utilizzo) ed, entrando nello specifico, il modo in cui gli UV-C agiscono, ovvero colpendo il DNA e l'RNA dei microorganismi, uccidendoli o impedendone la riproduzione e l'offensività.

Successivamente, dopo un'analisi dei risultati degli studi di laboratorio sui vari patogeni e, dopo aver tratto alcune somme statistiche (utili anche alla comunicazione con il grande pubblico), si possono valutare gli studi sui Coronavirus e le recenti ricerche sul Covid-19. Stimando l'azione disinfettante attorno al 89-99% per quanto concerne i microorganismi patogeni più comuni e considerando dati ottenuti dai test sul Covid-19, che indicano l'uccisione / inibizione del 99.9%, si può dedurre l'efficacia dei raggi UV-C anche contro il virus che ha causato la pandemia del 2020. Tale deduzione può essere fatta anche grazie ai risultati degli studi effettuati SARS ed altri Coronavirus, la cui struttura di base è la stessa del Covid-19. A sostegno dell'utilizzo degli UV-C contro i microorganismi patogeni e per ridurre i rischi da contagio dei Coronavirus, vi sono le disposizioni di importanti enti come l'Ashrae e, sebbene ulteriori test debbano essere condotti per confermare l'azione dei raggi UV-C contro il Covid-19, i risultati delle prime ricerche risultano essere particolarmente incoraggianti.

REFERENZE

Anderson, D, Chen, L, Weber, D, Moehring, R, Lewis, S, Triplett, P, Blocker, M, Becherer, P, Schwab, C, Knelson, L, Lokhnygina, Y, Rutala, W, Kanamori, H, Gergen, M, Sexton, D (2017) Enhanced terminal room disinfection and acquisition and infection caused by multidrug-resistant organisms and *Clostridium difficile* (the Benefits of Enhanced Terminal Room Disinfection study): a cluster-randomised, multicentre, crossover study. In *The Lancet*; 389 (10071), pp. 805-814. Online:

http://www.researchgate.net/publication/312483587_Enhanced_terminal_room_disinfection_and_acquisition_and_infection_caused_by_multidrug-resistant_organisms_and_Clostridium_difficile_the_Benefits_of_Enhanced_Terminal_Room_Disinfection_study_a_cluster- [Accesso: 30.07.2020]

Ashrae (2016) ASHRAE Handbook—HVAC Systems and Equipment. Atlanta, Georgia, US: Ashrae. Online: http://www.ashrae.org/file%20library/technical%20resources/covid-19/i-p_s16_ch17.pdf [Accesso 28.07.2020]

Ashrae (2020) ASHRAE Position Document on Infectious Aerosols. Online:

http://www.ashrae.org/file%20library/about/position%20documents/pd_infectiousaerosols_2020.pdf [Accesso 28.07.2020]

Ashrae (2010) *Indoor Air Quality Guide: Best Practices for Design, Construction and Commissioning* is designed for architects, design engineers, contractors, commissioning agents, and all other professionals concerned with indoor air quality. Atlanta, GA, US: Ashrae. Online: <http://www.ashrae.org/technical-resources/bookstore/indoor-air-quality-guide> [Accesso 28.07.2020]

Anderson D, Gergen M, Smathers E, Sexton D, Chen L, Weber D, Rutala W. (2013) Decontamination of targeted pathogens from patient rooms using an automated ultraviolet-C-emitting device. In *Infect Control Hosp Epidemiology*; 34; (5): pp. 466-471. doi: 10.1086/670215. PMID: 23571362; PMCID: PMC3703853. <http://doi.org/10.1086/670215> [Accesso 28.07.2020]

Bianco A, Biasin M, Pareschi G, Cavalieri, A Cavatorta, Fenizia, C, Galli, P., Lessio, L, Lualdi, M, Redaelli, E, Saulle, I, Trabattoni, D, Zanutta, A, Clerici, M. (2020) UV-C irradiation is highly effective in inactivating and inhibiting SARS-CoV-2 replication. In *MedRxiv*. Online: <http://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.06.05.20123463v2.full.pdf> [Accesso 30.07.2020]

Chang, K. (2020) Scientists Consider Indoor Ultraviolet Light to Zap Coronavirus in the Air. In *New York Times*. Online: <http://www.nytimes.com/2020/05/07/science/ultraviolet-light-coronavirus.html> [Accesso 30.07.2020]

Constantin, S. (2020) Disinfectants and Anti-Microbial Surfaces Against COVID-19. Online: <http://srconstantin.github.io/2020/03/31/disinfectants.html> [Accesso 30.07.2020]

General Services Administration (2005) *The Facilities Standards for the Public Buildings Service (P-100)*. Online: <http://www.gsa.gov/real-estate/design-construction/engineering-and-architecture/facilities-standards-p100-overview> [Accesso 30.07.2020]

Harm, W. (1980) *Biological effects of ultraviolet radiation*. New York, NY, US: Cambridge University Press. [Accesso 30.07.2020]

ISS (2020) Raccomandazioni ad interim sulla sanificazione di strutture non sanitarie nell'attuale emergenza COVID-19: superfici, ambienti interni e abbigliamento. Online: http://www.iss.it/documents/20126/0/Rappporto+ISS+COVID-19+n.+25_2020.pdf/90decdd1-7c29-29e4-6663-b992e1773c98?t=1589836083759 [Accesso 28.07.2020]

Kim, D, Kang, D. (2018) UVC LED Irradiation Effectively Inactivates Aerosolized Viruses, Bacteria, and Fungi in a Chamber-Type Air Disinfection System. In *Applied and Environmental Microbiology*; Aug 2018, 84 (17), Schottel, J. (eds). Online: <http://aem.asm.org/content/84/17/e00944-18> [Accesso 28.07.2020]

Kowalski W. (2009). *Ultraviolet Germicidal Irradiation Handbook: UVGI for Air and Surface Disinfection*. New York, NY, US: Springer.

Lindsley, W, Martin, S, Thewlis, R, Sarkisian, K, Nwoko, J, Mead, K, Noti, J. (2015). Effects of Ultraviolet Germicidal Irradiation (UVGI) on N95 Respirator Filtration Performance and Structural Integrity. In *Journal of occupational and environmental hygiene*; 12 (8), pp. 509–517. Online: <https://doi.org/10.1080/15459624.2015.1018518> [Accesso 30.07.2020]

Miller, R.V., Jeffrey, W, Mitchell, D, Elasri, M. (1999) Bacterial responses to ultraviolet light. In *American Society for Microbiology (ASM) News*; 65 (8): 535-541.

Nunayon, S, Zhang, H, Lai, A. (2019) Comparison of disinfection performance of UVC-LED and conventional upper-room UVGI systems. In *Indoor Air*, v. 30: (1); pp. 180-191. Online: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/ina.12619> [Accesso 28.07.2020]

Spinosa, G. (2020) *Bacillus subtilis*. In *MicrobiologiaItalia.it*. Online: <http://www.microbiologiaitalia.it/batteriologia/bacillus-subtilis/> [Accesso 28.07.2020]

Xu, P. Peccia, J, Fabian, P, Martyny, J, Fennelly, K, Hernandez, M, Miller, S. (2003) Efficacy of ultraviolet germicidal irradiation of upper-room air in inactivating airborne bacterial spores and mycobacteria in full-scale studies. In *Atmospheric Environment*; 37 (3), pp. 405-419