



**Istituto Nazionale di
Astrofisica**
OSSERVATORIO
ASTRONOMICO DI BRERA



**Ricerca sull'efficienza dei canali di
disinfezione a mezzo UVC delle
apparecchiature Steril Line modelli
Cleaning air T6 e Cleaning air T12**

**Research on the UVC disinfection
channels efficiency for Steril Line
equipment, models
Cleaning air T6 and Cleaning air T12**

Ing. Alessio Zanutta, Ing. Andrea Bianco, Dott. Giovanni Pareschi
alessio.zanutta@inaf.it, andrea.bianco@inaf.it,
giovanni.pareschi@inaf.it

In relazione al sistema di disinfezione dell'aria che prevede un canale di aerazione forzata in cui sono presenti delle lampade UV a mercurio (254 nm), sono state fatte delle simulazione partendo dai parametri dimensionali negli schemi tecnici pervenuti e usando il software di CAD ottico ZEMAX OpticStudio. Lo scopo è stato quello di calcolare l'irradianza ottenuta all'interno del condotto in funzione della riflettività della cover.

In relation to the air disinfection system which provides for a forced ventilation channel in which there are UV mercury lamps (254 nm), simulations were made starting from the dimensional parameters in the technical drawings received and using the optical CAD software ZEMAX OpticStudio. The purpose was to calculate the irradiance obtained inside the duct as a function of the reflectivity of the cover.

In particolare, si riporteranno due simulazioni, con il materiale riflettente e con un materiale completamente assorbente. Questa seconda simulazione mostra il comportamento senza il fattore di efficientamento dovuto alle pareti riflettenti.

In particular, two simulations will be reported, with the reflective material and with a completely absorbent material. This second simulation shows the behavior without the efficiency factor due to the reflecting walls of the channel.



Dalla documentazione fornita, il sistema prevede l'utilizzo di 6 lampade disposte parallelamente e suddivise da paratie. L'aria seguirà quindi un percorso non lineare, ma alternato. Si ipotizzerà di avere come flusso quello impostato/misurato e che esso sia uniforme nel condotto.

Il Sistema Cleaning air T12 risulta la combinazione di due Clening air T6 e quindi, dal punto di vista ottico, corrisponde alla duplicazione del sistema T6.

From the documentation provided, the system uses 6 lamps arranged parallel and divided by bulkheads. The air will therefore follow a non-linear, but alternating path. It will be assumed that the flow is set / measured and that it is uniform in the duct.

The Cleaning air T12 system is the combination of two Clening air T6 and therefore, from an optical point of view, it corresponds to the duplication of the T6 system.



Per quanto riguarda i dati progettuali, i valori di riferimento utilizzati sono i seguenti

- Riflettività del condotto pari a 85% considerando sia la speculare che la diffusa (S125/42 – LUMENAL MATT, ALMECO);
- Lampade Hg bassa pressione con irradianza di 7.2 W e lunghezza 436 mm (LIH, UL C 25W G13, fused silica come materiale del tubo).

As regards the design data, the reference values used are the following

- Reflectivity of the duct equal to 85% considering both the specular and the diffuse (S125 / 42 - LUMENAL MATT, ALMECO);
- Low pressure Hg lamps with 7.2 W irradiance and 436 mm length (LIH, UL C 25W G13, fused silica as tube material).

Simulazione con Canale Riflettente

La predizione dell'irradianza totale è effettuata posizionando dei detector virtuali all'interno del canale (es. Figura 1 e 2). Essi rilevano ogni passaggio dei raggi riflessi all'interno del dispositivo

Simulation with Reflective Channel

The evaluation of the total irradiance is carried out by placing virtual detectors inside the channel (eg. Figures 1 and 2). They detect each passage of the rays reflected inside the device



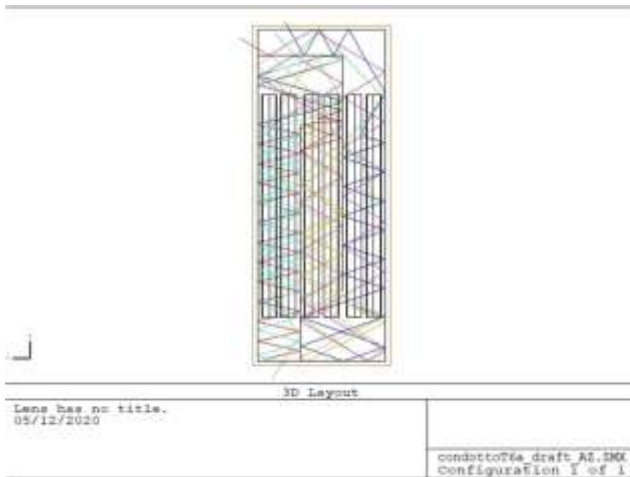


Figura 1: Geometria del canale: in sezione e vista 3D.

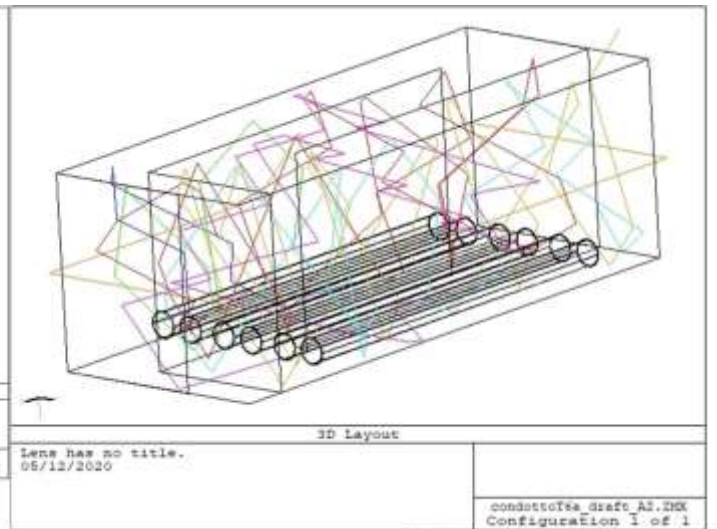


Figure 1: Channel geometry: in section and 3D view.

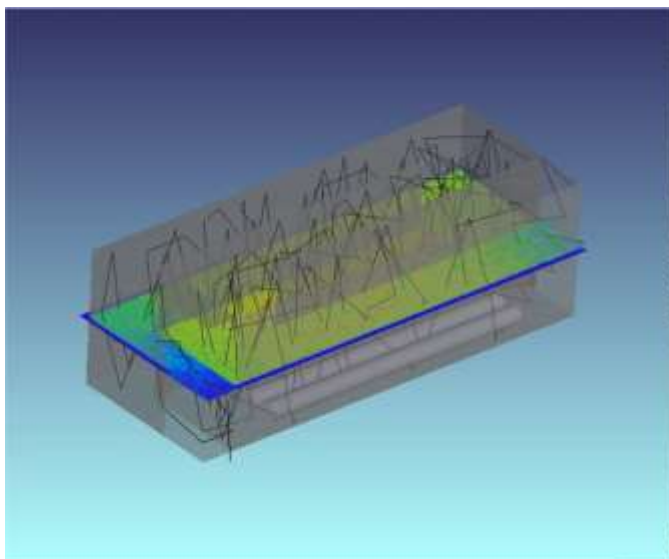


Figura 2: Geometria del canale in 3D con la disposizione dei vari detector virtuali (rettangoli blu) utilizzati.

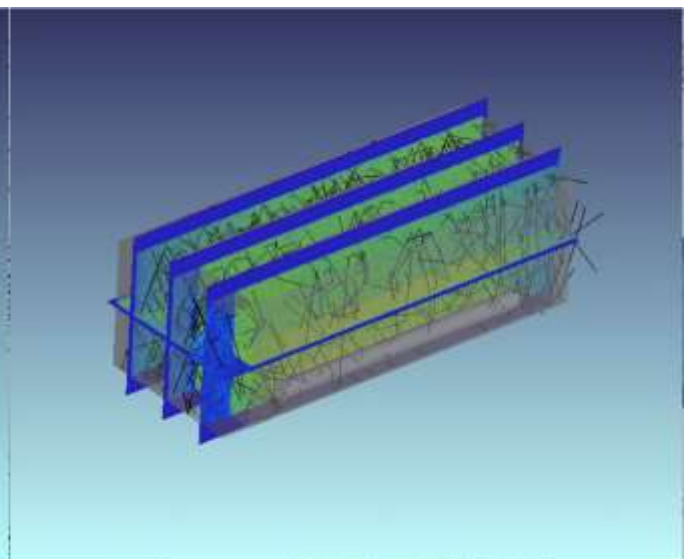


Figure 2: 3D channel geometry with the arrangement of the various virtual detectors (blue rectangles) used.

Si noti come vi siano 3 detector posti nelle tre sezioni lunghe del condotto e perpendicolari al piano frontale del dispositivo. Vi è inoltre un detector perpendicolare ai 3 precedenti che attraversa tutte le sezioni. Vediamo inoltre che essi coprono tutta l'area in cui vi è il passaggio di aria.

It Should be noticed there are 3 detectors placed in the three long sections of the duct and perpendicular to the front plane of the device. There is also a detector perpendicular to the previous 3, which crosses all sections. We also see that they cover the whole area where there is the passage of air.



Si riporta in figura 3 la mappa di irradianza corrispondente al detector perpendicolare che attraversa le tre sezioni.

Figure 3 shows the irradiance map corresponding to the perpendicular detector that crosses the three sections.

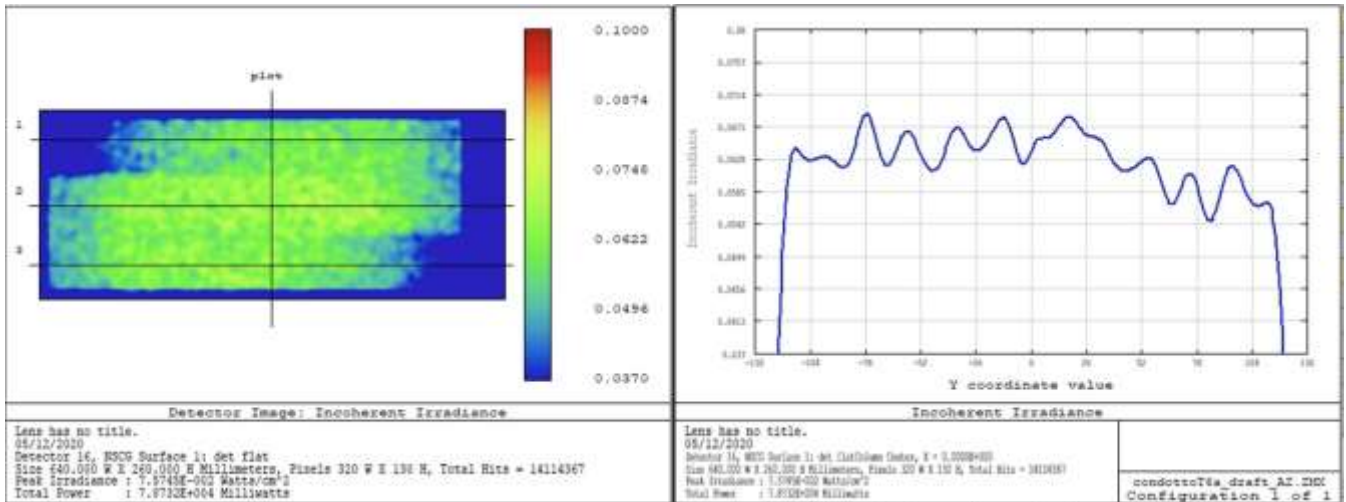


Figura 3: Irradianza (W/cm²) all'interno del canale rilevata dal detector virtuale. E' stato impostato un valore minimo di 0.037 W/cm², in modo da identificare con maggiore facilità le aree sotto soglia (blu). Sono inoltre identificate le sezioni 1, 2, 3 nelle quali sono disposti gli altri detector ortogonali. A destra è riportato il plot cross-section.

Figure 3: Irradiance (W / cm²) inside the channel detected by the virtual detector. A minimum value of 0.037 W / cm² has been set, in order to more easily identify the areas below the threshold (blue). Sections 1, 2, 3 are also identified in which the other orthogonal detectors are arranged. On the right is the cross-sectional plot.

Si riporta in figura 4 la mappa di irradianza corrispondente ai 3 detector, uno per sezione.

Figure 4 shows the irradiance map corresponding to the 3 detectors, one for each section.



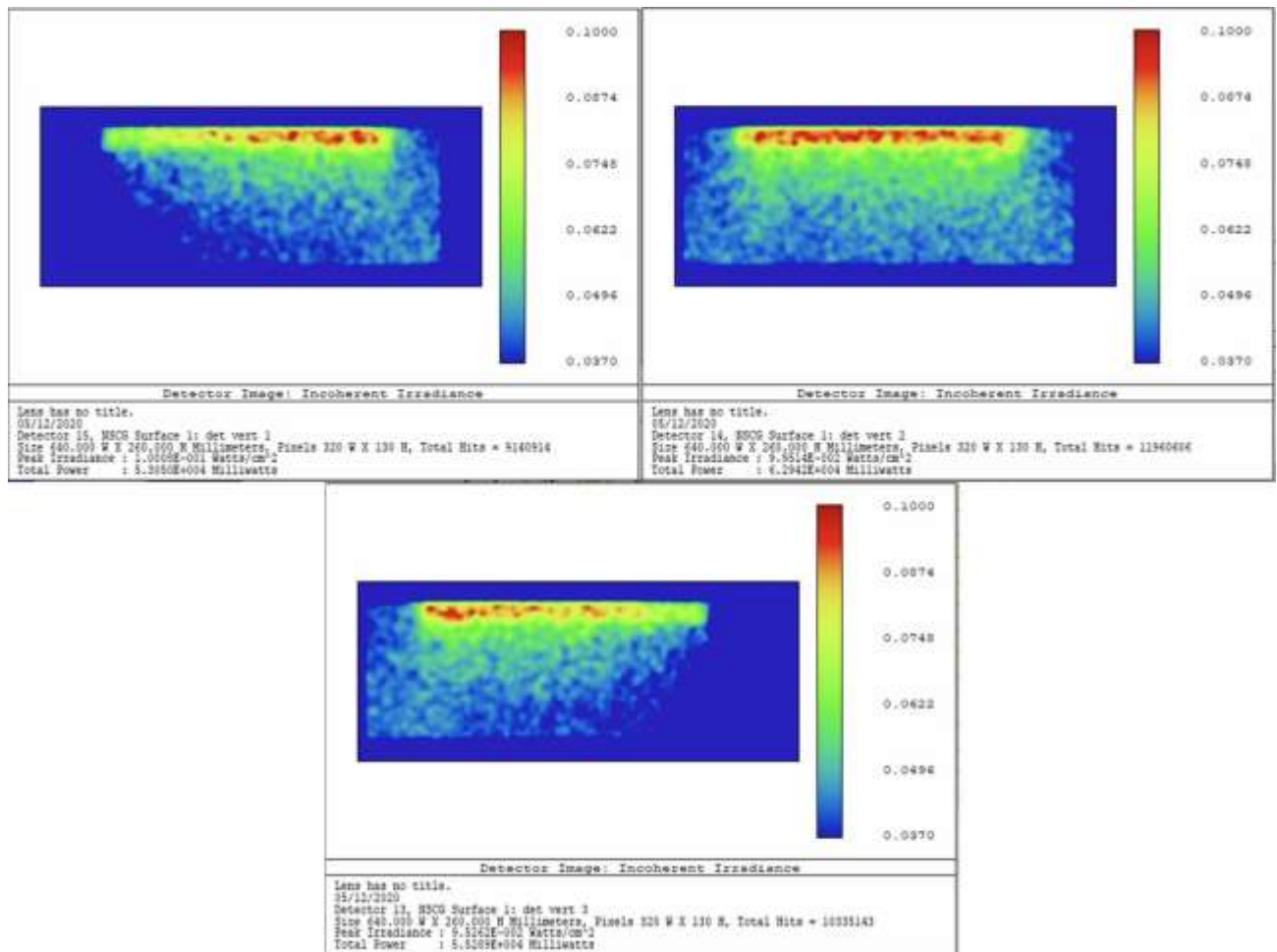


Figura 4: Irradianza (W/cm²) all'interno del canale rilevata dai detector di sezione 1, 2, 3.

Figure 4: Irradiance (W / cm²) inside the channel detected by the detectors of section 1, 2, 3.

Si può notare come l'irradianza sia abbastanza omogenea sul primo detector a meno delle zone terminali a causa della mancanza di sorgente diretta di luce UV. Il valore medio è dell'ordine di 0.062 W/cm². Esso rappresenta il valore medio nel condotto, poichè il detector si trova a metà della sezione.

It can be seen that the irradiance is quite homogeneous on the first detector except for the terminal areas due to the lack of direct source of UV light. The average value is of the order of 0.062 W / cm². It represents the average value in the duct, as the detector is located in the middle of the section.



Analizzando le mappe di intensità degli altri tre detector, notiamo chiaramente l'effetto dovuto al posizionamento delle lampade che si traduce in un'irradianza di picco di 0.1 W/cm². Essa poi decade in modo marcato allontanandosi dalla


By analyzing the intensity maps of the other three detectors, we clearly note the effect due to the positioning of the lamps which results in a peak irradiance of 0.1 W / cm². It then decays markedly away from the source. In the first and

sorgente. Nel primo e terzo settore si notano gli effetti di bordo dovuti alla zona di ingresso e di uscita dell'aria.

third sectors, the edge effects due to the air inlet and outlet area are noted.

Per avere le condizioni di minore efficienza, si pone il detector virtuale di figura 3 alla massima distanza dalla lampade e si calcola il valore medio dell'irradianza che risulta essere pari a 0.0455 W / cm².

To have the lower efficiency conditions, the virtual detector in figure 3 is placed at the maximum distance from the lamps and the average value of the irradiance is calculated, obtaining a result of 0.0455 W / cm².

Simulazioni con canale totalmente assorbente	Simulations with totally absorbing channel
<p>Le stesse simulazioni sono state eseguite considerando un canale ottenuto con un materiale totalmente assorbente. In questo caso non vi è il contributo di riflessione, per cui l'irradianza è semplicemente quella emessa dalle lampade (segunte figura 5).</p>	<p>The same simulations have been made considering a channel obtained with a totally absorbent material. In this case there is no reflection contribution, so the irradiance is simply that emitted by the lamps (following Figure 5)</p> 

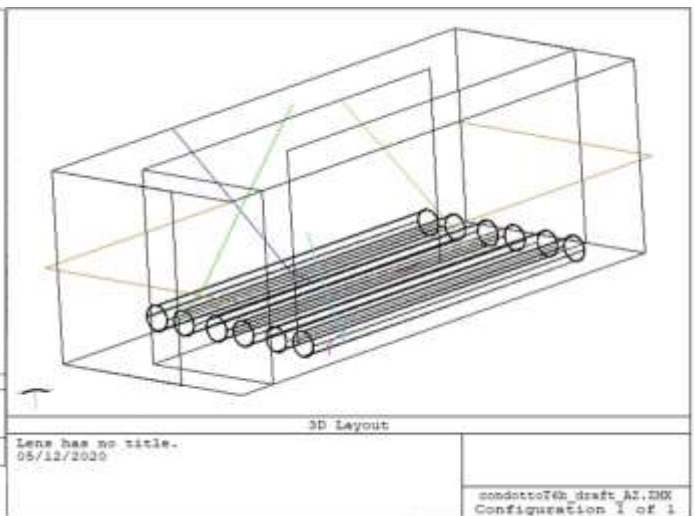
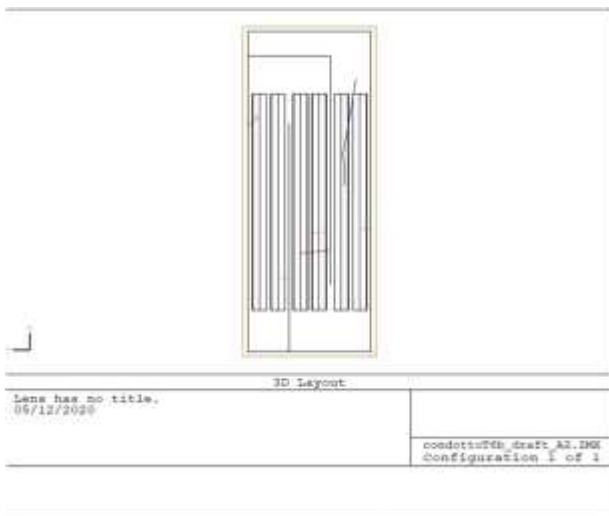


Figura 5: Geometria del canale: in sezione e vista 3D in cui si vedono i raggi UV che vengono assorbiti dalla cover.

Figure 5: Channel geometry: cross-section and 3D view showing the UV rays absorbed by the cover.

Di Seguito, nella figura 6, possiamo osservare la mappa di irradianza per il detector esteso sulle tre sezioni.

Below, in figure 6, we can observe the irradiance map for the detector extended over the three sections.

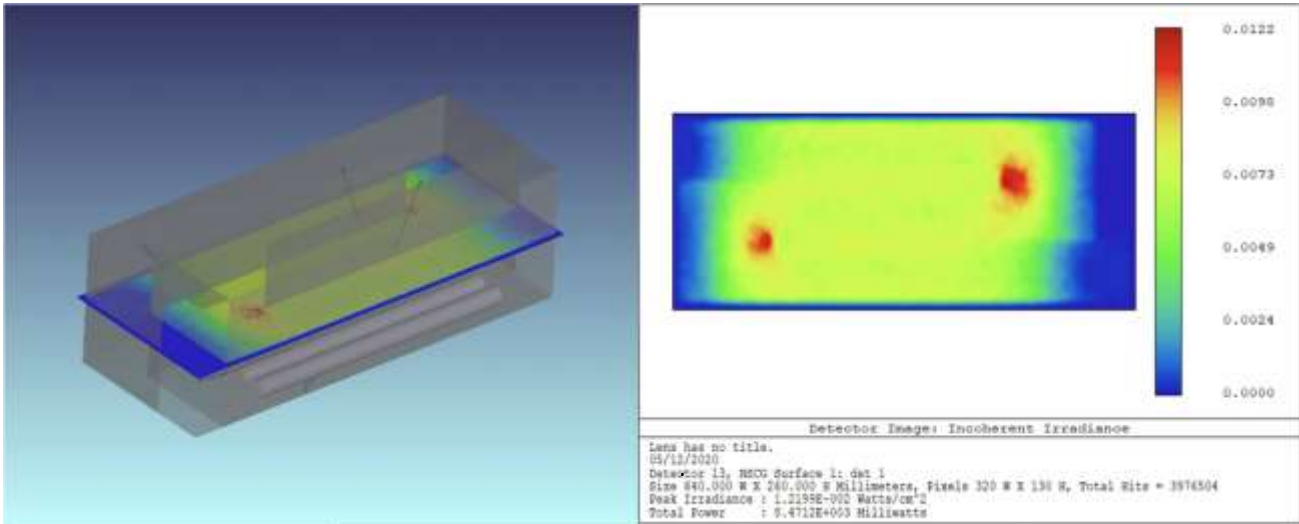


Figura 6: Irradianza (W/cm²) all'interno del canale rilevata dal detector virtuale esteso sulle tre sezioni

Figure 6: Irradiance (W / cm²) inside the channel detected by the virtual detector extended over the three sections

Vediamo come il valore massimo che si raggiunge è dell'ordine di 0.01 W/cm² ed esso è confinato sono in due aree alle estremità dei canali dove si affacciano quattro lampade. Possiamo assumere come valore medio 0.007 W/cm² quindi un fattore 1/10 rispetto al caso riflettente. Ciò significa a pari dose una riduzione del flusso all'interno del condotto di 1/10 o un tempo 10 volte superiore per trattare la stessa quantità di aria.

We note that the maximum value that is reached is of the order of 0.01 W / cm² and it is confined only in two areas at the ends of the channels where four lamps overlook. We can assume as an average value 0.007 W / cm² therefore a factor 1/10 with respect to the reflecting case. This means, at the same dose, a reduction of the flow inside the duct by 1/10 or 10 times longer to treat the same amount of air.



Si riporta in tabella 1, i valori di dose UVC calcolati a diversi tempi di irraggiamento, considerando i due casi:

Table 1 shows the UVC dose values calculated at different irradiation times, considering the two cases:

- Condotto riflettente (irradianza media di 0,062 W/cm²);
- Condotto totalmente assorbente (irradianza media di 0,007 W / cm²).
- Reflective duct (average irradiance of 0.062 W / cm²);
- Fully absorbent duct (average irradiance of 0.007 W / cm²).

Condizione	Irradianza (W/cm ²)	Dose UV C (J/cm ²)				
		0,5 s	1 s	10 s	30 s	60 s
Simulazione condotto riflettente	0,062	0,031	0,062	0,620	1,86	3,72
Simulazione condotto assorbente	0,007	0,0035	0,007	0,07	0,21	0,42

Tabella 1. Dosi in J/cm² di UVC corrispondenti a diversi tempi di esposizione da 0,5 a 60 secondi

Table 1. UVC doses in J / cm² corresponding to different exposure times from 0.5 to 60 seconds

Per le apparecchiature prese in esame Cleaning air T6 e Cleaning air T12, costruite con canali riflettenti, si considera un valore di riferimento per la disattivazione del virus¹ di 0.0037 J / cm².

For the equipment examined in the research, Cleaning air T6 and Cleaning air T12, built with reflecting channels, a reference value for virus¹ deactivation of 0.0037 J / cm² is considered.

Vediamo che già per una permanenza media dell'aria di 0.5 s nel condotto, si ha una dose circa 10 volte quella richiesta per la disinfezione da SARS-COV-2.

We see that already for an average stay of the air of 0.5 s in the duct, there is a dose about 10 times that required for disinfection from SARS-COV-2.



Con tali dati si può calcolare sia il flusso massimo di aria che può essere impostato nella lampada o, al contrario, il valore stimato di dose fornita

With these data it is possible to calculate both the maximum air flow that can be set in the lamp or, on the contrary, the estimated dose

all'aria nella lampada.

value supplied to the air in the lamp.

In riferimento al secondo punto, si riportano i dati dimensionali e di funzionamento forniti per il sistema Cleaning air T6 (tabella 2).

With reference to the second point, the dimensional and operating data provided for the Cleaning air T6 system are shown (table 2).

Tabella 2. Dimensioni del condotto e dati relativi alla portata e velocità dell'aria per il sistema Cleaning Air T6.

rectangular duct dimension L x P (mt)		Duct section (m ²)	Air speed (m/s)	air flow rate of the duct (m ³ /s)	air flow rate of the duct (m ³ /min)	duct length (mt)	air exposure time inside the appliance (s)
0,08	0,21	0,0168	2,2	0,03696	2,2176	1,8	0,82

Tabella 2. Dimensioni del condotto e dati relativi alla portata e velocità dell'aria per il sistema Cleaning Air T6

Table 2. Dimensions of the duct and data relating to air flow and speed for the Cleaning Air T6.

Si evince che l'aria trattata dall'apparecchiature Cleaning air T6 e Cleaning air T12 riceve una dose UVC di **0,051 J/cm², 13 volte superiore** a quella stimata di **0,0037 J/cm²** per la disattivazione del SARS-CoV-2.

It can be seen that the air treated by Cleaning air T6 and Cleaning air T12 equipment receives a UVC dose of **0.051 J / cm², 13 times higher** than the estimated **0.0037 J / cm²** for the deactivation of SARS-CoV-2.



1. Andrea Bianco, Mara Biasin, Giovanni Pareschi, Adalberto Cavalleri, Claudia Cavatorta, Claudio Fenizia, Paola Galli, Luigi Lessio, Manuela Lualdi, Edoardo Redaelli, Irma Saulle, Daria Trabattoni, Alessio Zanutta, Mario Clerici **UV-C irradiation is highly effective in inactivating and inhibiting SARS-CoV-2 replication**, medRxiv 2020.06.05.20123463; doi: <https://doi.org/10.1101/2020.06.05.20123463>