

ECOdesign e riciclo di DPI in una filiera industriale circolare

EcoDPI



Presentazioni Risultati del secondo periodo di attività

WP-SS-2

*Soluzioni integrate processo/prodotto per la sterilizzazione di DPI
mediante sistemi a perossido e/o UVC*

A.Bellucci, C.Muraro, D.Stocchi, S.Tiberi

Obiettivi di R&S perseguiti nel secondo periodo

- Per il sistema di sterilizzazione a vapori di perossido di idrogeno e per il sistema di sterilizzazione a radiazioni UVC:
 - *ottimizzazione dell'impiantistica attraverso cicli di sterilizzazione condotti sui DPI;*
 - *test specifici di efficacia e applicazione metodologie per la verifica delle proprietà funzionali;*
 - *revisione della progettazione eseguita sugli impianti prototipo (progetti esecutivi impianti sterilizzazione full scale).*

Metodologia adottata

❖ ***Sistema di sterilizzazione attraverso vapori di perossido di idrogeno.***

Le fasi del lavoro

- ***Realizzazione dell'impianto*** prototipale per il trattamento con vapori di perossido di idrogeno: assemblaggio, cablatura, sviluppo del software e messa in opera (Il Sentiero).
 - ***Ottimizzazione dei parametri del processo*** di sterilizzazione:
 - *verifica dell'uniformità e della riproducibilità del processo (Il Sentiero);*
 - *validazione dell'azione del perossido – test di sterilizzazione batterica e fungina (Chimicambiente);*
 - *verifica del mantenimento delle proprietà funzionali dei DPI – test di resistenza respiratoria e di penetrazione del materiale (Dolomitcert).*
- ***Progettazione esecutiva di un impianto full scale*** (Il Sentiero).

Metodologia adottata

❖ *Sistema di sterilizzazione attraverso radiazione UVC*

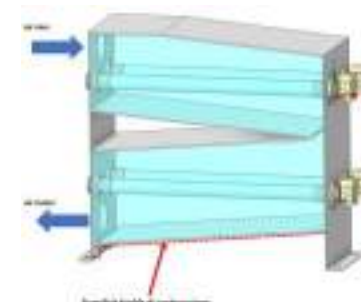
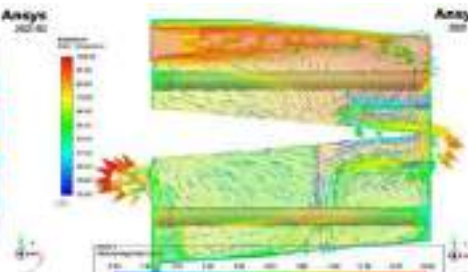
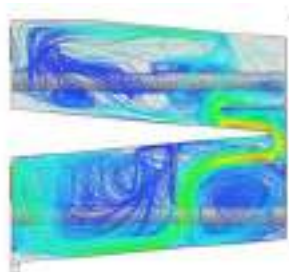
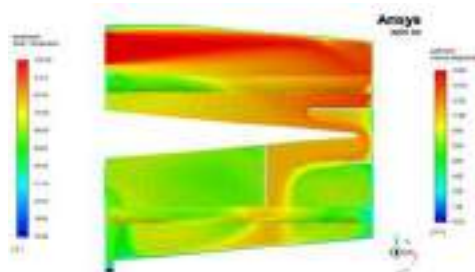
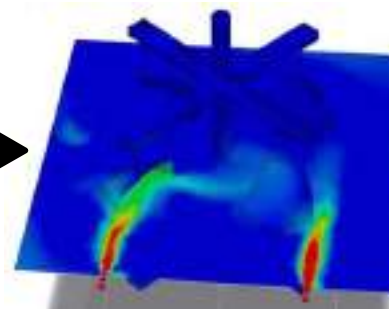
Le fasi del lavoro

- ***Realizzazione di un'apparecchiatura*** dimensionata per il trattamento di DPI quali mascherine, occhiali, visiere (Artelight):
 - ***Verifica delle attività del reattore in aria:***
 - *validazione dell'azione delle radiazioni UVC per la sanificazione dell'aria (Chimicambiente) e conseguente revisione del progetto/azioni correttive (Artelight);*
 - ***Verifica delle attività del reattore per la sterilizzazione di DPI:***
 - *validazione dell'azione delle radiazioni UVC per la sterilizzazione di DPI (Chimicambiente);*
 - *verifica del mantenimento delle proprietà funzionali dei DPI:*
 - *trasparenza ed indice di giallo su occhiali e visiere di protezione (Certottica);*
 - *test di resistenza respiratoria e di penetrazione del materiale (Dolomitcert).*

Risultati raggiunti secondo periodo

I. Realizzazione dell'impianto a perossido di idrogeno: principi di funzionamento

- La sterilizzazione avviene attraverso la **micro-condensazione dei vapori di perossido di idrogeno**.
- I campioni vengono appesi ad una rastrelliera in rotazione all'interno della camera: i flussi di perossido di idrogeno e la rastrelliera sono stati progettati per garantire la copertura uniforme dei DPI da parte dell'agente sterilizzante.
- La camera è dotata di un impianto di deumidificazione per non inficiare con l'acqua⁽¹⁾ l'azione del perossido: la geometria è stata progettata per ottimizzare lo scambio termico; lampade UVC sterilizzano eventuale condensa che esca dall'impianto.



(1) Journal of Pharmaceutical Innovation, 3(2), 123-133 (2008)

Risultati raggiunti secondo periodo

II. Ottimizzazione dei parametri del processo di sterilizzazione

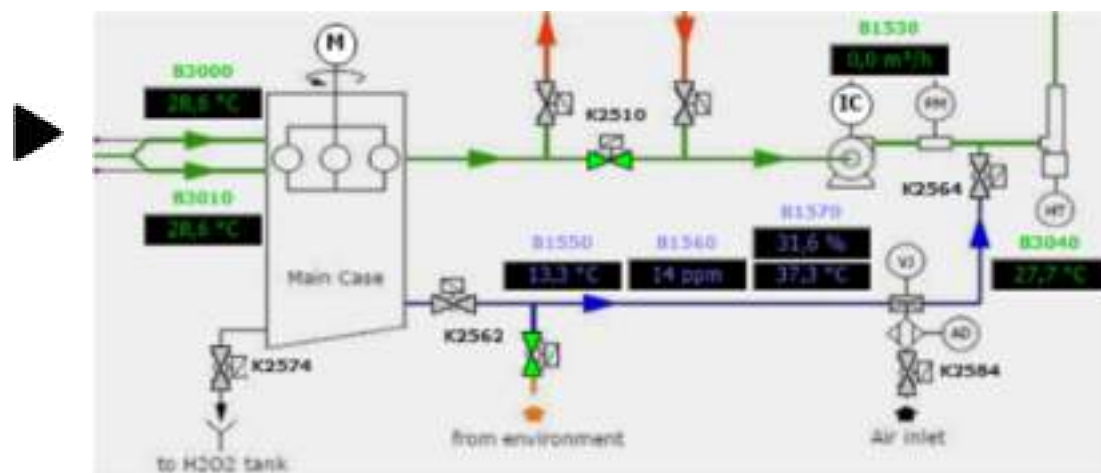
- Il ciclo di sterilizzazione è suddiviso in quattro fasi:
- **preparation cycle** (fase opzionale, senza DPI in camera): viene fatta fluire aria per ridurre l'umidità residua in camera (consigliata per umidità >85%);
- **heating** (DPI caricati in camera): deumidificazione dell'aria presente nell'impianto+riscaldamento del sistema+messa in pressione del contenitore di perossido+riscaldamento del sistema di vaporizzazione del perossido (CEM);
- **sterilizzazione**: fase "GAS" (viene immessa una grande quantità di perossido per un breve tempo)+fase "DWELL" (viene immessa una quantità inferiore di perossido di idrogeno per mantenere in camera le condizioni di sterilizzazione);
- **drying**: viene rimosso tutto il perossido dal sistema e dai DPI fluendo aria che attraversa un sistema di carboni attivi.



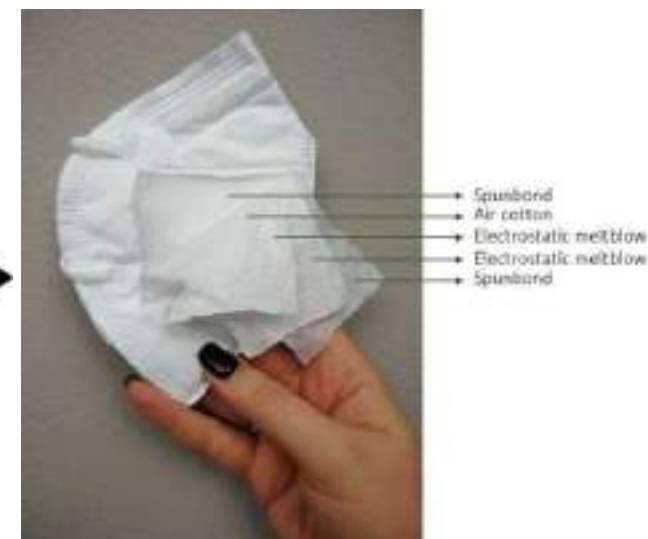
Risultati raggiunti secondo periodo

- *Sensori presenti nel sistema permettono di monitorare il corretto andamento del trattamento:*

- termocoppie per la temperatura;
- sensore di umidità;
- sensore di punto di rugiada;
- sensore di concentrazione di perossido;
- flussimetro.



- Nella fase di **ottimizzazione** del trattamento, durata delle fasi e concentrazione di perossido sono stati modificati rispetto ai dati in letteratura⁽²⁾, fino a individuare le **condizioni meno gravose**, che garantiscono la sterilizzazione; il flusso di perossido è stato selezionato per essere capace di **penetrare attraverso gli strati** che costituiscono le mascherine FFP2.



(2) Final report for the Bioquell Hydrogen Peroxide Vapor (HPV) decontamination for reuse of N95 respirators. July 22, 2016. <https://www.fda.gov/media/136386/download>

Risultati raggiunti secondo periodo

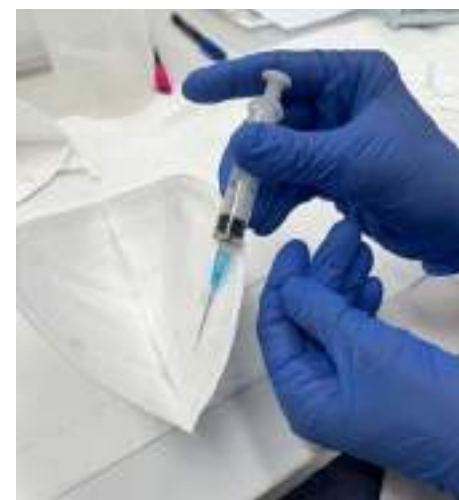
- *Indicatori chimici* sono stati usati nella prima fase per assicurarsi che la concentrazione di perossido fosse sufficiente a garantire la sterilizzazione superficiale dei DPI (mascherine FFP2).
- *Indicatori biologici* sono stati usati per selezionare la durata del ciclo.
- La validità dei parametri selezionati è stata infine verificata iniettando sia **batteri** che **spore fungine** all'interno delle mascherine. Questo passaggio ha potuto confermare la selezione dei parametri del ciclo eseguita nella fase iniziale tramite gli indicatori chimici e biologici.



Risultati raggiunti secondo periodo

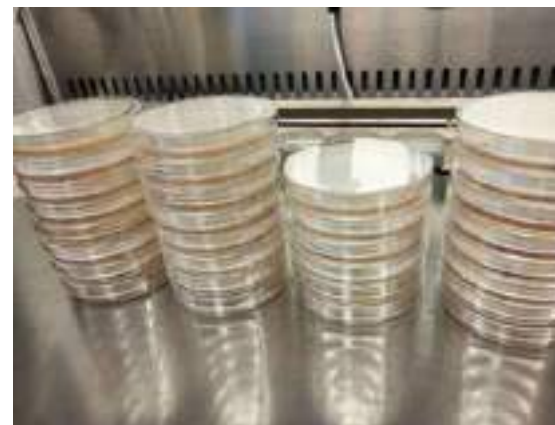
Efficacia di sterilizzazione: test di sterilizzazione batterica e fungina

- Allo scopo di testare l'efficacia di sterilizzazione del sistema a vapori di perossido di idrogeno è stato sviluppato un **protocollo** che prevede l'introduzione, all'interno dell'apparato stesso di 4 **mascherine contaminate** artificialmente con ceppi microbici a concentrazione nota, il successivo **avvio del ciclo di sterilizzazione** con perossido e la **quantificazione della carica microbica prima e dopo il trattamento**.
- In particolare, le prove sono state effettuate utilizzando **2 diversi ceppi microbici**: il **ceppo batterico di *Bacillus Subtilis sub. spizizenii* ATCC 6633** e il **ceppo fungino *Aspergillus niger* ATCC 6275**. Tali specie sono state scelte in particolare per le loro caratteristiche di elevata resistenza rispetto ad altri ceppi microbici.



Risultati raggiunti secondo periodo

- *Introduzione della mascherina all'interno di un sacchetto sterile e recupero dei batteri vitali tramite aggiunta di 100 ml di diluente (Maximun Recovery Diluent) e successiva omogenizzazione della sospensione.*



- *Allestimento di diluizioni seriali e inoculo in piastra al fine di **quantificare** il numero di microrganismi vitali presenti.*

Risultati raggiunti secondo periodo

▪ Test di sterilizzazione batterica con *Bacillus subtilis*: risultati

- I sessione lavoro: inoculate FFP2 di 2 differenti produttori → no differenze significative.
- Il sessione di lavoro: inoculata 1 tipologia di mascherina FFP2.

I dati (2 concentrazioni, 2 repliche) evidenziano **un'alta capacità di abbattimento della vitalità microbica** per entrambe le tipologie di mascherine e per le diverse concentrazioni di partenza testate:

- media di abbattimento: 5.7 log, (99.99981%);
- elevata robustezza del risultato (scarto +/- 0.5 log).

Primo Test				
	Conc iniziale UFC/mascherina	Replica	Abbattimento Log (TRATT vs NT)	Abbattimento % (TRATT vs NT)
MASCHERINA TIPO 1	9,2E+06	A	5,7	99,99981
		B	5,9	99,99999
	2,3E+07	A	6,1	99,99992
		B	5,9	99,99988
		Media	5,9	99,99990
MASCHERINA TIPO 2	1,3E+05	A	4,8	99,99857
		B	4,8	99,99857
	8,0E+06	A	5,5	99,99970
		B	6,1	99,99991
		Media	5,3	99,99919

Secondo Test				
	Conc iniziale UFC/mascherina	Replica	Abbattimento Log (TRATT vs NT)	Abbattimento % (TRATT vs NT)
MASCHERINA TIPO 1	2,6E+06	A	> 6,5	> 99,99999
		B	5,8	99,99998
	1,0E+07	A	5,5	99,99967
		B	5,6	99,99977
		Media	5,9	99,99985

Risultati raggiunti secondo periodo

▪ Test di sterilizzazione fungina con *Aspergillus niger*: risultati

I dati (2 concentrazioni, 2 repliche) evidenziano un **elevato abbattimento microbico**:

- riduzione della vitalità fungina di 5.5 log (99,99925%);
- scarto tipo dei dati = +/- 0.8 log, considerato più che accettabile, considerando la maggiore variabilità delle prove che prevedono l'utilizzo di spore fungine.

	Conc iniziale spore/mascherina	Replica	Abbattimento Log (TRATT vs NT)	Abbattimento % (TRATT vs NT)
MASCHERINA TIPO 1	1,2E+05	A	4,8	99,99857
		B	4,8	99,99857
	5,0E+06	A	5,8	99,99985
		B	> 6,3	>99,99999
		Media	5,5	99,99925

Il trattamento con perossido si è quindi rivelato essere **estremamente efficace** sia nei confronti delle **cellule batteriche vegetative**, che nei confronti delle **spore fungine**, che rappresentano strutture biologiche robuste e create per sopravvivere nell'ambiente per lunghi periodi di tempo.

Risultati raggiunti secondo periodo

- Mantenimento delle proprietà funzionali dei DPI:
- **test di resistenza respiratoria** inalazione 30L/min; inalazione 95L/min; esalazione 160L/min;
- **test di penetrazione** del materiale (olio di paraffina).



	N° campioni di controllo	N° campioni di sterilizzati
Test di Penetrazione del materiale filtrante con olio di paraffina secondo metodo di prova descritto nella clausola 5.3 della normativa EN 13274-7	9	9
Test di Resistenza respiratoria secondo metodo di prova descritto nella clausola 8.9 della normativa EN 149:2001+A1:2009	9	9

Limiti previsti dalla norma EN149

Resistenza respiratoria			
Classificazione	Resistenza massima consentita (rbar)		
	Inspirazione		Espirazione
	30 l/min	95 l/min	160 l/min
FFP1	0,6	2,1	3,0
FFP2	0,7	2,4	3,0
FFP3	1,0	3,0	3,0

Penetrazione del materiale filtrante		
Classificazione	Penetrazione massima degli aerosol di prova	
	Prova con cloruro di sodio 95 l/min % max.	Prova con olio di paraffina 95 l/min % max.
FFP1	20	20
FFP2	6	6
FFP3	1	1

- **Analisi statistica dei dati (test T Student) per comparare le prestazioni dei DPI senza e post trattamento di sterilizzazione:**
 - **modello 1 FFP2 dopo 1 ciclo di sterilizzazione;**
 - **modello 1 FFP2 dopo 10 cicli di sterilizzazione;**
 - **modello 2 FFP2 dopo 1 ciclo di sterilizzazione.**



Risultati raggiunti secondo periodo

- Modello 1 FFP2/inalazione 30 L/min

Campione	Trattamento	[mbar]
1	Campioni non trattati	0,62
2		0,61
3		0,59
4		0,62
5		0,64
6		0,59
7		0,61
8		0,57
9		0,62
Media		0,61
STD		0,021081851

Campione	Trattamento	[mbar]
1	Campioni dopo 1 ciclo di sterilizzazione	0,53
2		0,53
3		0,49
4		0,49
5		0,54
6		0,53
7		0,57
8		0,51
9		0,58
Media		0,53
STD		0,03122499

Campione	Trattamento	[mbar]
1	Campioni dopo 10 cicli di sterilizzazione	0,46
2		0,52
3		0,51
4		0,51
5		0,49
6		0,48
7		0,47
8		0,47
9		0,48
Media		0,49
STD		0,021081851

Risultati
comparazione
resistenza
respiratoria
(inalazione) al
crescere dei cicli
di trattamento:
**riduzione dello
sforzo del
soggetto nella
respirazione.**

- Modello 1 FFP2/inalazione 95 L/min

Campione	Trattamento	[mbar]
1	Campioni non trattati	2,14
2		2,04
3		2,13
4		2,18
5		2,14
6		2,02
7		2,04
8		1,98
9		2,10
Media		2,09
STD		0,067659277

Campione	Trattamento	[mbar]
1	Campioni dopo 1 ciclo di sterilizzazione	1,77
2		1,79
3		1,68
4		1,69
5		1,78
6		1,79
7		1,93
8		1,67
9		1,89
Media		1,78
STD		0,090138782

Campione	Trattamento	[mbar]
1	Campioni dopo 10 cicli di sterilizzazione	1,65
2		1,75
3		1,75
4		1,77
5		1,65
6		1,61
7		1,61
8		1,66
9		1,60
Media		1,67
STD		0,066859904

Risultati raggiunti secondo periodo

Risultati
comparazione
resistenza
respiratoria
(esalazione) al
crescere dei cicli
di trattamento:
**riduzione dello
sforzo del
soggetto nella
respirazione.**

- Modello 1 FFP2/esalazione 160 L/min

Campione	Trattamento	[mbar]
1	Campioni non trattati	3,02
2		3,00
3		3,02
4		3,14
5		3,16
6		3,01
7		3,10
8		2,91
9		2,93
Media		3,03
STD		0,086426

Campione	Trattamento	[mbar]
1	Campioni dopo 1 ciclo di sterilizzazione	2,74
2		2,66
3		2,58
4		2,52
5		2,71
6		2,74
7		2,81
8		2,63
9		2,84
Media		2,69
STD		0.104735

Campione	Trattamento	[mbar]
1	Campioni dopo 10 cicli di sterilizzazione	2,62
2		2,83
3		2,86
4		2,75
5		2,71
6		2,60
7		2,69
8		2,63
9		2,61
Media		2,70
STD		0,100097

Risultati
comparazione
capacità di
penetrazione al
crescere dei cicli
di trattamento:
**aumento del
valore di
penetrazione
(dati anomali in
test 1 ciclo).**

- Modello 1 FFP2/penetrazione olio paraffina

Campione	Trattamento	[mbar]
1	Campioni non trattati	1,85
2		1,78
3		1,74
4		1,84
5		1,89
6		1,74
7		1,79
8		1,62
9		1,68
Media		1,77
STD		0,085586214

Campione	Trattamento	[mbar]
1	Campioni dopo 1 ciclo di sterilizzazione	2,11
2		1,97
3		2,12
4		2,32
5		1,71
6		1,68
7		2,06
8		0,04
9		0,04
Media		1,56
STD		0,885260476

Campione	Trattamento	[mbar]
1	Campioni dopo 10 cicli di sterilizzazione	2,55
2		3,58
3		3,13
4		3,64
5		3,75
6		3,21
7		3,22
8		3,60
9		2,67
Media		3,26
STD		0,428512851

Risultati raggiunti secondo periodo

- Modello 2 FFP2/inalazione 30 L/min

Campione	Trattamento	[mbar]
1	Campioni non trattati	0,35
2		0,35
3		0,33
4		0,38
5		0,33
6		0,36
7		0,31
8		0,35
9		0,32
Media		0,34222222
STD		0,02166667

Campione	Trattamento	[mbar]
1	Campioni dopo 1 ciclo di sterilizzazione	0,35
2		0,33
3		0,36
4		0,34
5		0,36
6		0,34
7		0,34
8		0,33
9		0,37
Media		0,346667
STD		0,014142

Risultati valutazione resistenza respiratoria (inalazione) modello 2 FFP2: **variazione rispetto modello 1** (entro norma) con **modifiche non evidenti dello sforzo del soggetto nella respirazione post trattamento.**

- Modello 2 FFP2/inalazione 95 L/min

Campione	Trattamento	[mbar]
1	Campioni non trattati	1,17
2		1,22
3		1,08
4		1,34
5		1,13
6		1,29
7		1,06
8		1,25
9		1,08
Media		1,18
STD		0,100747208

Campione	Trattamento	[mbar]
1	Campioni dopo 1 ciclo di sterilizzazione	1,13
2		1,11
3		1,20
4		1,12
5		1,25
6		1,12
7		1,19
8		1,07
9		1,25
Media		1,16
STD		0,06461424

Risultati raggiunti secondo periodo

- Modello 2 FFP2/esalazione 160 L/min

Risultati valutazione resistenza respiratoria (esalazione) modello 2
FFP2: **variazione rispetto modello 1** (entro norma) con **minima modifica dello sforzo del soggetto nella respirazione post trattamento**.

Campione	Trattamento	[mbar]
1	Campioni non trattati	1,80
2		1,85
3		1,72
4		1,87
5		1,79
6		1,85
7		1,70
8		1,88
9		1,73
Media		1,798889
STD		0,068618

Campione	Trattamento	[mbar]
1	Campioni dopo 1 ciclo di sterilizzazione	1,74
2		1,71
3		1,75
4		1,72
5		1,77
6		1,72
7		1,70
8		1,69
9		1,83
Media		1,736667
STD		0,043012

- Modello 2 FFP2/penetrazione olio paraffina

Risultati valutazione della capacità di penetrazione modello 2
FFP2: **variazione rispetto modello 1** (fuori norma) con **minima modifica del valore di penetrazione post trattamento**.

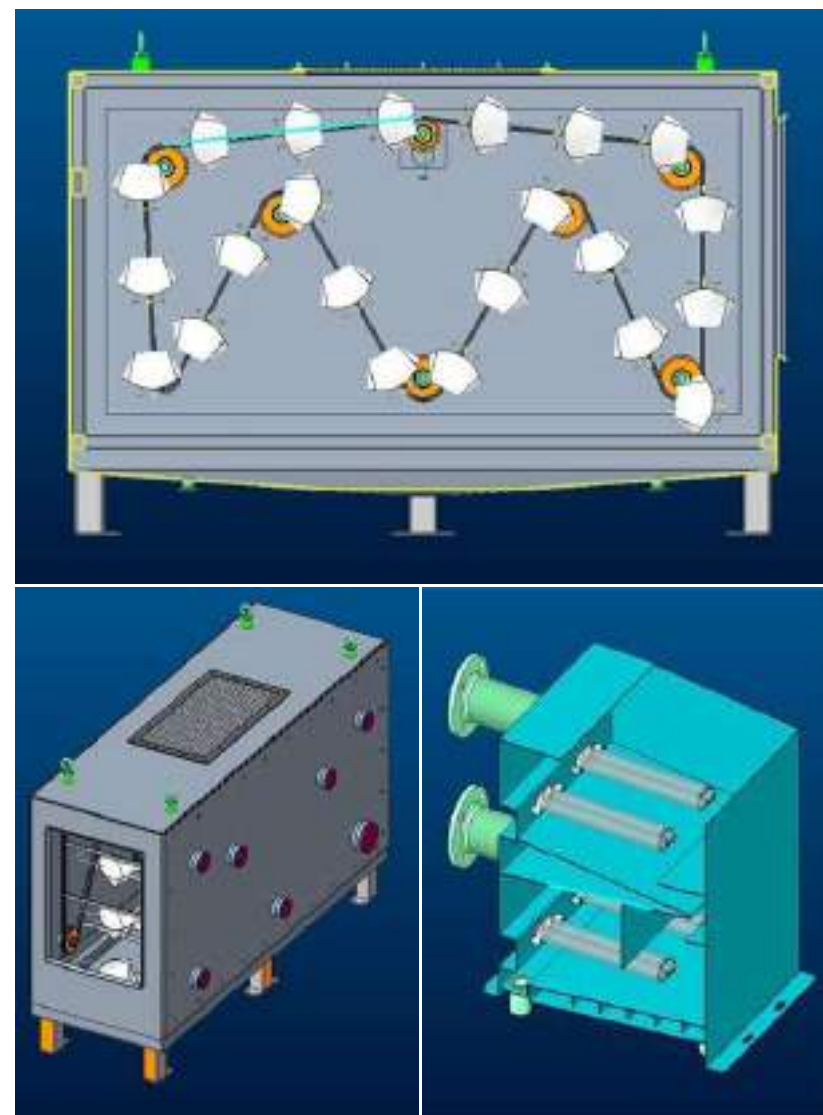
Campione	Trattamento	[%]
1	Campioni non trattati	22,60
2		23,02
3		23,80
4		22,95
5		22,01
6		23,46
7		22,82
8		23,30
9		22,39
Media		22,92927778
STD		0,552507493

Campione	Trattamento	[%]
1	Campioni dopo 1 ciclo di sterilizzazione	23,18
2		24,29
3		23,42
4		24,40
5		24,22
6		24,23
7		23,55
8		23,58
9		24,22
Media		23,90012222
STD		0,458208667

Risultati raggiunti secondo periodo

III. Progettazione esecutiva di un impianto full scale

- L'impianto è in grado di sanificare contemporaneamente **22 mascherine**, movimentate mediante catena così da controllare le posizioni, ridurre l'usura, evitare gli slittamenti.
- E' stato introdotto un doppio CEM, incrementando la portata di perossido all'ingresso della camera di trattamento, e aumentata la capacità di sterilizzazione nella camera di deumidificazione, passando da 2 a 4 lampade UVC.
- Il sistema permette di essere **facilmente scalabile**, consentendo il trattamento di numerosità maggiori di DPI.



Risultati raggiunti secondo periodo

❖ Dimensionamento apparecchiatura per il trattamento di DPI con radiazione UVC: I step)
reattore trattamento aria

▪ **Efficacia del trattamento per abbattimento carica batterica e micotica presente nell'aria in un ambiente indoor:**

- **Fase contaminazione:** aspirazione delle cellule microbiche **sospese naturalmente** nell'ambiente indoor tramite campionatore ad impatto ortogonale SAS e crescita su idonei terreni di coltura: carica troppo bassa per rilevazione eventuale abbattimento microbico → **contaminazione artificiale** di un ambiente limitato tramite **vaporizzazione di un aerosol del ceppo batterico di *Bacillus Subtilis* ATCC 6633 e del ceppo fungino *Aspergillus niger* ATCC 6275.**

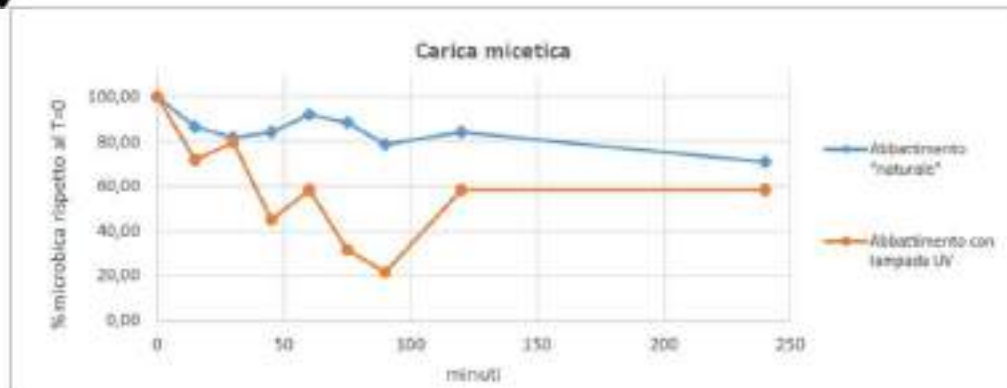
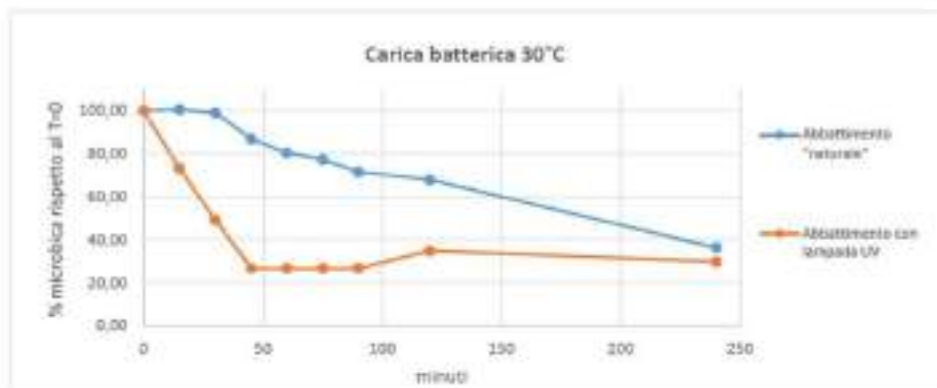


- **Fase misura abbattimento:** misurazione della contaminazione iniziale ($t=0$), accensione dispositivo di sanificazione UVC ed esecuzione di nuovi prelievo dell'aria a diverse tempistiche di trattamento.

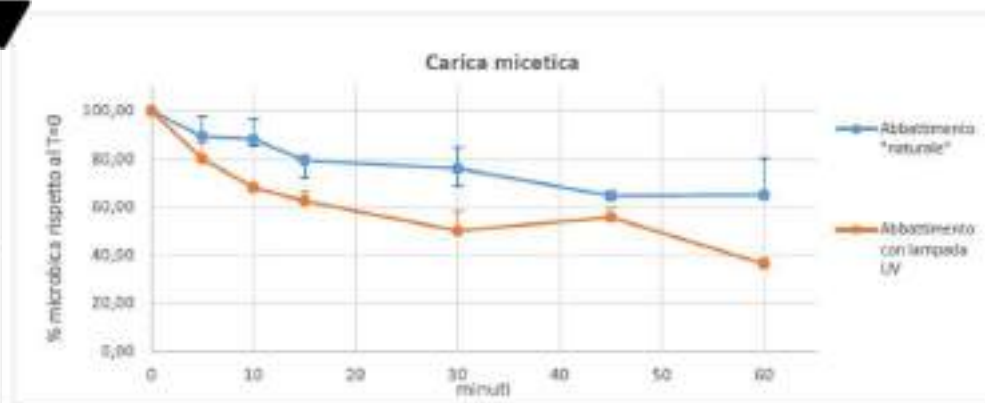
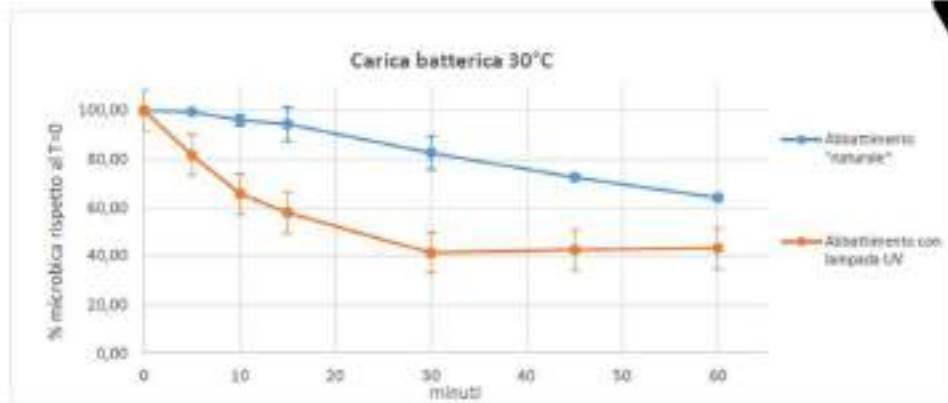


Risultati raggiunti secondo periodo

- **Risultati:**%microbica aria con trattamento UVC e naturale(15,30,45,60,75,90,120,240 min)



→ **Il maggior abbattimento si ha nei primi 60 minuti: secondo test con riduzione degli intervalli di tempo a cui effettuare il campionamento dell'aria (t=0,5,10,15,30,45,60 min).**



→ **Decadimento dell'aerosol microbico maggiore in presenza del dispositivo UVC rispetto a quello "naturale": già a 30 min si ha abbattimento del 40-50% rispetto al tempo zero.**

Risultati raggiunti secondo periodo

❖ Il step) Reattore trattamento DPI attraverso radiazione UVC

- A valle dei test, sono state eseguite **azioni correttive/revisione del progetto: aumento della potenza del reattore** con applicazione di 6+6 lampade da 16 W ciascuna: distribuzione uniforme sui DPI da trattare con emissione di almeno 2 J/cm^2 ($>$ al riferimento di letteratura per virus SARS-COV-2 di $1-1,5 \text{ J/cm}^2$).
- validazione **tempo minimo efficacia del trattamento UVC**:
 - test su **FFP2** contaminati con *Staphylococcus aureus* ATCC 6538
 - test su superficie non porosa (**visiera**) con *Staphylococcus aureus* ATCC 6538, e ceppo fungino di *Aspergillus niger* ATCC 6275.
- verifica **mantenimento delle proprietà funzionali post trattamento**:
 - test di trasparenza ed alterazione cromatica (**occhiali e visiere**)
 - test di resistenza respiratoria e penetrazione (**FFP2**).



Risultati raggiunti secondo periodo

- **Protocollo operativo test di sterilizzazione:**
 - a. **Contaminazione** artificiale di un certo numero di DPI (mascherine e/o visiere) tramite inoculo di un volume di sospensione microbica.
 - b. Inserimento all'interno dell'apparato dei DPI e **avvio del ciclo.**
 - c. Rimozione del DPI dal dispositivo trascorso il tempo di irraggiamento definito.
 - d. Introduzione del DPI all'interno di un sacchetto sterile e **recupero dei microrganismi** vitali tramite aggiunta di 100 ml di diluente (Maximun Recovery Diluent) e successiva omogenizzazione della sospensione.
 - e. Allestimento di diluzioni seriali e inoculo in piastra al fine di **quantificare il numero di microrganismi vitali.**



Risultati raggiunti secondo periodo

I fase test - irraggiamento: 1,2,3,5 e 10 min

MASCHERINE – S. aureus (Prima prova)		
TEMPO IRRAGGIAMENTO (secondi)	UFC/mascherina (media di più repliche)	Log abbattimento rispetto T=0
0	2000000	
60	193	4,0
120	35	4,8
180	45	4,6
300	82	4,4
600	67	4,5

II fase test - irraggiamento: 30 sec, 1,2,20 min

MASCHERINE – S. aureus (Seconda prova)		
TEMPO IRRAGGIAMENTO (secondi)	UFC/mascherina (media di più repliche)	Log abbattimento rispetto T=0
0	585000	
30	79	3,9
60	368	3,2
120	64	4,0
1200	34	4,2



*I dati indicano **elevata capacità di abbattimento microbico** (circa 4 log), ma con limiti sulla sterilizzazione delle mascherine, probabilmente per la ridotta capacità penetrativa della radiazione UVC tra gli strati della mascherina → **esecuzione test su superfici non porose** (DPI: visiera).*

Risultati raggiunti secondo periodo

- Risultati contaminazione visiere con ceppo batterico *Staphylococcus aureus*.

VISIERE - <i>S. aureus</i>		
TEMPO IRRAGGIAMENTO (secondi)	UFC/mascherina (media di più repliche)	Log abbattimento rispetto T=0
0	1480000	
10	22	4,8
30	1	6,1
120	1	6,1

I dati evidenziano un **abbattimento logaritmico superiore a 6 già dopo 30 secondi** (confermando l'ipotesi di ridotta capacità penetrativa della radiazione UVC che limita l'efficacia di sterilizzazione delle mascherine).

- Risultati contaminazione visiere con ceppo fungino *Aspergillus niger*.

VISIERE - <i>A. niger</i> (Prima prova)		
TEMPO IRRAGGIAMENTO (secondi)	UFC/mascherina (media di più repliche)	Log abbattimento rispetto T=0
0	600000	
10	650000	0,0
30	294000	0,3
60	85000	0,8
120	30500	1,3

VISIERE - <i>A. niger</i> (Seconda prova)		
TEMPO IRRAGGIAMENTO (secondi)	UFC/mascherina (media di più repliche)	Log abbattimento rispetto T=0
0	650000	
300	4350	2,2
600	2400	2,4
900	1100	2,8

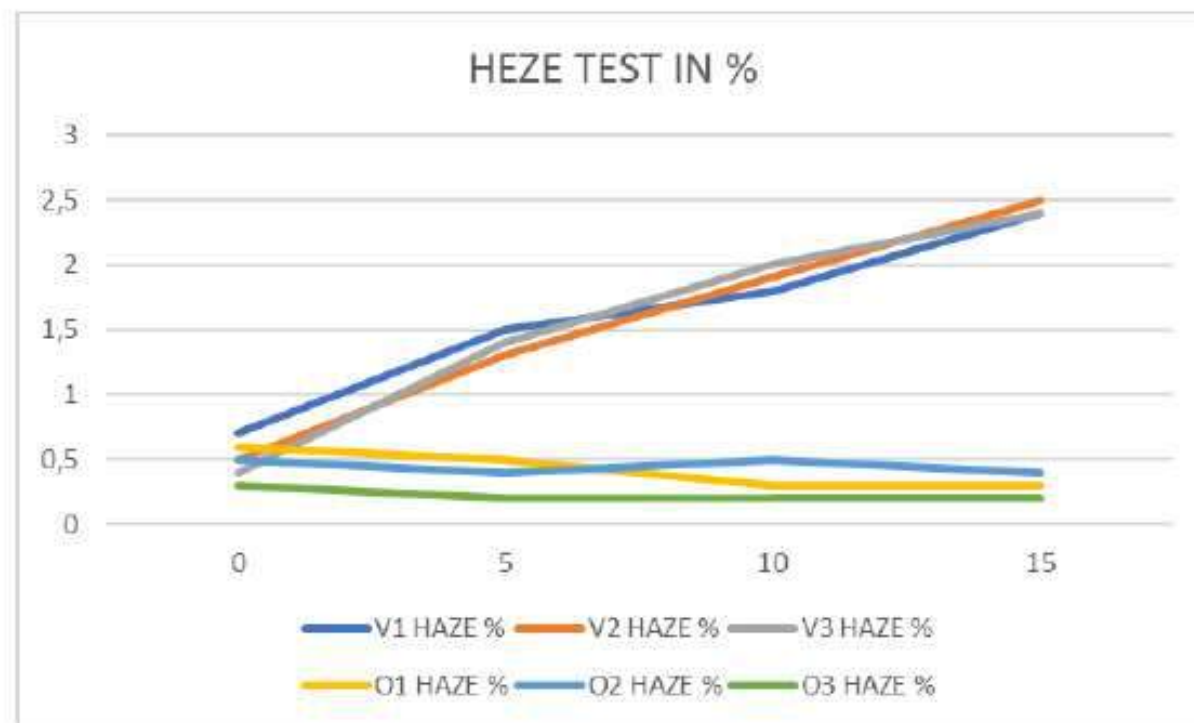
Nei confronti del **ceppo fungino**, il dispositivo si è rilevato **meno efficace**, necessitando di tempi più lunghi di esposizione per poter apprezzare una discreta riduzione microbica.

Risultati raggiunti secondo periodo

Risultati prove di trasparenza e alterazione cromatica

- **Test di Haze** (indice che evidenzia la capacità di un materiale a diffondere la luce):
 - post trattamenti UVC per 5, 10 e 15 ore su
 - 3 occhiali
 - 3 visiere

*I dati mostrano che gli **occhiali non risentono di un degrado prestazionale nella nitidezza delle immagini osservate dopo i trattamenti UVC, mentre le visiere subiscono un degrado aumentando progressivamente l'effetto di diffusione.***

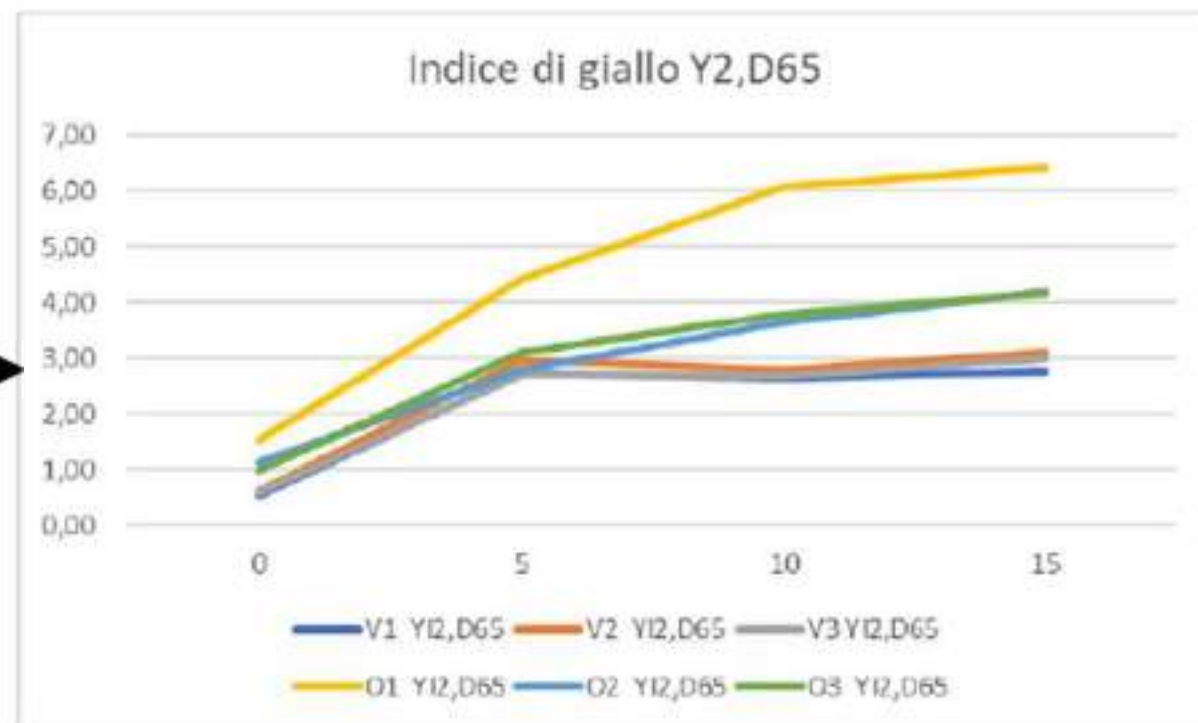


Risultati raggiunti secondo periodo

Risultati test di trasparenza e alterazione cromatica

- **Indice di giallo** (test usato per misurare il contenuto di additivi nei DPI che inducono distorsioni cromatiche):
 - post trattamenti UVC per 5,10 e 15 ore su
 - **3 occhiali**
 - **3 visiere**

I dati mostrano che gli **occhiali** risentono di un **degrado** cromatico progressivo dopo i trattamenti UVC; **il campione occhiale 1 (O1)** ha un indice superiore agli altri occhiali, (probabilmente contiene additivi anti UV in quantità maggiori).
Le **visiere** subiscono un degrado progressivo simile nelle prime **5 ore di esposizione e variano di poco con tempi di trattamento superiori** (più adeguate a frequenti riusi).



Risultati raggiunti secondo periodo

Risultati test di resistenza respiratoria e penetrazione

- Comparazione prestazioni FFP2 prima e dopo 150 minuti di trattamento UVC (circa 10 cicli)**

	Penetrazione con olio di paraffina		Inalazione 30 l/min		Inalazione 95 l/min		Esalazione 160 l/min	
Campione	NON TRATTATE	DOPO CICLO UV	NON TRATTATE	DOPO CICLO UV	NON TRATTATE	DOPO CICLO UV	NON TRATTATE	DOPO CICLO UV
1	0,65	3,23	0,49	0,5	1,63	1,67	2,47	2,72
2	0,85	1,83	0,53	0,5	1,81	1,69	2,71	2,74
3	0,67	0,92	0,53	0,5	1,8	1,76	2,67	2,76
4	0,28	1,1	0,5	0,43	1,76	1,55	2,53	2,49
Media	0,61	1,77	0,51	0,48	1,75	1,67	2,6	2,68

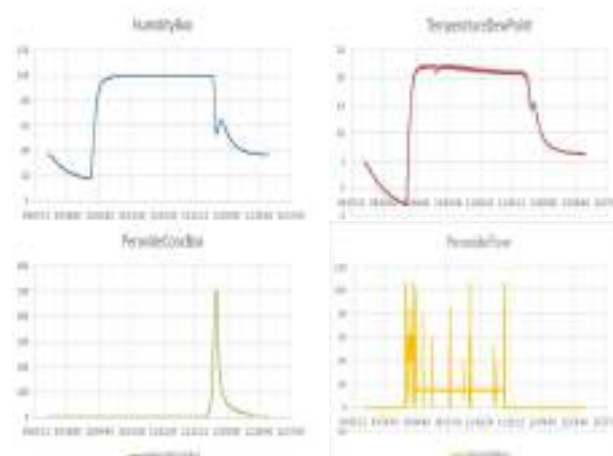


*Il trattamento alle radiazioni UVC comporta una **riduzione** della **capacità di filtrazione**, mentre la **resistenza alla respirazione** non viene sostanzialmente alterata.*

Principali risultati raggiunti in EcoDPI

Risultati del WP complessivi

- Realizzato impianto a vapori di perossido di idrogeno
- Ottimizzati i parametri di processo (sensori chimici, biologici, output sensori sistema)
- Validazione efficacia: protocollo test microbici e resistenza respiratoria/penetrazione (FFP2)



- Verificata applicabilità ad altri DPI (ottimizzazione parametri per trattamento camice)



Principali risultati raggiunti in EcoDPI

Risultati del WP complessivi

- *Realizzato impianto a radiazione UVC:*
 - *trattamento aria indoor*
 - *trattamento DPI (occhiali, visiere...)*



- *Validazione efficacia:*
 - *protocollo test microbici (test su FFP2 e visiere)*
 - *test resistenza respiratoria e penetrazione (FFP2)*
 - *test trasparenza ed alterazione cromatica (occhiali e visiere)*



Per informazioni

Domenico.Stocchi@ecor-international.com

oppure

GREEN TECH ITALY rete d'impresa

Coordinamento e project management

dott. Enrico Cancino

email: enrico.cancino@greentechitaly.com