



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE
FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Corso di laurea triennale in ingegneria Civile ed Ambientale

**PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE DI UNA CAMERA DI PROVA PER
MISURE A SCALA DI LABORATORIO DI EFFICENZA DEPURANTE NEI
CONFRONTI DI PARTICOLATO AERODISPERSO**

**DESIGN AND CONSTRUCTION OF A TEST CHAMBER FOR
LABORATORY SCALE MEASUREMENTS OF PURIFICATION
EFFICENCY AGAINST PARTICULATE METTER**

Relatrice:

Prof.ssa Ruello Maria Letizia

Tesi di laurea di:

Borraccini Gianna

A.A. 2022/2023

INDICE

INTRODUZIONE (studi e scopi)	4
1-PARTICOLATO	5
1.1 Effetti del particolato sulla salute	6
2- FILTRAZIONE ARIA	7
2.1 Metodo di filtrazione	8
2.2 Tipologia di filtri e normativa	10
2.3 Strumenti utilizzati nella prova	12
3- PROGETTO	14
3.1 Posizionamento e principali strutture camera di prova	14
3.2 Particolari strutture e materiali	15
3.3 Disegno AutoCAD e 3d camera di prova	16
4- RISULTATI	22
5- CONCLUSIONE	34
6- BIBLIOGRAFIA	35
7- RINGRAZIAMENTI	37

INTRODUZIONE

Lo scopo dell'attività del tirocinio svolta, e presentato in questa tesi, è stato quello di eseguire la progettazione e realizzazione di una camera di prova per misure a scala laboratorio di efficienza depurante nei confronti di particolato aerodisperso.

Più precisamente l'attività ha riguardato la preparazione della documentazione progettuale, la consultazione di aziende per la realizzazione effettiva della camera e la sperimentazione della stessa.

L'interesse di questo progetto sta nella possibilità di utilizzarlo come elemento per lo studio di varie tipologie di depuratori d'aria in base alle richieste che vengono poste.

Questo studio ha un'importanza relativa anche alla salute in quanto questi depuratori oggetto di studio nella camera progettata, hanno lo scopo di filtrazione del particolato aerodisperso, il quale essendo in grado di adsorbire gas e vapori tossici sulla superficie delle particelle, contribuisce ad aumentare le concentrazioni degli inquinanti gassosi con il rischio che raggiungano le zone più profonde del polmone, causando vari problemi di salute.

Per quanto riguarda il dimensionamento della camera è doveroso spiegare la “filosofia” alla base del progetto, per comprendere la procedura utilizzata.

Viene scelta la dimensione della camera basandosi sullo spazio a disposizione all'interno del laboratorio, in particolare prendendo come riferimento la canna fumaria presente in esso, rappresentando il luogo più adatto per il posizionamento della camera.

Vengono ipotizzate varie aperture per i vari strumenti che possono essere utilizzati durante le prove; quindi, vengono progettati anche elementi che presentano grande variabilità, che non vanno comunque a modificare la dimensione della camera che quindi rimane invariata.

Il risultato è una camera di prova ad elementi intercambiabili ovvero versatile che può essere utilizzata per vari casi di studio, con lo scopo di misurare l'efficienza depurante degli strumenti sottoposti a questo studio.

1 PARTICOLATO

Il particolato generalmente rappresenta l'insieme delle particelle presenti nell'atmosfera, che siano di derivazione naturale che antropica (ad es. fuliggine, processi di combustione, fonti naturali ed altro).

La composizione risulta pertanto molto varia (metalli pesanti, solfati, nitrati, ammonio, carbonio organico, idrocarburi aromatici policiclici, diossine/urani).

Infatti, l'atmosfera terrestre sia che si analizzino zone urbane sia che si analizzino zone remote, presenta un'elevata concentrazione di particelle.

Non è tanto il numero di particelle che conta quanto la loro dimensione caratteristica, che è molto variabile, vanno da dimensioni nano metriche alle centinaia di micron.

Per effettuare una trattazione più esaustiva possibile, si possono considerare diversi intervalli di dimensioni caratteristiche:

- 2-100 μm : questo intervallo corrisponde al particolato grossolano
- 0,08-2 μm : questo intervallo è caratterizzato dal particolato fine.

Il particolato fine tende a permanere in atmosfera e, fino a quando viene rimosso dalla pioggia, influenza in modo profondo gli equilibri chimici dell'atmosfera stessa.

- 10-80 nm: le particelle che appartengono a questo range dimensionale formano il particolato ultra fine.

Sono proprio queste particelle che, mediante fenomeni di condensazione, accrescono le loro dimensioni e contribuiscono alla creazione dell'intervallo di accumulazione.

- 4<10 nm: una serie di nuvole tecniche sperimentali permette di analizzare ordini di grandezza sempre più piccoli, e di andare al di sotto dei 10 nm.

Le particelle di dimensioni inferiori a questo valore numerico, costituite principalmente da carbonio organico, appartengono all'intervallo definito di enucleazione.

1.1 Effetti del particolato sulla salute

Gli effetti sulla salute del particolato sono notevoli.

Alcuni studi hanno messo in evidenza in particolar modo, come le conseguenze più significative siano correlabili alle particelle di dimensioni inferiori.

L'apparato maggiormente colpito da questa categoria è quello respiratorio.

La dimensione della particella influenza in modo notevole il loro grado di penetrazione nelle vie respiratorie.

Inoltre, l'esposizione prolungata nel tempo a particolato, già a partire da basse dosi, è associata all'incremento di mortalità per malattie respiratorie e di patologie quali bronchiti croniche, asma e riduzione della funzionalità respiratoria.

L'esposizione cronica, inoltre, è verosimilmente associata ad un incremento di rischio di tumore delle vie respiratorie.

Il cancro è stato associato in particolare con l'esposizione a particolato più fine; la fuliggine ha infatti proprietà cancerogene e numerosi idrocarburi aromatici policiclici, alcuni dei quali cancerogeni, sono assorbiti sul particolato fine che viene inalato profondamente nei polmoni.

In particolar modo quelle con dimensioni superiori a 1 μm risultano facilmente intercettate e depositate nel naso e nella gola.

Quelle comprese tra 1 e 100 μm possono arrivare fino ai bronchioli.

Per dimensioni ancora inferiori la situazione diventa più problematica.

2. FILTRAZIONE ARIA

La separazione di particelle sospese dal gas è uno dei principali problemi tecnici e scientifici dell'era industriale.

Nonostante una piccola parte di gas sia di origine naturale, il crescente problema dell'inquinamento atmosferico è dovuto all'attività antropica e per la maggiore densità di industrie tende a concentrarsi in corrispondenza dei centri urbani.

La sempre maggiore attenzione al problema ha comportato l'obbligo da parte dei produttori di munirsi di dispositivi in grado di ridurre le emissioni in loco.

Già nel XIX secolo alcuni apparati di abbattimento assimilabili agli odierni filtri erano in funzione, tipicamente nelle caldaie a carbone dove l'inquinamento era tale da causare la morte di numerosi lavoratori.

Nel tempo la tecnologia sempre più avanzata e raffinata ha portato alla realizzazione di numerose tipologie di filtri in grado di depurare l'aria da particelle e gas con efficienze di cattura oltre il 90%.

Tuttavia, la crescita esponenziale delle aree industriali e la delocalizzazione delle fonti inquinanti, un esempio tra tutti i mezzi di trasporto, hanno comportato un aumento della concentrazione di polveri e agenti inquinanti nell'aria, in alcuni casi tali da renderla pericolosa per la salute umana anche all'interno degli edifici civili dove un importante ricambio d'aria non era effettuabile.

Per l'elevata efficienza, tali filtri si sono perciò rilevati adatti non solo a limitare i livelli di inquinamento filtrando l'aria espulsa nei siti produttivi, ma anche eliminando particelle inquinanti dall'aria immessa in edifici residenziali o altre strutture ad uso civile.

La filtrazione può avvenire attraverso vari meccanismi, dei quali si fa una breve panoramica nella sezione successiva.

2.1 Metodi di filtrazione

Nello svolgimento di diversi esperimenti di filtrazione vengono precisati gli aspetti più importanti da tenere in considerazione, ovvero: i tempi di sperimentazione, i materiali della camera, le sostanze, il metodo utilizzato per la formazione della fonte inquinante, il metodo di filtrazione e i risultati ottenuti.

Metodi di filtrazione:

- Meccanismo a setaccio: le particelle solide sospese nell'aria aventi diametro maggiore della distanza tra le maglie vengono arrestate, proprio come attraverso un setaccio.

Questo meccanismo è efficace per particelle grossolane e fibre; in questo modo lavorano i filtri a pannello, contraddistinti da ridotti valori di separazione percentuale.

- Meccanismo di inerzia o collisione: l'adesione delle particelle avviene per effetto della viscosità degli olii e degli altri agenti con cui le maglie sono trattate.

L'efficacia di questo meccanismo aumenta con la velocità dell'aria, il diametro delle particelle e con il ridursi del diametro delle fibre del filtro; è utilizzato nei filtri a pannello a superficie viscosa, caratterizzati da ridotti o medi valori di separazione percentuale.

- Meccanismo di intercettazione: se la traiettoria delle particelle passa a una distanza dalla maglia inferiore al raggio delle particelle esse si fisseranno per forze elementari di attrazione elettrostatica.

L'efficacia del meccanismo aumenta con l'aumentare del diametro delle particelle, con il diminuire del diametro delle fibre e delle distanze tra le fibre; lavorano su questo principio i filtri fini a medio/alto rendimento.

- Meccanismo di diffusione: le particelle più minute, con diametri inferiori al micron, subiscono un numero enorme di urti da parte delle molecole d'aria e aumenta così la probabilità di incontrare le fibre del filtro, cui aderiscono anche in questo caso per forze elettriche elementari.

L'efficienza del metodo aumenta con il diminuire del diametro delle particelle e delle fibre e con il ridursi della velocità dell'aria; è utilizzato nei filtri con rendimenti di filtrazione molto elevati.

- Meccanismo di azione elettrostatica: il flusso d'aria attraversa un intenso campo elettrico che determina la produzione di ioni positivi (molecole di ossigeno/azoto a cui sono stati strappati uno o più elettroni) ed urtando contro le particelle di polveri, trasferiscono loro la carica positiva.

All'uscita della sezione ionizzante il flusso d'aria attraversa una sezione soggetta a un campo elettrico più debole e la raccolta delle particelle avviene su piastre caricate negativamente.

Il metodo presenta rendimenti elevati ed è particolarmente indicato per particelle di diametro ridotto.

2.2 Tipologia di filtri e normative

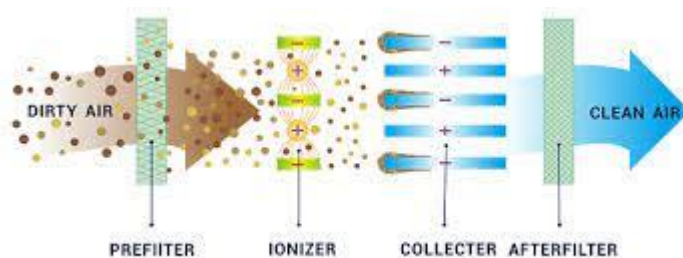
I dispositivi utilizzati per la rimozione di particolato aerodisperso, possono essere di diverse tipologie, tre le principali studiate in questo caso si possono distinguere principalmente in rimozione di VOC (composto organico volatile) o di particolato, per quanto riguarda quest'ultimo che è appunto l'oggetto di studio di questa tesi, può essere rimosso attraverso l'utilizzo di ESP (precipitatore elettrostatico), filtrazione meccanica, o con la combinazione di entrambe.

- Precipitatore elettrostatico (ESP): Agiscono sottoponendo i fumi ad un campo elettrico molto intenso. Sono utilizzati per la purificazione dell'aria poiché non presentano problemi di degradazione e non devono essere sostituiti periodicamente.

Presentano efficienze elevate e consumi molto ridotti: motivo principale di queste caratteristiche è l'applicazione delle forze di separazione direttamente sulle particelle anziché sull'intero flusso d'aria come avviene nei metodi di filtrazione di natura meccanica.

Tuttavia, presentano la generazione di ozono che è considerato uno degli inconvenienti più gravi.

Solo regolati dalla norma UNI 10830:1999 che definisce i criteri generali per la progettazione, il collaudo, l'impiego e la manutenzione dei precipitatori elettrostatici per la depurazione dell'aria e dei gas di scarico industriali.



- Filtrazione meccanica: I filtri antiparticolato ad alta efficienza (HEPA) sono una tecnologia efficace per migliorare la rimozione del PM.

Per essere definito tale, un filtro HEPA deve essere in grado di rimuovere il 99,97% delle particelle maggiori o uguali a 0,3 μ m.

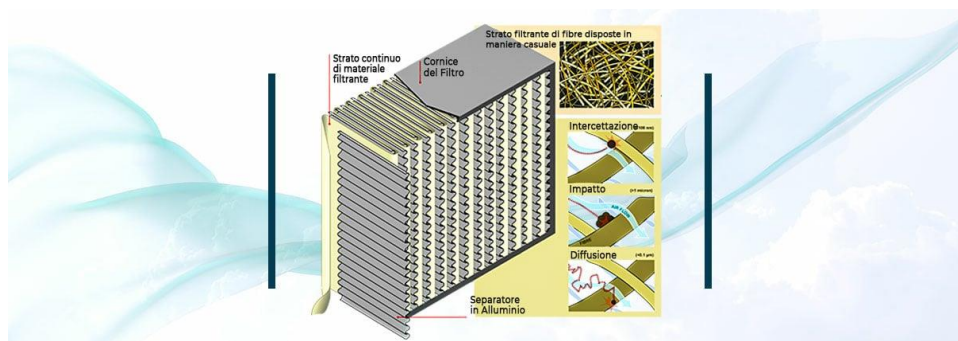
In un purificatore d'aria HEPA (AP), l'aria viene forzata e le particelle vengono catturate fisicamente.

I quattro meccanismi chiave attraverso i quali le particelle vengono catturate sono la diffusione, l'intercettazione, l'urto inerziale e la setacciatura.

La diffusione provoca la rimozione delle particelle più piccole, mentre i processi di intercettazione, impatto inerziale e setacciatura sono più efficaci nel rimuovere le particelle più grandi.

Sono regolati dalla norma EN1822, essa stabilisce un procedimento per la determinazione dell'efficienza sulla base di un metodo di conteggio delle particelle per mezzo di un aerosol liquido (o in alternativa solido) di prova e permette di classificare questi filtri, in modo normalizzato, in funzione della loro efficienza.

EN1822	
FILTRI HEPA	EFFICIENZA%
H10	85
H11	95
H12	99,5
H13	99,95
H14	99,995



2.3 Strumenti utilizzati nella prova

L'idea della camera è associata all'utilizzo e allo studio di vari strumenti che ne determinano la sua funzionalità, a partire dalla presenza di un nebulizzatore al suo interno per avere la dispersione di batteri in quanto la stessa filtrazione, oltre che alla depurazione dell'aria dal particolato, sarà destinata anche a quella dei virus e batteri stessi; la presenza di una candela per avere la produzione di particolato di diverse dimensioni e un ingresso per l'aria circostante.

È prevista inoltre la presenza di un sistema di ventilazione che può essere continuo o funzionare solo per il tempo necessario alla miscela degli inquinanti, con lo scopo di uniformare l'ambiente all'interno della camera.

Avviene poi la filtrazione e la misurazione, che anch'essa può essere continua quando lo stesso sistema di ventilazione lo è, oppure effettuare la misura solo dopo che sia avvenuta la miscelazione degli inquinanti e quindi a ventilazione spenta.

Uno strumento utilizzato a questo scopo è il S.A.S ("statistical analysis sistem"), per il campionamento dell'aria indoor.

È un complesso di prodotti software integrati, assume una struttura di file predefinita e lascia al sistema operativo l'identificazione dei file.

Consente un campionamento continuo o sequenziale da pochi minuti a molte ore.

I dati possono essere conservati sullo stesso strumento o su qualsiasi pc remoto.

Il suddetto strumento verrà posizionato però all'interno della cella e per questo, la stessa deve essere provvista uno sportello di adeguate dimensioni, che ne permette l'inserimento.



Un altro elemento da aggiungere all'interno della cella è una lampada UV che permette l'eliminazione di batteri e pertanto avere una camera sterile.

3 PROGETTO

Il presente lavoro di tesi come riportato in introduzione si basa sulla “progettazione e realizzazione di una camera di prova per misure a scala di laboratorio di efficienza depurante nei confronti di particolato aerodisperso”.

Nello specifico si concentra sull'individuazione delle geometrie, delle misure, dei materiali da utilizzare per la creazione della cella adibita poi allo studio della depurazione dell'aria tramite una variabilità di strumenti; quindi quest'ultima deve risultare una camera versatile che sia utilizzabile per diversi casi studio.

3.1 Posizionamento e principali strutture camera di prova

Viene progettata in primo luogo facendo riferimento agli spazi disponibili in laboratorio per il suo utilizzo, proprio per questo motivo lo studio avviene basandoci sulla presenza di una cappa che oltre a permetterci di avere uno spazio utilizzabile ci dà una maggiore sicurezza per l'aspirazione degli eventuali rifiuti.

Attraverso delle misurazioni dello spazio a disposizione abbiamo definito le dimensioni della struttura della cella di prova, che saranno di 165cm in lunghezza 80cm in altezza e 50cm in profondità, per un volume totale di 660cm^3 .

Sulla facciata frontale è prevista un'apertura che permetterà alla camera di essere definita versatile in quanto ci sarà apposto uno sportello intercambiabile che varierà in base agli strumenti sottoposti a studio e che quindi devono essere posizionati all'interno della camera.

3.2 Particolari struttura e materiali

La camera deve essere chiusa ermeticamente in quanto la prova non deve essere influenzata dall'esterno né compromettere l'ambiente dove opera.

Si sono effettuate ipotesi per la chiusura della cella; la chiusura a bulloni, la chiusura a saldatura e la piegatura delle lamiere d'acciaio, ma proprio per avere un maggiore isolamento dello studio si è optato per quest'ultima.

Per questo motivo il materiale più adatto alla sua realizzazione è rappresentato dall'acciaio inox 304 e che quindi costituirà tutte le facciate della camera ad eccezione di quella frontale, con uno spessore di 2mm.

Verrà utilizzato con il sistema di piegatura e di saldatura per la chiusura dei lati che lo richiedono, ovvero tutti ad esclusione di quello anteriore.

Tornando alla facciata frontale, questa sarà costituita da polycarbonato, per uno spessore di 8mm, che oltre ad essere un materiale molto resistente ci permette di osservare all'interno della cella e seguire quindi gli studi.

Questa facciata sarà apribile per permettere il posizionamento degli strumenti all'interno della cella, per il fissaggio di quest'ultimo vengono previsti 16 fori di diametro 6 mm filettati M6.

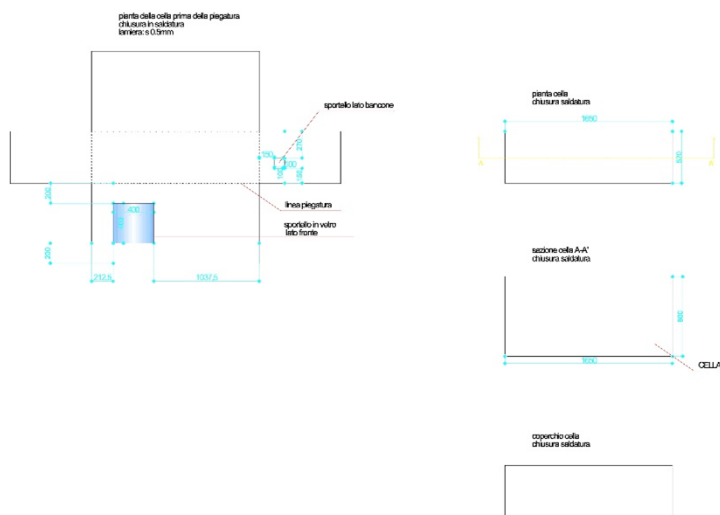
Sullo stesso pannello sarà previsto uno sportello intercambiabile sempre di polycarbonato ma di spessore di 5mm di dimensioni 10cm*10cm nel quale prevedere dei fori che ci permettano il passaggio di fili dei vari strumenti utilizzati ed essendo appunto intercambiabile permette alla camera di essere versatile. Avvitato con una cornice a battuta, nella quale vengono previsti 6 fori diametro 5 mm filettati M6.

Sullo sportellino vengono previsti sempre 6 fori diametro 6 mm.

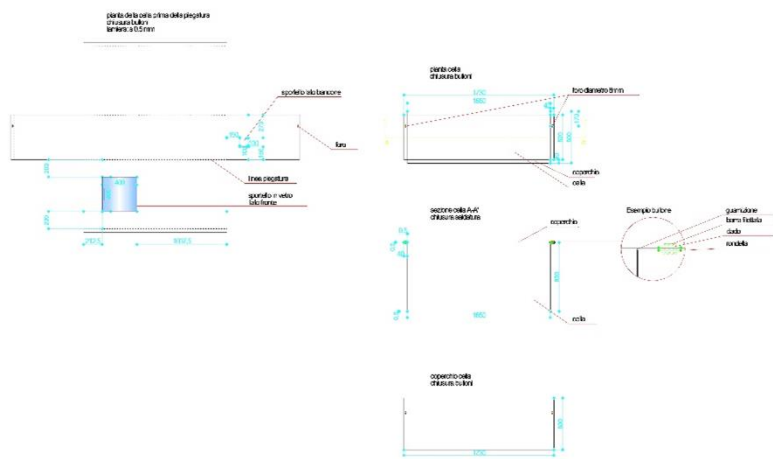
La parte perimetrale della camera sarà sostenuta dalla presenza di angolari 20mm*20mm, utilizzati anche per fissare il pannello in polycarbonato al resto della struttura.

3.3 Disegni AutoCAD e 3D

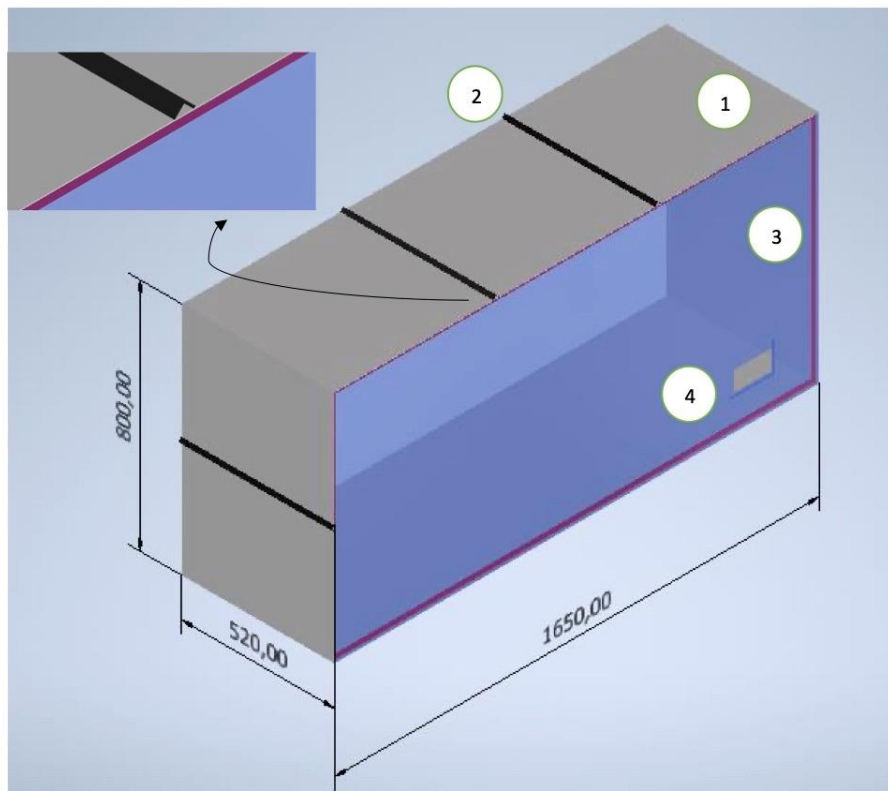
CASO CONSOLIDATURA



CASO CONSOLIDAZIONE

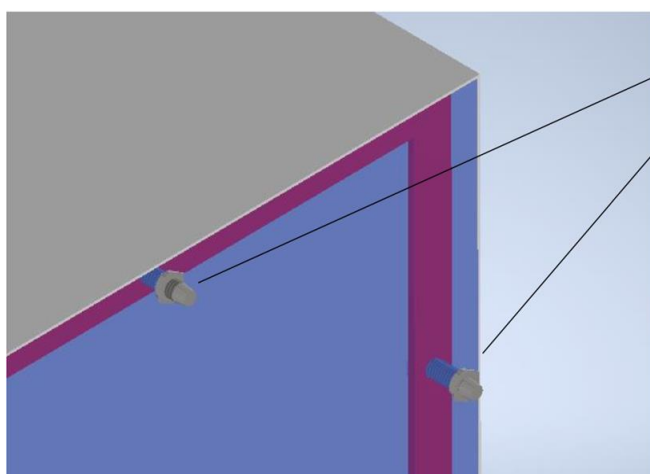


CAMERA DI PROVA



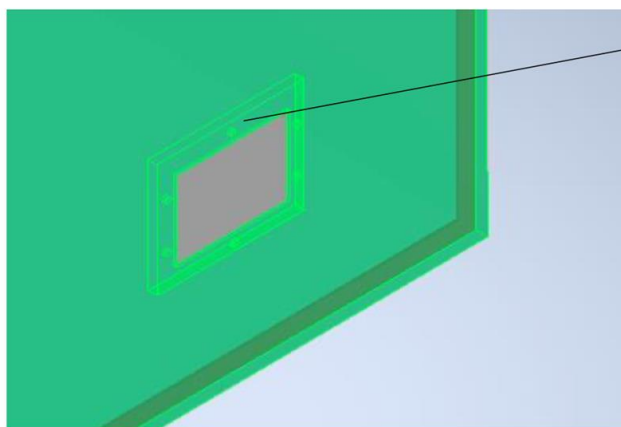
Legenda:

1. Camera di prova in acciaio inox, realizzata attraverso piegatura di un foglio di lamiera di spessore 1 mm; la camera deve risultare chiusa ermeticamente; (vedi dettaglio (1)).
2. Angolare di rinforzo 15x15 (mm), (tot.4, uno sulla parete di sinistra, uno sulla parete di destra, due nella parete in alto);
3. lato camera realizzato in Policarbonato di spessore 10mm, avvitato attraverso 16 viti M6 (vedi dettaglio (2)) ad una cornice “a battuta”; cornice realizzata attraverso angolari 20x20 (mm), saldati alle pareti della camera;
4. sportello in Policarbonato intercambiabile di spessore 5 mm (vedi dettaglio (3)), avvitato da ad una cornice “a battuta” attraverso 6 viti M6;



n. 16 fori ϕ 6 filettati M6, saldati sulla cornice. Il pannello viene chiuso avvitando una "manopola" sulla vite.
(Vedere "Dettaglio vite ④")

Il pannello viene chiuso avvitando una manopola sulla vite (vedere dettaglio 4).



- Sulla cornice a battuta: n. 6 fori ϕ 5 filettati M6
- Sullo sportello (spessore 5 mm): n.6 fori ϕ 6

(vedi dettaglio "Sportello intercambiabile ③").

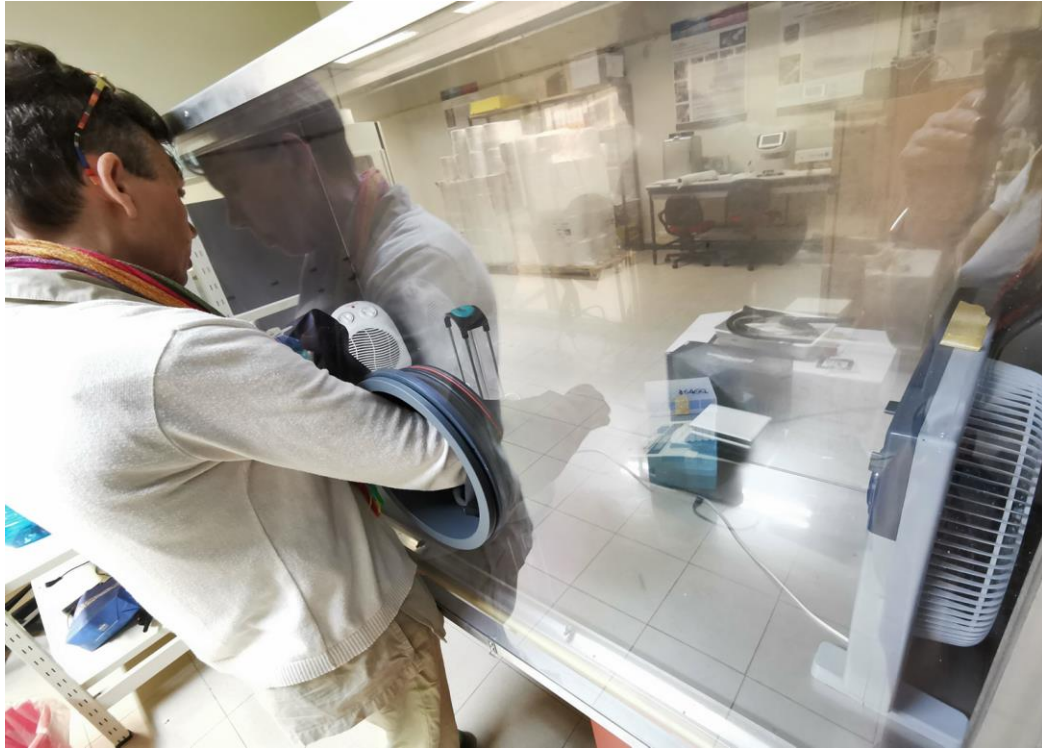
Tutta la struttura della camera studiata viene infine fatta realizzare dalla ditta ASG S.r.l., dopo un prima preventivo.

Un'azienda che si occupa appunto della lavorazione di polycarbonato, acciaio e che ha realizzato le apposite aperture previste e studiate per la camera, con le relative guarnizioni.

Camera attuale:







4-Risultati

I risultati proposti dalla parte sperimentale di questo studio riguardano la rimozione del particolato attraverso la prova in una camera di dimensioni 2,5*3 (15m³), con la presenza al suo interno di due ventilatori per garantire l'uniformità dell'ambiente.



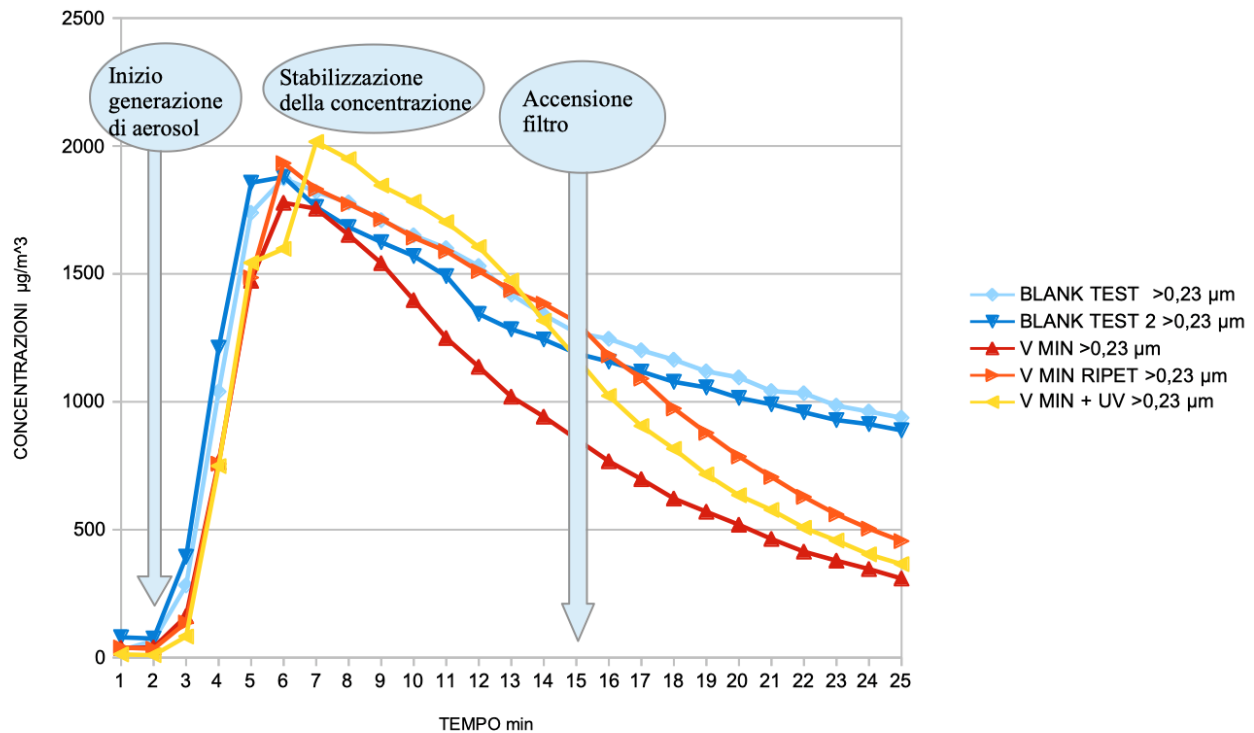
Configurazioni testate:

BLANK	Bipolare+UV		UV		BIPOLARE	
	Vel.bassa	Vel.alta	Vel.bassa	Vel.alta	Vel.bassa	Vel.alta

Blank test: generazione di particolato che si interrompe una volta raggiunto il valore di 1800-1600 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, a quel punto si interrompe la generazione e si monitora il decadimento naturale.

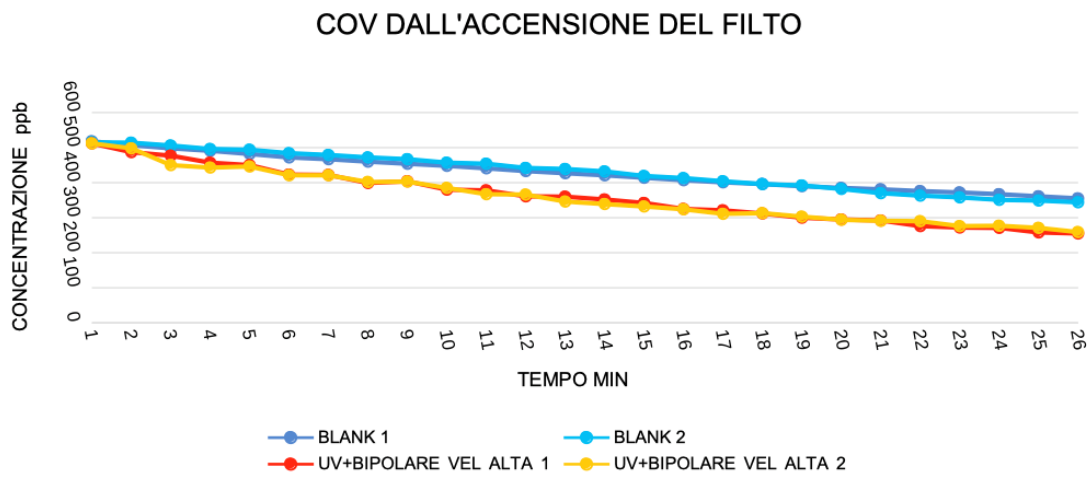
Quando presente il sistema filtrante, questo viene acceso circa 5 minuti dopo l'arresto della generazione, così da garantire delle condizioni omogenee all'interno della camera di prova.

L'efficienza di rimozione è calcolata come la differenza tra la concentrazione rilevata (PM2 o PM10) al momento dell'accensione del sistema filtrante (t_0) e dopo 15 minuti dal suo funzionamento. Al dato ottenuto è stato sottratto il decadimento naturale delle concentrazioni di particolato.

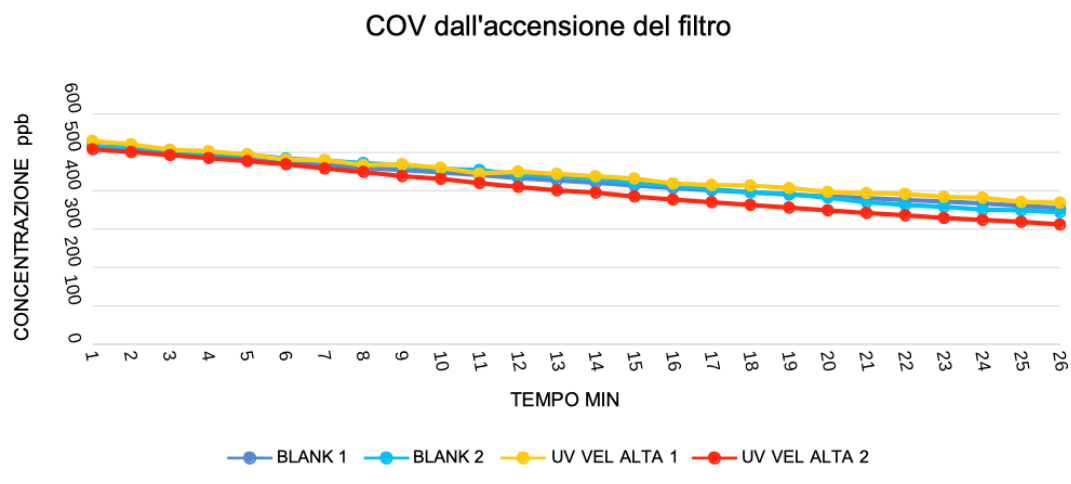


Nella camera utilizzata per la sperimentazione effettuiamo la misurazione di cov (composto organico volatile), nelle condizioni indicate dalla precedente tabella e riportando i relativi dati in grafici.

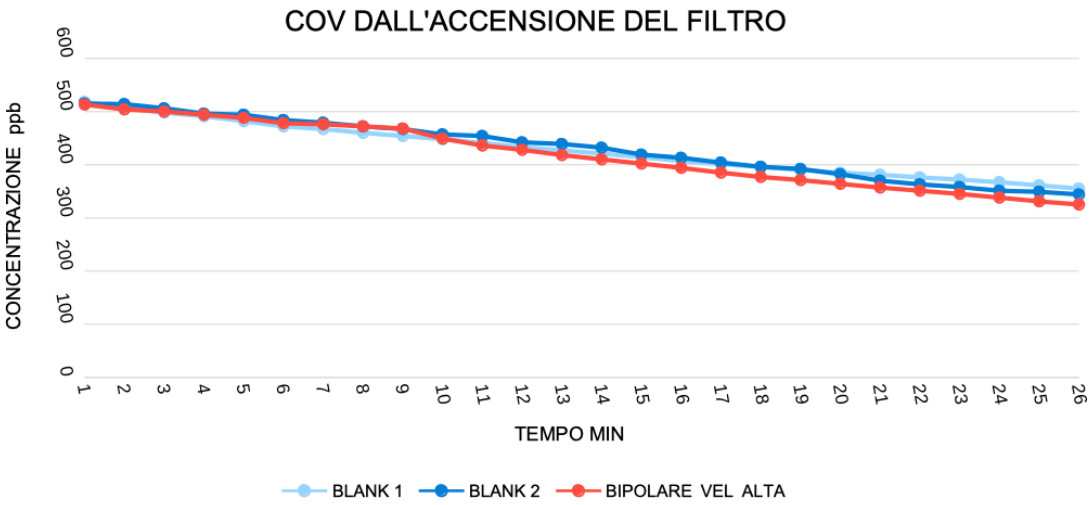
Avremo quindi per velocità alta:
uv+ bipolare:



uv:

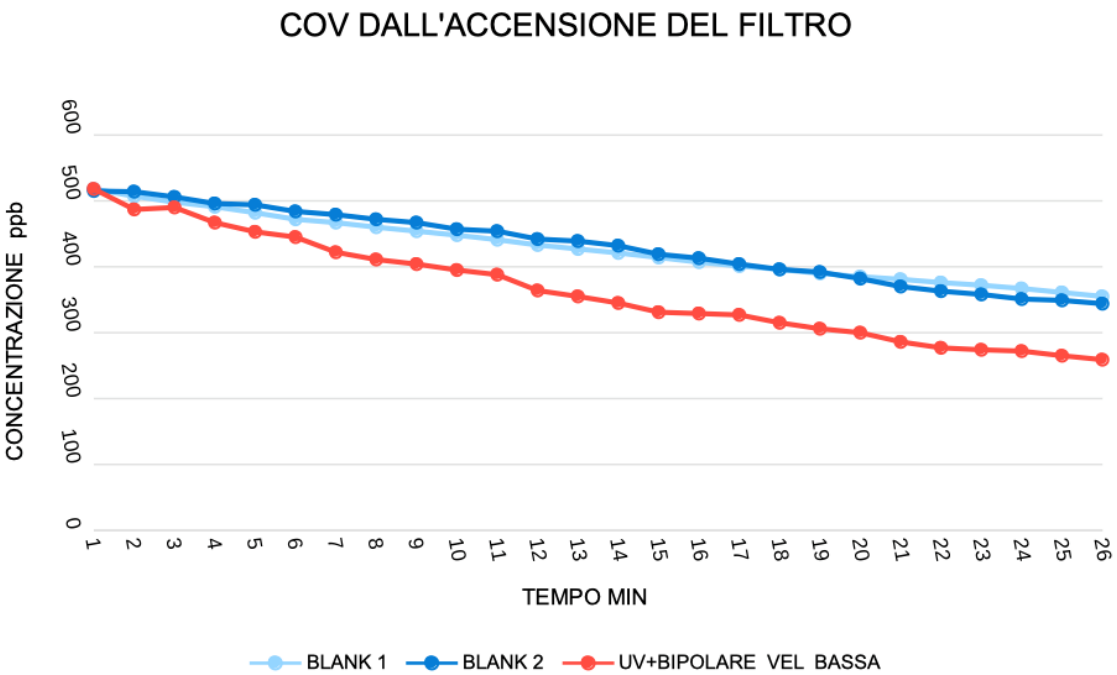


Bipolare:

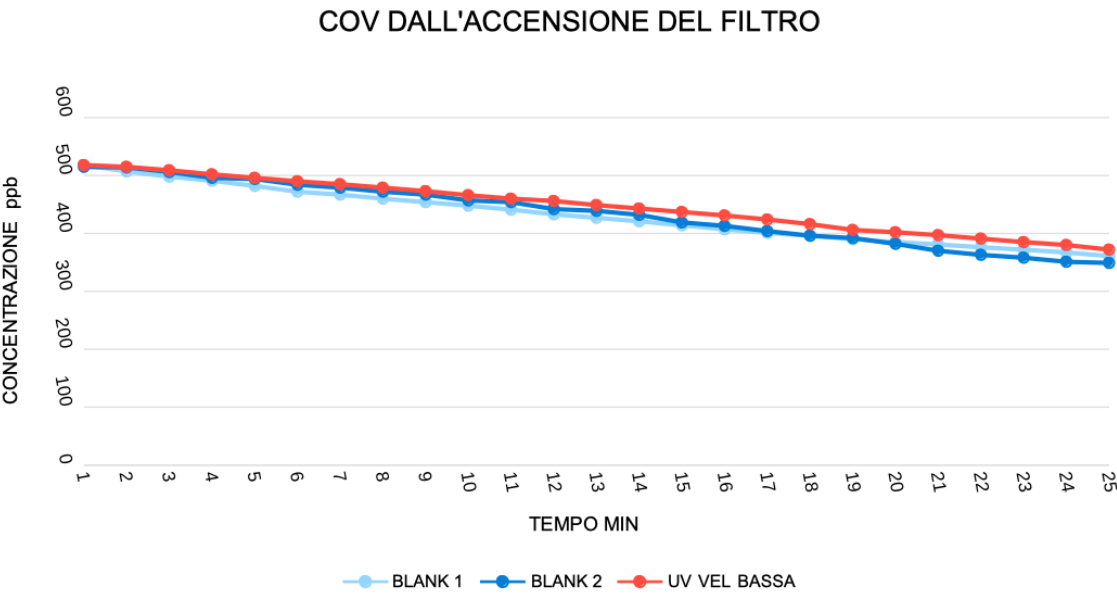


Per la velocità bassa:

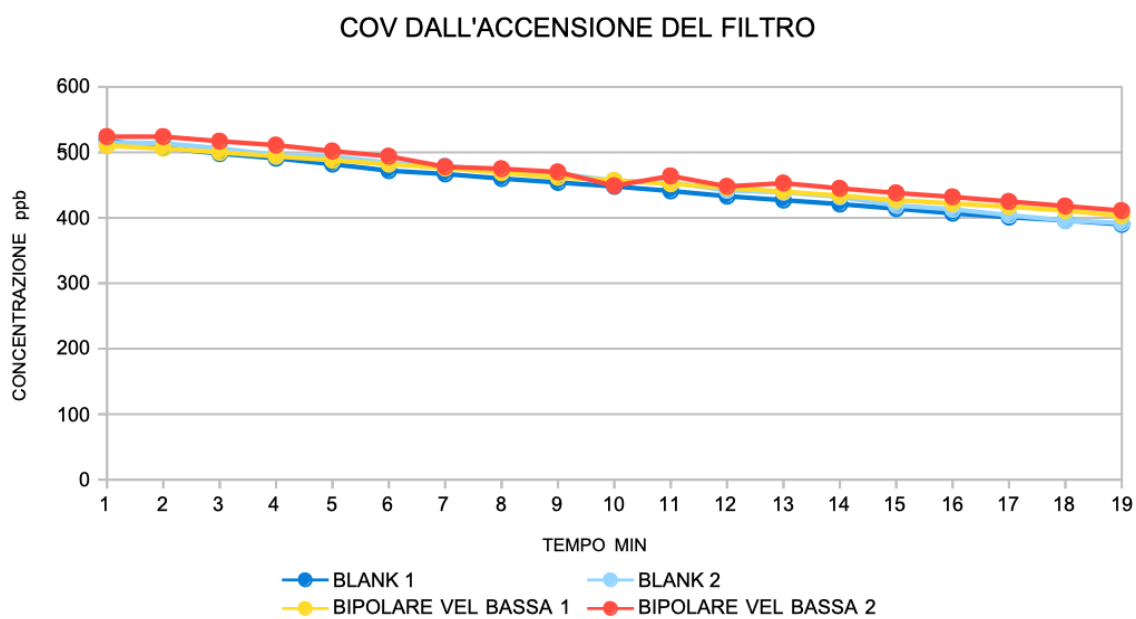
uv + bipolare:



uv :



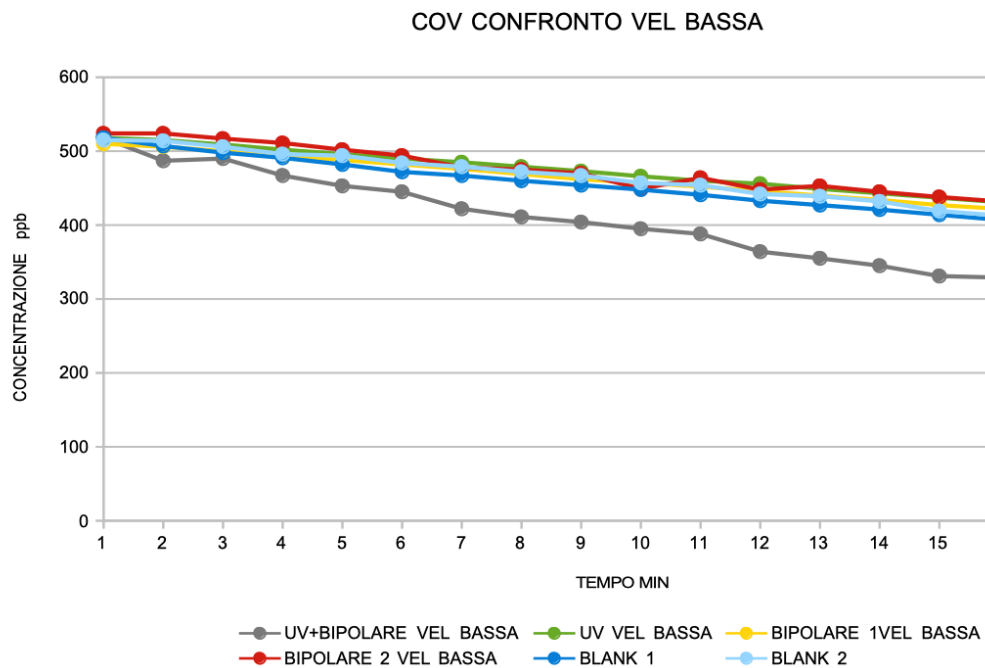
Bipolare:



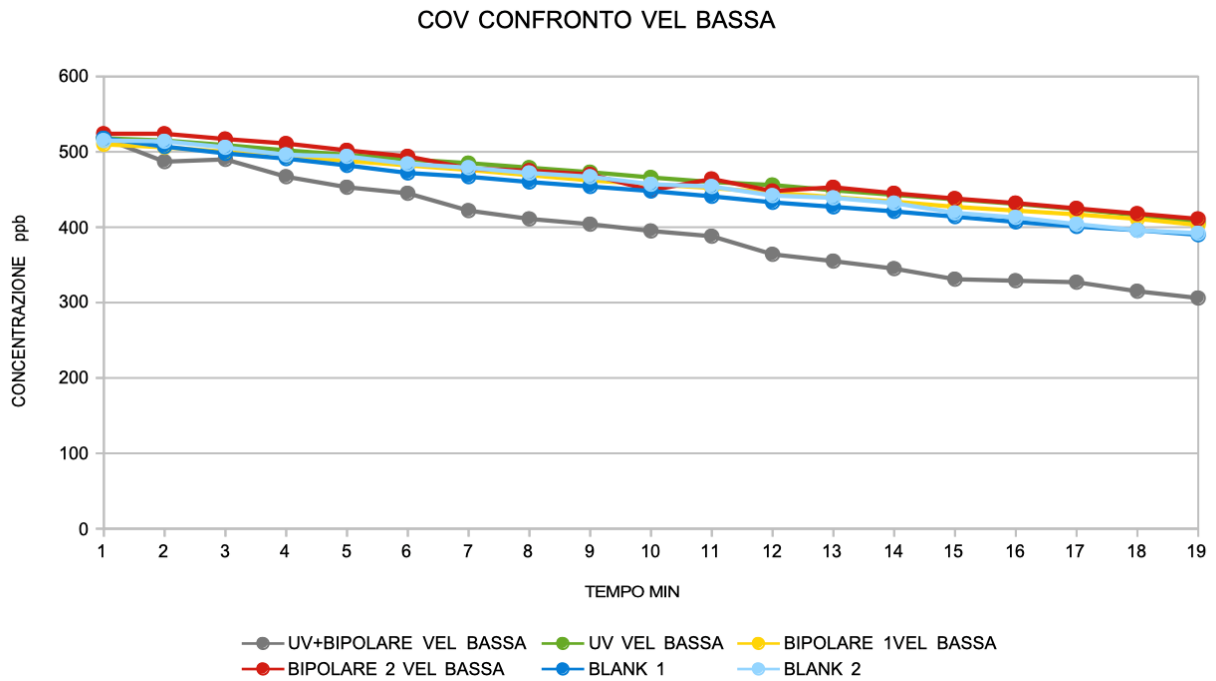
Dei precedenti dati è possibile definire la percentuale di rimozione dopo 15 minuti.

REMOVAL% 15 MIN							
	BLANK 1	Bipolare+UV		UV		BIPOLARE	
		<u>Vel.bassa</u>	<u>Vel.alta</u>	<u>Vel.bassa</u>	<u>Vel.alta</u>	<u>Vel.bassa</u>	<u>Vel.alta</u>
TEST1	31,45%	36,86%	39,44%	17,43%	22,17%	16,44%	30,20%
TEST2	21,73%	x	35,63%	x	29,80%	16,98%	x

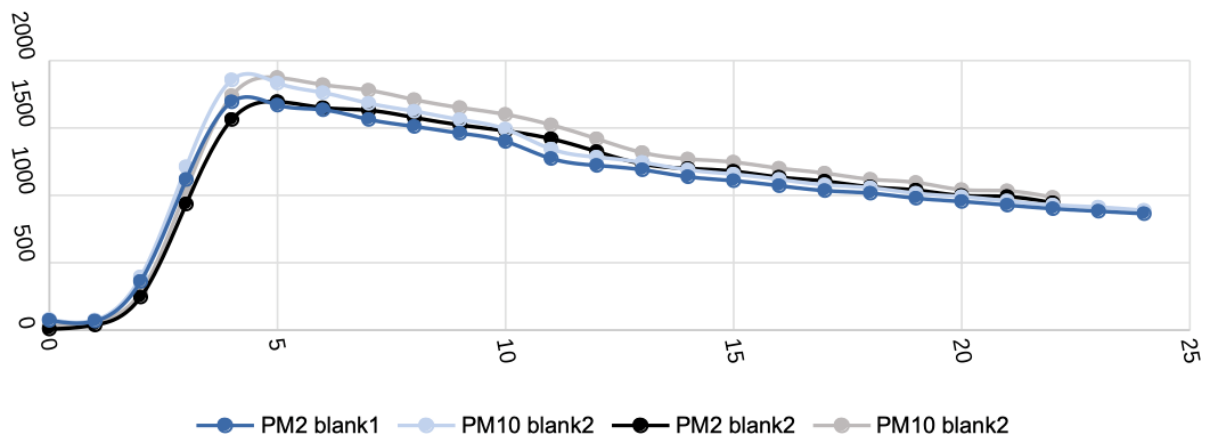
Confrontando i dati di tutte le misurazioni relative alla velocità bassa avremo:



Allo stesso modo confrontando le misurazioni a velocità alta otteniamo:



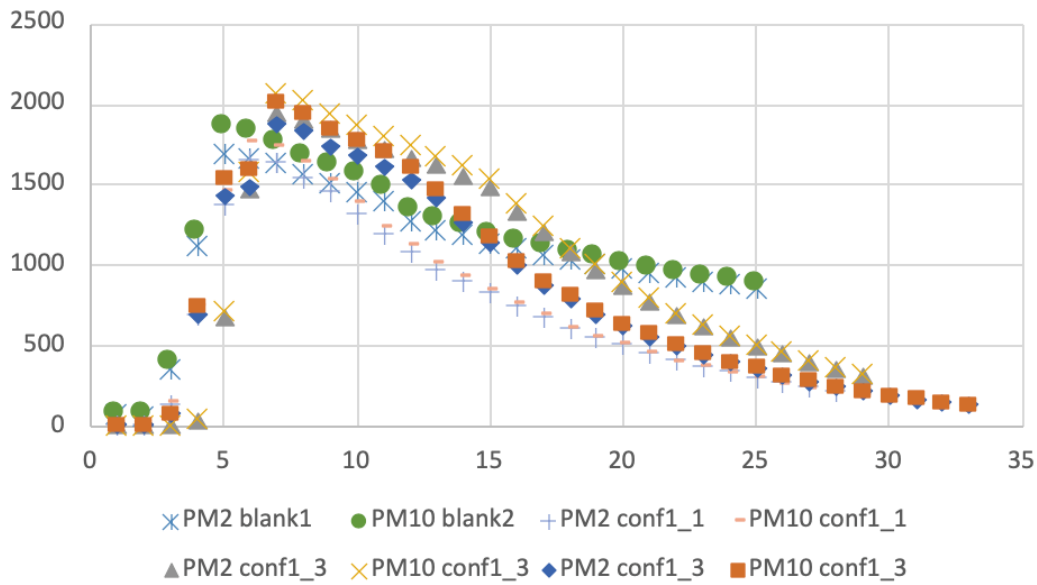
Proseguiamo poi con la misurazione del particolato salino (NaCl) partendo dalle misurazioni in Blank:



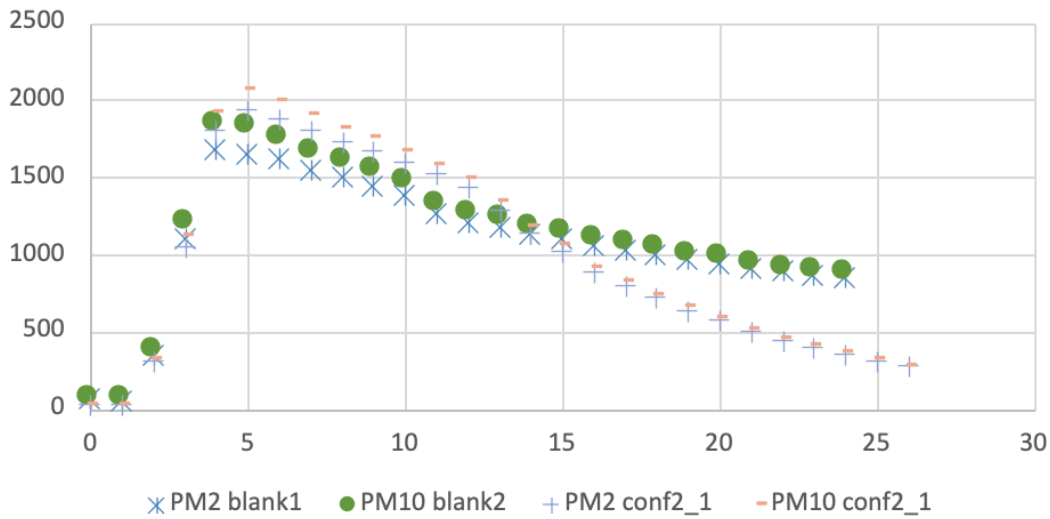
Proseguendo poi rilevando dati nelle 3 configurazioni (uv + bipolare, uv, bipolare) sia a velocità alta che a velocità bassa.

Quindi avremo per velocità bassa:

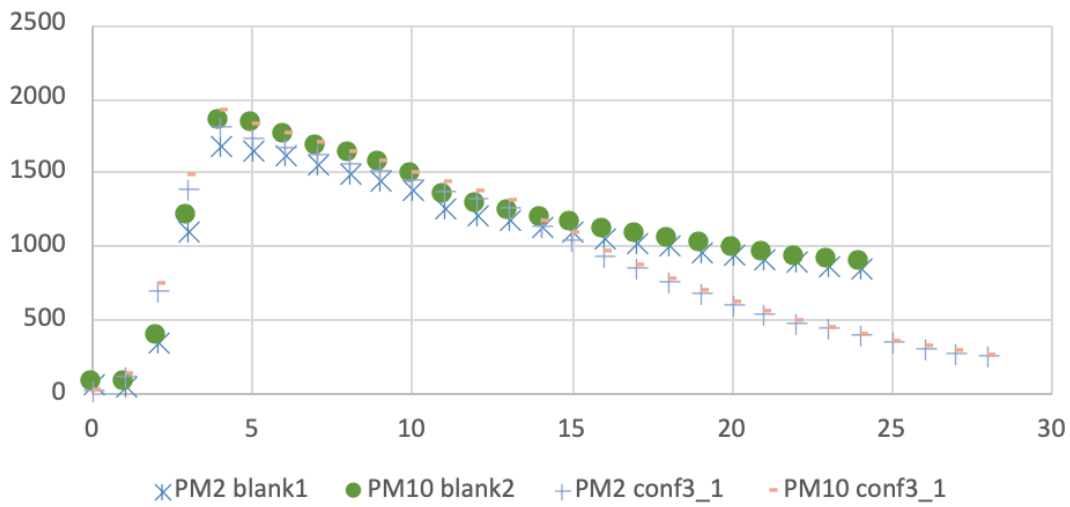
Uv + bipolare:



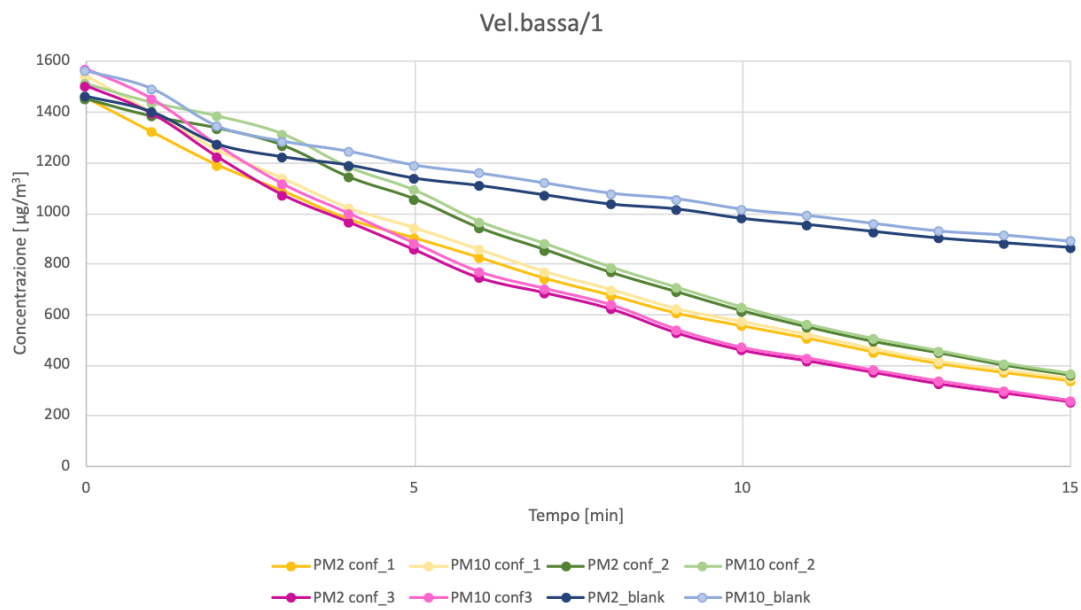
Uv :

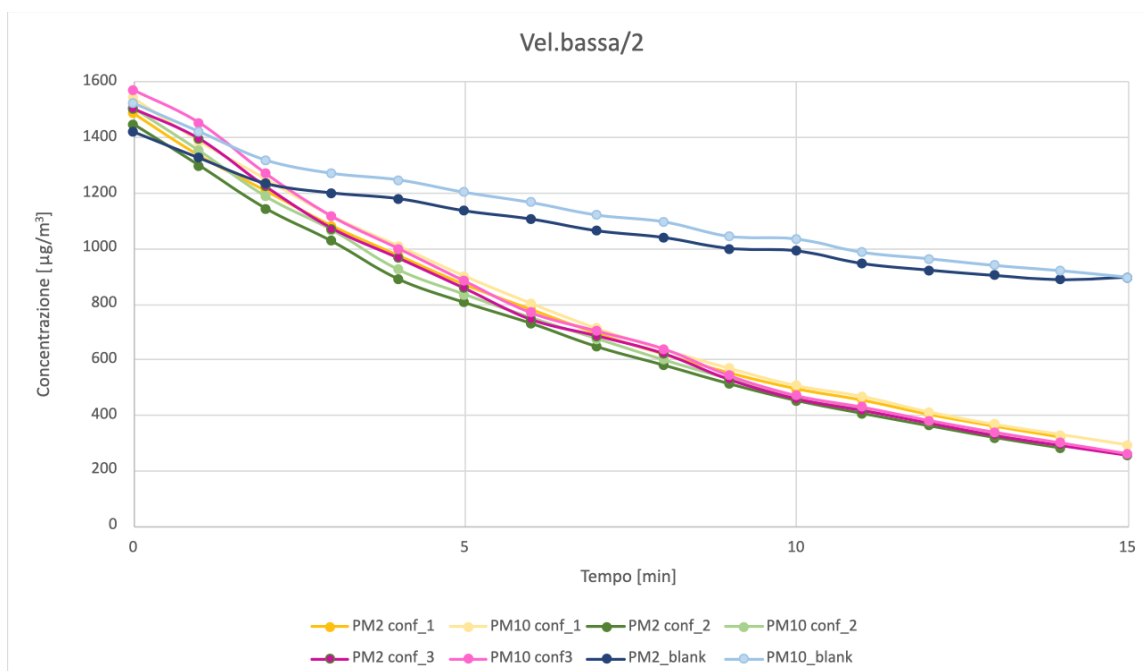


Bipolare:

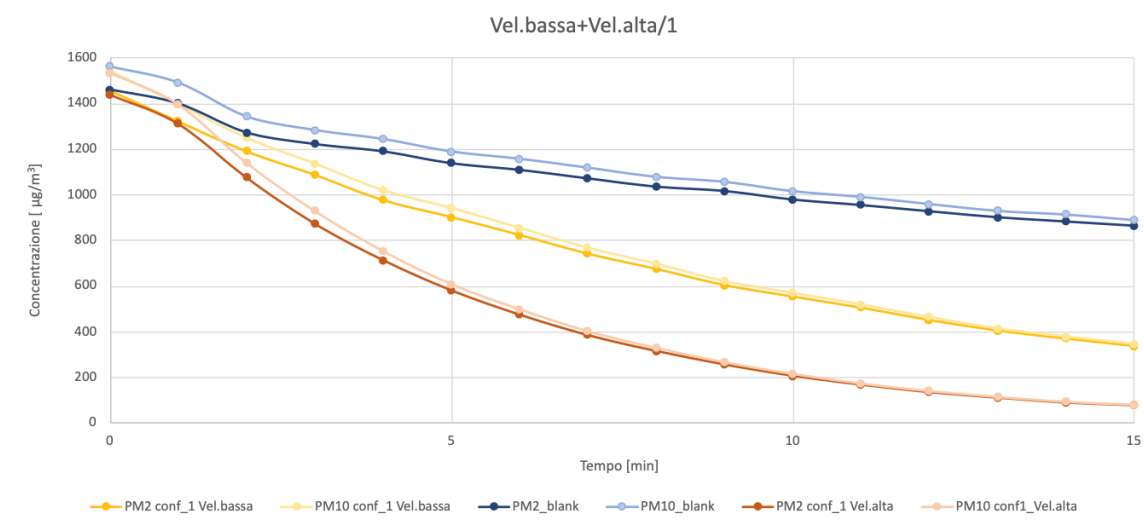


Riportando nello stesso grafico i dati relativi alle 3 configurazioni a velocità bassa otteniamo:





Confrontando velocità alta e bassa otteniamo:



Ottenendo una rimozione del tipo:

% REMOVAL AFTER 15 min							
	BLANK	Bipolare+UV		UV		BIPOLORE	
		Vel.bassa	Vel.alta	Vel.bassa	Vel.alta	Vel.bassa	Vel.alta
PM2/TEST1	42,86%	78,24%	94,86%	81,66%	x	83,95%	x
PM2/TEST2	39,22%	81,75%	94,92%	x	x	x	x
PM10/TEST1	45,26%	79,03%	95,10%	81,88%	x	84,37%	x
PM10/TEST2	43,73%	81,96%	95,20%	x	x	x	x

5-Conclusione

Si sottolinea con questo progetto l'importanza della depurazione dell'aria dal particolato anche sotto l'aspetto salutare.

Studiati i rischi e le varie problematiche a cui può portare l'aspirazione di particelle, si affronta attraverso la fase di sperimentazione, la filtrazione di queste, studiando quello che è "l'air indoor quality", un argomento che assume estrema importanza soprattutto con l'incremento dell'inquinamento e valutando il fatto che è sempre maggiore il periodo di tempo che si trascorre in spazi chiusi, aumentando l'importanza della necessità dei sistemi di depurazioni.

Durante la progettazione si sono studiati vari aspetti che condizionano la camera.

Il primo è stato quello di avere un ambiente sicuro ovvero, che oltre a garantire funzionalità sotto l'aspetto sperimentale non comporti conseguenze a livello di salute; per questo la camera è stata posizionata sotto la cappa del laboratorio e le chiusure della camera sono state studiate per creare un ambiente che rimanga isolato.

Con i vari studi e confrontandoci anche con la ditta realizzatrice dell'oggetto di studio la soluzione scelta è stata quella di una chiusura tramite acciaio inox pressato e saldato per ricreare i diversi angoli della camera, insieme all'utilizzo di guarnizioni adatte a poter garantire il corretto isolamento dell'ambiente anche nella aperture destinate a rendere tale oggetto versatile; eliminando quindi l'opzione di poter utilizzare bulloni per fissare i diversi lati della camera.

Un'altro passaggio importante è stato quello delle misure effettive della progettazione per le quali ci siamo basati in primo luogo sul posizionamento della cella, ovvero come detto prima, sotto la cappa del laboratorio. Poi abbiamo valutato anche il fattore del peso e in base a queste considerazioni siamo arrivati ad avere una grandezza di 165*80*50, utilizzando acciaio inox e plexiglas.

Si è quindi arrivati alla conclusione con la funzionalità della camera di prova per misurare l'efficienza depurante sia nei confronti del particolato, che nei confronti dei batteri e virus che possono ostacolare la nostra salute.

Risulta essere adatta a diverse casistiche di studio essendo essa versatile e adattabile alle diverse condizioni, rispettando quindi gli obiettivi del nostro studio, che ha come oggetto principale la fase di progettazione della cella.

6-Bibliografia

- 1) “A novel polymer-arrayed electrostatic precipitation with electrical resistance material for the removal of fine particles”; Journal of aerosol science 57 (2013) 88-95; Seong Jin Yun et. Al.
- 2) UNI 10830:1999 Precipitatori elettrostatici – criteri generali per la progettazione, l’impiego, il collaudo e la manutenzione.
- 3) Efficiency and harmfulness of air-purifying photocatalytic commercial devices: from standardized chamber taste to nanoparticles release; Catalysis today 252 (2015) 35-40; N. Costarramone et. Al.
- 4) UNI EN 16846-1:2017 Fotocatalisi: misurazione dell’efficienza del dispositivo fotocatalitico
- 5) How efficiently can HEPA purifiers remove priority fine and ultra-fine particles from indoor air? Environmental International 144 (2020) 106001; Scott D. et.al.; Design and characterization of a smog chamber for studying gas-phase chemical mechanisms and aerosol formation ; Atmospheric Measurement Techniques Wast Wet.al.
- 6) Removal of sub-micron particles using a carbon fiber ionizer-assisted medium air filter in a heating, ventilation, and air- conditioning (HVAC) system; Building and environmental 46 (2011) 1699-1708; Jae Hong Park et.al.
- 7) Surface-modified polymer nano-fiber membrane for high- efficiency micro-dust capturing; Chimica Engineering Journal 339 (2018) 201-213; Han-Jung Kim et. Al.
- 8) Particles Removal by Negative ionic Air Purifier in Cleanroom (NAI); Aerosol and Air Quality Research, 11: 179-186, 2011; Angus Shiue et. Al.
- 9) Filtration of nano-aerosol using nano-fiber filter under low Peclet number and transitional flow regime; Separation and purification technology 79 (2011) 34-42; Chi-Ho Hung et. Al.
- 10) The impact of air filtration units on primary school students’ indoor exposure to particulate matter in China; Environmental Pollution 266 (2020) 115107; Zheming Tong et. Al.
- 11) Aligned carbon nanotube sheet high efficiency particulate air filters; CARBON64 (2013) 295 – 304; Ozkan Yi Idiz et. Al.
- 12) Polyhipe foam materials as filtration media; Filtration & Separation March 1995; Z. Bhumgara
- 13) Removal of Nanoparticles from Gas Streams by Fibrous Filters: A Review; Industrial & Engineering Chemistry Research. 2013, 52, 5–17; Chiu-sen Wang et. Al.
- 14) Dust Collection by a Fiber Bundle Electret Filter FBF in an MVAC System; Aerosol Science and Technology, 44:7, 578-587, 9 giugno 2010. Kun Li et.al.
- 15) Filtration efficiency of an electrostatic fibrous filter: Studying filtration dependency on ultra-fine particle exposure and composition; Journal of Aerosol Science 72 (2014) 14–20; Siamak R. et.al.
- 16) SO₂ SORPTION CHARACTERISTICS OF AIR SAMPLING FILTER MEDIA USING A NEW LABORATORY TEST; STUART BATTERMAN, et. Al.; Atmospheric Environment Vol. 31, No. 7, pp. 104-1047, 1997

- 17) Studies on soy protein isolate/polyvinyl alcohol hybrid nano-fiber membranes as multi-functional eco-friendly filtration materials; Materials Science and Engineering B 214 (2016) 1–10; Qun Fang, et. Al.
- 18) Flexible Multifunctional Porous Nano-fibrous Membranes for High- Efficiency Air Filtration; ACS Appl. Mater. Interfaces 2019, 11, 43409–43415; Baixian Wang et. Al.
- 19) UNI CEN ISO/TS 21083- 2:2019 Metodo di prova per misurare l'efficienza di materiali filtranti per aria nei confronti di nano materiali sferici - Parte 2: Intervallo di dimensioni delle particelle compreso tra 3 nm e 30 nm
- 20) UNI EN ISO 21083-1:2019 Titolo: Metodo di prova per misurare l'efficienza di materiali filtranti per aria nei confronti di nano materiali sferici - Parte 1: Intervallo di dimensioni delle particelle compreso tra 20 nm e 500 nm

7 RINGRAZIAMENTI

Vorrei riservare questo spazio finale della mia tesi di laurea ai ringraziamenti verso tutti coloro che hanno contribuito, con il loro instancabile supporto, alla realizzazione della stessa.

In particolare vorrei ringraziare la mia relatrice, la professoressa Maria Letizia Ruello, per i suoi preziosi consigli, la sua disponibilità e per avermi guidato nella stesura dell'elaborato.

Un ringraziamento speciale va alla mia famiglia che mi ha sempre sostenuto e mi è stata vicina in ogni momento, aiutandomi a raggiungere questo traguardo speciale.

Dedico infine un grande ringraziamento a Vittorio, che mi è stato sempre accanto e seguito in questi anni, sostenendomi sempre pazientemente, aiutandomi nei momenti di sconforto e gioendo con le mie vittorie.