



Università Politecnica delle Marche  
Dipartimento Scienze della Vita e dell' Ambiente  
Corso di laurea Scienze Ambientali e Protezione Civile

# Contaminanti nelle Sigarette Elettroniche

Basato su: "Nicotine, aerosol particles, carbonyls and volatile organic compounds in tobacco and menthol-flavored e-cigarettes."

Environmental and Occupational Medicine and Epidemiology Program, Department  
of Environmental Health, Harvard T. H. Chan School of Public Health

Relatrice: Prof.ssa Illuminati Silvia

Candidato: Fabio Cacciamani

Sessione Dicembre 2021, Anno accademico 2020/2021

# Introduzione

La Sigaretta Elettronica (EC) è un prodotto recente, del quale si conoscono ancora poco controindicazioni ed effetti a medio e lungo termine e, per tale motivo, con regolamentazioni tuttora in via di definizione (sia in termini di utilizzo che di vendita).



Molti dei composti presenti nel comune fumo da tabacco sono presenti (direttamente o come prodotti della vaporizzazione) all'interno delle celle di ricarica o nei liquidi delle EC.

Data la fortissima sovrapposibilità nella composizione fra i due tipi di fumo, si è quindi deciso di indagare maggiormente sulle EC, nello specifico sulle ricariche e su i vari aromi, andando ad analizzare nello specifico la contaminazione degli ambienti chiusi ed il fumo passivo.

# Motivazioni ed obiettivo della ricerca

Il riscaldamento e la combustione di alcune specifiche sostanze, presenti negli aromi e nelle ricariche genera contaminanti, su cui ancora non si sono stabiliti standard di test o di regolamentazione.

L'obiettivo di questo studio è quello di identificare e quantificare le emissioni che i due aromi più comuni (Mentolo e Tabacco) sul mercato (USA) possono generare

I **composti chimici** presi in esame sono:

- Nicotina
- Frazioni di particolato fine
  - Nanoparticelle, o "particelle ultrafini"
  - Particelle fini
- Concentrazione del numero di particelle (PNC)
- Carbonili
- Composti organici volatili (COV)
- Elementi presenti in tracce

PM<sub>0.1</sub> (UFPs), molecole di particolato con diametro aerodinamico inferiore a 100nm

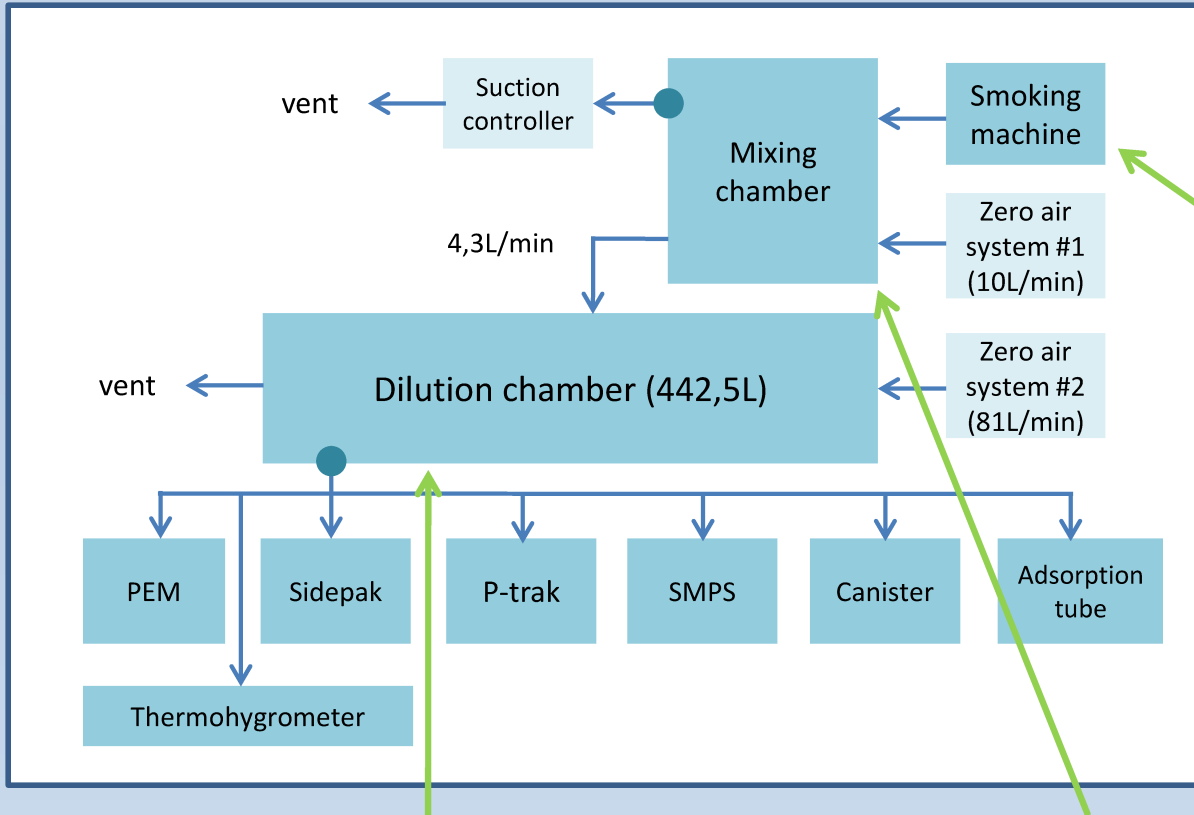
PM<sub>2.5</sub>, molecole di particolato con diametro aerodinamico inferiore a 2.5  $\mu\text{m}$

(#/cm<sup>3</sup>) dimensione delle particelle compresa tra 0.02 e 1  $\mu\text{m}$



# Materiali e Metodi

## Generatori di aerosol da EC



Smoking Machine: Collegata ad alcune EC comprensive di *Cartomizer* e batteria con LED (il LED indica la frequenza e la durata di ogni singolo "puff" della EC).

Sono state usate due frequenze di "puffing" (1puff/min, 2puffs/min)

Tabacco 1puff/min	Mentolo 1puff/min
Tabacco 2puffs/min	Mentolo 2puffs/min

Camera di diluizione: Necessaria per mantenere un grado di concentrazione di nicotina costante e simile ai livelli che si raggiungerebbero in un generico ambiente chiuso. (Condizione raggiunta dopo 40 min)

(Fattore di diluizione 19.8)

Camera di miscelazione: Flusso di 1.3 L/min, miscelato con un flusso di 10L/min di aria pura attraverso lo Zero Air System#1

(Fattore di diluizione 8.69)

Diluizione totale: 1:172



# Materiali e Metodi

## Analisi dei contaminanti:

### **Nicotina**

La nicotina emessa dalle EC è stata raccolta su dei tubi d'assorbimento (flusso di 1 L/min) per un intervallo di 60 min. (desorbiti in seguito con 2.0mL di 2-propanolo)

La concentrazione di nicotina è stata poi misurata attraverso un gascromatografo con spettrometro di massa.

### **Particolato**

PM2.5: La concentrazione in tempo reale è stata tenuta sotto controllo con un Nefelometro.

### **Concentrazione del numero di particelle (PNC)**

Analizzata con un Contatore di Particelle Ultrafini, con un flusso di 0.1 L/min e ad intervalli di 10 sec.

### **Nanoparticelle**

Analizzate con SMPS (un sistema composto da un classificatore elettrostatico e un analizzatore di mobilità differenziale DMA lungo) con condensatore ad acqua, il cui campionamento è stato settato ad un flusso di 0.3 L/min con un intervallo fra 10 e 1000 nm. (Densità particellare a 1.2 g/cc)



# Materiali e Metodi

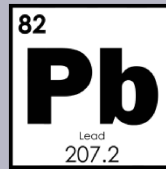
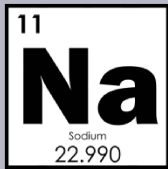
## Analisi dei contaminanti:

### COV e Carbonili

Per entrambi i tipi contaminanti si è utilizzato il metodo a recipienti NIOSH, in grado di rivelare: acetaldeide, acetone, etanolo, acetonitrile, alcool isopropilico, benzene, toluene, metilene cloruro, 2,3-butandione, n-esano, cloroformio, 2,3- pentanedione, metil metacrilato, 2,3-esandione, etilbenzene, m,p-xilene, stirene, o-xilene, alfa-pinene, e d-limonene.

### Elementi in tracce

Analizzati con uno spettrometro (EDXRF), calibrato su un intervallo di peso atomico che va da 11(Na) ad 82 (Pb).



# Risultati e Discussione

## Nicotina

Tabacco 1puff/min	Mentolo 1puff/min
3.13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1.48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Tabacco 2puffs/min	Mentolo 2puffs/min
Nessuna Variazione Significativa	Nessuna Variazione Significativa

La nicotina è una sostanza che crea dipendenza, si trova nel fumo di sigaretta e in altri prodotti a base di tabacco, incluse le EC. Confrontando il nostro studio con altri studi (Fu et al, Beak et al.) che hanno monitorato i livelli atmosferici di nicotina in vari ambienti chiusi come marker di fumo passivo (SHS, Second-hand smoke), si evince come le EC sprigionino una quantità di nicotina sovrapponibile ai livelli di esposizione che deriverebbero dall'esposizione al fumo passivo delle sigarette tradizionali

## Particolato PM<sub>2.5</sub>

Tabacco 1puff/min	Mentolo 1puff/min
Nessuna Variazione Significativa	Nessuna Variazione Significativa

Tabacco 2puffs/min	Mentolo 2puffs/min
Nessuna Variazione Significativa	Nessuna Variazione Significativa

la mediana della concentrazione di PM<sub>2.5</sub> è di 21.1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (media: 59.86  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), un risultato simile sia alle concentrazioni atmosferiche stimate di SHS negli ambienti al chiuso e all'aperto che all'esposizione passiva al fumo di EC in un ambiente chiuso simulato (café). Il nostro studio non ha rilevato differenze significative nella concentrazione di PM<sub>2.5</sub> tra i due aromi (tabacco e mentolo)



# Risultati e Discussione

## Nanoparticelle

Tabacco 1puff/min	Mentolo 1puff/min
Concentrazione maggiore (# e massa)	Concentrazione inferiore (# e massa)

Tabacco 2puffs/min	Mentolo 2puffs/min
Incremento (conc. Maggiore)	Incremento significativo (conc. Inferiore)

- E' stato riscontrato un significativo incremento di nanoparticelle nelle EC al mentolo aumentando la frequenza di puff da 1/min a 2/min, mentre per le EC al tabacco la frequenza di puff non influenza in modo significativo questo conteggio.

All'aumento della frequenza di puff, le EC al tabacco rimangono comunque quelle con la più alta percentuale di nanoparticelle.

- Studi precedenti hanno già dimostrato come le EC sprigionino elevate quantità di nanoparticelle, le quali possono penetrare a livello del sistema respiratorio fino agli alveoli e quindi introdurre tossine all'interno del circolo sanguigno, che le distribuirà all'interno di altri organi.

## PNC

Tabacco 1puff/min	Mentolo 1puff/min
Nessuna Variazione Significativa	Nessuna Variazione Significativa

Tabacco 2puffs/min	Mentolo 2puffs/min
Nessuna Variazione Significativa	Nessuna Variazione Significativa

In questo studio, la presenza di nanoparticelle è stata documentata in tutte le emissioni di EC esaminate: in particolare, è stato evidenziato che le EC al mentolo producono meno nanoparticelle e una PNC più bassa di quelle al tabacco, in accordo con gran parte degli studi precedenti





# Risultati e Discussione

## Elementi in tracce

Silicio (Si), Cloro (Cl), Bario (Ba) ed Indio (In) hanno prodotto risultati valutabili, nelle varie combinazioni frequenza di puff/aroma (senza variazioni significative date dalla frequenza), mentre altri elementi non sono risultati rilevabili con la metodica in uso.

## Carbonili

Tabacco 1puff/min	Mentolo 1puff/min
Non rilevati (inferiori al LOD)	Acetaldeide
Tabacco 2puffs/min	Mentolo 2puffs/min
Acetone	Non rilevati (inferiori al LOD)

Questo studio ha dimostrato la presenza di piccole quantità di carbonili e COV negli aerosols delle EC.

Dei 18 composti organici volatili presi in considerazione, solo etanolo, acetonitrile, alcool isopropilico, benzene e toluene hanno prodotto risultati al di sotto del limite di rilevabilità

## COV

Tabacco 1puff/min	Mentolo 1puff/min
4	4
Tabacco 2puffs/min	Mentolo 2puffs/min
5 (Toluene)	4

I COV identificati in tutte e quattro le combinazioni sono etanolo, acetonitrile, alcool isopropilico, benzene.

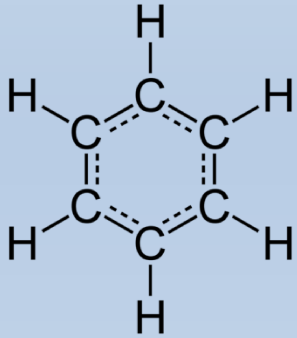
Inoltre è stata identificata la presenza di toluene nella singola combinazione Tabacco/2puffs al minuto



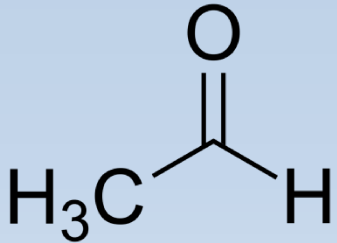
# Risultati e Discussione

## COV e Carbonili

Questo studio ha identificato la presenza di importanti agenti cancerogeni, quali benzene ed acetaldeide.



Il **benzene** è un noto agente cancerogeno che può causare leucemia.



L' **acetaldeide** è uno dei componenti principali del fumo del tabacco ed ha importanti effetti cancerogeni e genotossici. L'esposizione acuta a tale sostanza causa irritazione di occhi e mucose e può indurre danni al DNA. Nel nostro studio, i livelli di acetaldeide risultano per la maggior parte sotto la soglia di rilevazione, ma è stato rilevato nella quantità di 0.4 ppb nelle EC al mentolo alla frequenze di 1 puff/min.

La presenza in tracce di agenti cancerogeni è stata rilevata nelle emissioni delle EC, tuttavia gli effetti di queste ultime sul rischio di contrarre il cancro non sono stati riportati.



# Conclusione

- In questo studio, acetaldeide e benzene, due noti agenti cancerogeni, sono stati identificati tra i composti presenti, seppur in quantità ridotta.
- Il risultato di tale studio è in linea con i risultati condotti da studi precedenti, che hanno identificato la presenza di nicotina, particelle in aerosol e altri composti chimici nocivi nelle emissioni delle EC.
- Ciò implica che le emissioni delle EC sono una fonte recente di inquinamento ambientale e dovrebbero essere sottoposte ad ulteriori studi.



# Riassunto esteso dello studio

In questo studio si è deciso di identificare e quantificare la presenza di cinque gruppi di contaminanti, potenzialmente tossici per l'uomo, all'interno delle sigarette elettroniche (EC), nello specifico all'interno delle ricariche aromatizzate. Si è deciso di dividere le EC analizzate in 4 gruppi, analizzando le varie combinazioni tra aromi (tabacco e mentolo) e frequenza di fumata (1 puff/min e 2 puffs/min). I cinque gruppi di contaminanti identificati da questo studio (nicotina, particolato, carbonili, composti organici volatili, oltre ad elementi in tracce), sono già noti, e quantificati nel fumo di sigaretta classico.

Sono state usate una marca di EC (tra le più vendute negli USA) con un contenuto di nicotina pari all'1,8%, aromatizzate ai gusti più popolari, tabacco e mentolo.

Per generare delle condizioni di aerosol da EC sovrapponibili a quelle raggiunte in un ambiente chiuso, sono state usate delle Smoking Machines multiple, collegate ad una camera di diluizione. I campioni (allo stato liquido o solido) sono stati quindi raccolti utilizzando diversi macchinari e metodi a seconda dei composti presi in esame, per poi essere analizzati con metodi cromatografici o spettroscopici.

Il risultato complessivo di questi campionamenti porta alla luce la presenza di nicotina, carbonili, particolato fine e ultrafine, carbonili e alcuni COV, concentrati maggiormente nelle esalazioni delle EC al tabacco rispetto alla loro controparte al mentolo. È importante sottolineare che tra i vari composti di cui sopra è stata riscontrata la presenza, seppur in piccole dosi, di acetaldeide e benzene, due noti agenti cancerogeni.

In conclusione, possiamo affermare che, nonostante il numero ridotto di test e le condizioni non sempre ottimali di sperimentazione, questo studio ha rilevato un quantitativo tale di contaminanti da rendere necessari ulteriori studi sull'argomento.

