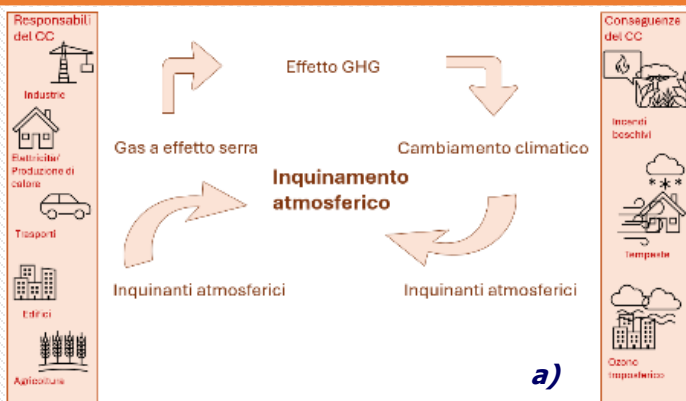


# FisiAeroSheet

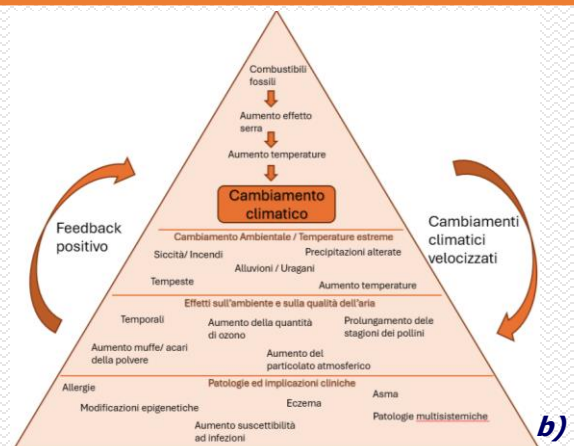
## Aerobiologia e Allergie Occupazionali

### *Inquinanti fisico-chimici e allergie: il ruolo dell'ozono*

I **cambiamenti** provocati dal costante **aumento** delle **temperature globali**, dovuti al progressivo accumulo in atmosfera di gas serra prodotti dall'attività antropica, **aggravano** l'**inquinamento** dell'aria esterna, incrementano l'intensità, la durata e la frequenza degli **eventi meteorologici estremi** e aumentano l'**esposizione al polline**.



Immagini a), b): Beatrice Mengoni



Oltre a compromettere la **salute** dell'**apparato respiratorio**, l'inquinamento atmosferico favorisce l'instaurarsi di **stati atopici** e amplifica l'entità delle loro **conseguenze in termini patologici**: ad esempio, gli effetti degli inquinanti sul **polline** influenzano la frequenza e la gravità dell'**asma** e della **rinite allergica**.

L'inquinamento atmosferico è una miscela eterogenea di gas, particolato e aerosol, che sono emessi direttamente nell'atmosfera come tali (inquinanti **primari**), oppure derivano da reazioni chimiche o fotochimiche **che interessano** inquinanti primari, **con la produzione di inquinanti secondari**, come l'**ozono (O<sub>3</sub>)**.

L'ozono è un gas costituito da una molecola a 3 atomi di ossigeno, altamente instabile, che può rapidamente scomporsi in 1 molecola di O<sub>2</sub> e in 1 singolo atomo di ossigeno, quest'ultimo in grado di agire come forte ossidante. **L'ozono si forma** nella parte alta dell'atmosfera (stratosfera) in seguito all'**azione** della radiazione **UV** energetica (**UVC**), mentre nella parte bassa dell'atmosfera (**troposfera**) si forma per azione fotochimica della **radiazione solare** sull'N<sub>2</sub>O e su **composti organici volatili** e la sua produzione è coadiuvata dalle scariche elettriche (**fulmini**) **che si verificano** nel corso di **temporali**. L'ozono ha una funzione **protettiva** nella **stratosfera** (tra i 15 e i 35 Km di altitudine), dove va a costituire una sorta di schermo che ostacola il passaggio della radiazione UVC e di gran parte dell'UVB (consentendo l'arrivo al suolo della componente meno energetica dell'UV – l'UVA – e di una piccola parte dell'UVB). All'opposto, a livello della **troposfera** (10-15 km a partire dal suolo) la formazione di ozono, unitamente alla presenza degli altri inquinanti, contribuisce a instaurare e ad aggravare **danni all'apparato respiratorio**, predisponendolo allo sviluppo di **patologie anche gravi**.

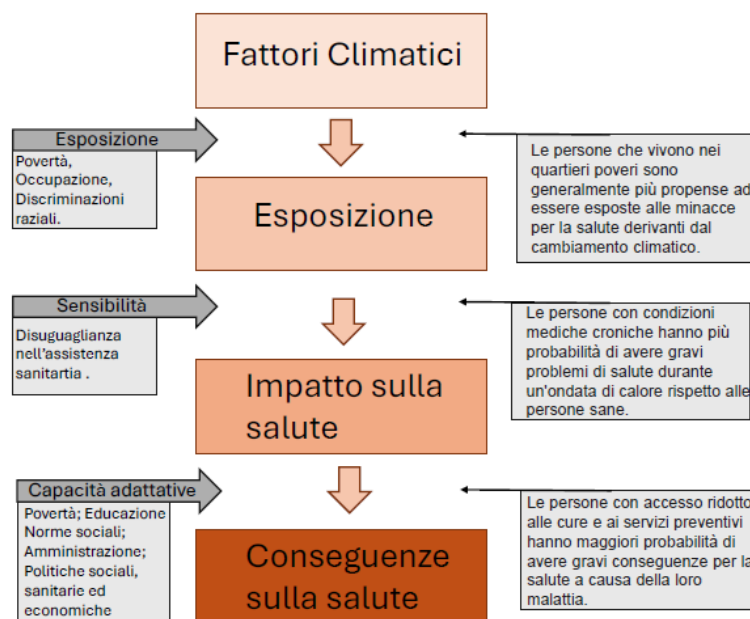


Immagine: Beatrice Mengoni

Studi epidemiologici e sperimentali hanno evidenziato che l'**esposizione all'inquinamento atmosferico**, in particolare a **O<sub>3</sub>**, ha un impatto importante sullo sviluppo e sulle esacerbazioni dell'asma allergico, **influenzando negativamente sull'integrità della barriera epiteliale**, attraverso la generazione di specie reattive dell'ossigeno e anche inducendo **modificazioni epigenetiche del sistema immunitario**, che comportano a loro volta cambiamenti nell'espressione dei **geni immunoregolatori**, attraverso la metilazione del DNA e altri meccanismi (ad esempio l'alterazione del profilo di RNA regolativi quali i microRNA). Clinicamente, l'**aumento della metilazione di FOXP3**, secondaria all'esposizione all'inquinamento atmosferico, è stata **associata a un aumento del rischio di asma e della sua gravità**.

L'**inquinamento atmosferico** è stato anche **collegato a una maggiore suscettibilità alle infezioni virali respiratorie**. A ciò concorrono diversi **meccanismi**, tra i quali una maggiore permeabilità delle cellule epiteliali, cambiamenti nell'espressione dei recettori virali legati alle cellule epiteliali e una compromissione dell'immunità antivirale. Ad esempio, l'**aumento dell'infezione da SARS-CoV-2 e della mortalità associata a COVID-19** è stata **correlata all'inquinamento atmosferico**.



È stato dimostrato che l'**inquinamento atmosferico** aumenta l'**allergenicità** del **polline**. Inoltre, gli **inquinanti atmosferici interagiscono** con le particelle submicroniche e paucimicroniche portatrici di **allergeni** derivate dal polline e possono raggiungere le vie aeree profonde, inducendo l'asma nei soggetti sensibilizzati.

Nel complesso, le **particelle biologiche** (come il polline), le **particelle non biologiche** (particolato di diversa dimensione e composizione, includente tra l'altro frazioni carboniose, silice e metalli) e le **componenti gassose** (tra le quali biossido di azoto -  $\text{NO}_2$ , ozono -  $\text{O}_3$  e biossido di zolfo -  $\text{SO}_2$ ) dell'inquinamento atmosferico sono riconosciuti **fattori di rischio** in termini di **morbilità** e **mortalità legate all'apparato respiratorio**.

L'**impatto del cambiamento climatico** (ad esempio, **ondate di calore, tempeste, alluvioni, incendi boschivi**, aumento della concentrazione in aria di inquinanti quali  **$\text{O}_3$  e particolato**, dispersione di **polline maggiormente allergenico**) modula le fonti biologiche e antropiche di inquinamento atmosferico, **promuovendo un ciclo di *feed-forward*** che si traduce in un innalzamento dei livelli di inquinamento e nella ulteriore riduzione della **qualità dell'aria**.



Immagini a), b), c), d):  
Banca dati immagini Inail

L'**aumento** della concentrazione di **CO<sub>2</sub>** e di altri gas serra e il conseguente incremento della **temperatura globale** associato al cambiamento climatico hanno modificato la durata delle stagioni polliniche, i tempi di rilascio del polline, la quantità di polline prodotta e, in alcuni casi, la composizione e l'**allergenicità** del polline.



Immagini a), b), c), d),  
e), f): Banca dati  
immagini Inail

I **cambiamenti** nelle **precipitazioni** e nei modelli di precipitazioni, gli **uragani** e i **venti** più forti potrebbero **espandere** la **portata** delle specie di **polline** nell'**atmosfera**, trasportando specie di polline **non autoctone** in **diverse regioni** e **sensibilizzando** potenzialmente le **popolazioni suscettibili** in **aree remote**. I cambiamenti a lungo termine indotti dal riscaldamento globale modificheranno i modelli di *habitat* delle piante e la densità delle specie, con un graduale spostamento verso nord nell'emisfero boreale e ulteriormente verso sud nell'emisfero australe.

Gli **impatti** sulla **salute** del **cambiamento climatico** sono pervasivi e multisistemici e colpiscono la maggior parte dei sistemi d'organo, se non tutti. Le patologie croniche, in particolare le seguenti, continueranno ad aumentare a causa del cambiamento climatico: malattie **cardiovascolari**, **cerebrovascolari**, **renali** e **respiratorie**; malattie **mentali** e **neurodegenerative**; malattie **atopiche** e **infettive**; disturbi **metabolici**, **tumori** maligni.

Gli esseri umani possono essere colpiti in **tutte le fasi della vita**, dal periodo prenatale all'età avanzata. Sovente, anzi, importanti alterazioni possono instaurarsi nel periodo prenatale, portando a esiti avversi alla nascita, tra i quali sono compresi malformazioni, ritardi di crescita, disfunzioni endocrine ed immunologiche e disturbi pervasivi dello sviluppo neurologico.



Immagini a), b), c), d), e), f): Banca dati immagini Inail

Dato il **ruolo rilevante** svolto dagli inquinanti e in particolar modo dall'**O<sub>3</sub>** nel **facilitare l'insorgenza** di **condizioni** di **suscettibilità** (ad esempio atopia), nell'**induzione** di **patologie non solo respiratorie** e nel comportare una **maggior frequenza/aggravamento** delle **manifestazioni cliniche** di **malattie preesistenti**, risulta fondamentale **adottare provvedimenti** di **tutela ambientale** e di **valutazione e gestione del rischio** nelle **categorie dei lavoratori più esposti**, ossia i **lavoratori all'aperto (lavoratori outdoor)**.

## Bibliografia

- Arjomandi M, Wong H, Tenney R, Holland N, Balmes JR. Effect of ozone on allergic airway inflammation. *J Allergy Clin Immunol Glob* 2022;1:273-281. doi: [10.1016/j.jacig.2022.05.007](https://doi.org/10.1016/j.jacig.2022.05.007)
- Atkinson CE, Kesic MJ, Hernandez ML. Ozone in the development of pediatric asthma and atopic disease. *Immunol Allergy Clin North Am* 2022;42:701-713. doi: [10.1016/j.iac.2022.06.001](https://doi.org/10.1016/j.iac.2022.06.001)
- Gui ZH, Guo ZY, Zhou Y, Dharmage S, Morawska L, Heinrich J, Cheng ZK, Gan H, Lin ZW, Zhang DY, Huang JW, Lin LZ, Liu RQ, Chen W, Sun BQ, Dong GH. Long-term ambient ozone exposure and childhood asthma, rhinitis, eczema, and conjunctivitis: a multi-city study in China. *J Hazard Mater* 2024;478:135577. doi: [10.1016/j.jhazmat.2024.135577](https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2024.135577)
- Ho K, Weimar D, Torres-Matias G, Lee H, Shamsi S, Shalosky E, Yaeger M, Hartzler-Lovins H, Dunigan-Russell K, Jelic D, Novak CM, Gowdy KM, Englert JA, Ballinger MN. Ozone impairs endogenous compensatory responses in allergic asthma. *Toxicol Appl Pharmacol* 2023;459:116341. doi: [10.1016/j.taap.2022.116341](https://doi.org/10.1016/j.taap.2022.116341)
- Lee S, Tian D, He R, Cragg JJ, Carlsten C, Giang A, Gill PK, Johnson KM, Brigham E. Ambient air pollution exposure and adult asthma incidence: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Planet Health* 2024;8(12):e1065-e1078. doi: [10.1016/s2542-5196\(24\)00279-1](https://doi.org/10.1016/s2542-5196(24)00279-1)
- Lian Z, Qi H, Liu X, Zhang Y, Xu R, Yang X, Zeng Y, Li J. Ambient ozone, and urban PM(2.5) co-exposure, aggravate allergic asthma via transient receptor potential vanilloid 1-mediated neurogenic inflammation. *Ecotoxicol Environ Saf* 2022;243:114000. doi: [10.1016/j.ecoenv.2022.114000](https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2022.114000)
- Pacheco SE, Guidos-Fogelbach G, Annesi-Maesano I, Pawankar R, D' Amato G, Latour-Staffeld P, Urrutia-Pereira M, Kesic MJ, Hernandez ML; American Academy of Allergy, Asthma & Immunology Environmental Exposures and Respiratory Health Committee. Climate change and global issues in allergy and immunology. *J Allergy Clin Immunol* 2021;148(6):1366-1377. doi: [10.1016/j.jaci.2021.10.011](https://doi.org/10.1016/j.jaci.2021.10.011)
- Qiu Y, Zhou J, Liao Y, Liu W, Song Z, Wang Z, Shan W, Guo H, Zheng D, Yang L, Ruan Z. Association between short-term ozone exposure and allergic conjunctivitis in China: a multi-city case-crossover study. *Environ Pollut* 2024;358:124506. doi: [10.1016/j.envpol.2024.124506](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2024.124506)
- Visez N, Hamzé M, Vandenbossche K, Occelli F, de Nadaï P, Tobon Y, Hájek T, Choël M. Uptake of ozone by allergenic pollen grains. *Environ Pollut* 2023;331(Pt 1):121793. doi:[10.1016/j.envpol.2023.121793](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.121793)
- Zhang J, Ai B, Guo Y, Chen L, Chen G, Li H, Lin H, Zhang Z. Long-term exposure to ambient ozone and adult-onset asthma: a prospective cohort study. *Environ Res* 2024;252(Pt 2):118962. doi: [10.1016/j.envres.2024.118962](https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.118962)



**Autori:**

**Rita Businaro<sup>1</sup>, Beatrice Mengoni<sup>1</sup>, Federica Armeli<sup>1</sup>, Renato Ariano<sup>2</sup>, Carlo Grandi<sup>3</sup>, Maria Concetta D'Ovidio<sup>3</sup>**

*<sup>1</sup>Dipartimento di Scienze e Biotecnologie Medico Chirurgiche - Sapienza Università di Roma*

*<sup>2</sup>Associazione Allergologi Immunologi Italiani Territoriali e Ospedalieri (AAIITO)*

*<sup>3</sup>Dipartimento di Medicina, Epidemiologia, Igiene del Lavoro e Ambientale (DiMEILA), Istituto Nazionale per l'Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro (INAIL), Monte Porzio Catone (Roma)*

**Ideazione FisiAeroSheets:**

**Maria Concetta D'Ovidio<sup>1</sup>, Carlo Grandi<sup>1</sup>**

**Curatori FisiAeroSheets:**

**Maria Concetta D'Ovidio<sup>1</sup>, Carlo Grandi<sup>1</sup>**

**Contatti FisiAeroSheets:**

**[m.dovidio@inail.it](mailto:m.dovidio@inail.it), [ca.grandi@inail.it](mailto:ca.grandi@inail.it)**