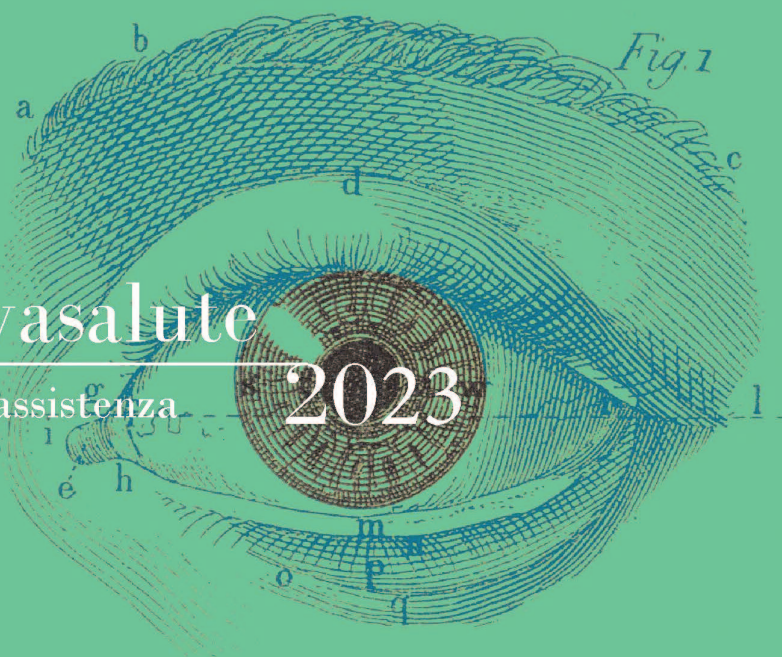




OSSERVATORIO NAZIONALE
SULLA SALUTE NELLE REGIONI ITALIANE



Rapporto Osservasalute

Stato di salute e qualità dell'assistenza nelle regioni italiane

2023



INDICE *Approfondimenti*

Inquinamento atmosferico.....	3
Ambiente e salute.....	8
Autori.....	12

Inquinamento atmosferico

Prof. Antonio Azara, Prof. Umberto Moscato, Dott.ssa Giovanna Deiana, Dott. Andrea Pischedda

L'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) descrive l'inquinamento atmosferico come la presenza, negli ambienti esterni o interni, di sostanze chimiche, fisiche o biologiche che alterano le qualità naturali dell'atmosfera. In Europa, l'inquinamento atmosferico rappresenta uno dei principali pericoli per la salute pubblica, nonostante gli sforzi compiuti negli ultimi 20 anni da molti Paesi, inclusa l'Italia, per ridurre le emissioni di sostanze nocive e migliorare la qualità dell'aria. Tuttavia, la popolazione europea rimane esposta a livelli di inquinamento che eccedono le soglie raccomandate dalle Linee Guida dell'OMS. L'Agenzia Europea dell'Ambiente (EEA) stima che, nel 2021, l'esposizione al particolato atmosferico e al diossido di azoto abbiano causato, rispettivamente, 253 mila e 52.000 morti premature, attribuibili a cause quali asma, malattie cardiache e ictus.

Gli inquinanti atmosferici possono essere classificati come primari e secondari. Gli inquinanti primari sono emessi direttamente nell'atmosfera e mantengono la loro composizione, come l'anidride carbonica (CO₂), il monossido di carbonio (CO), il biossido di zolfo (SO₂), gli ossidi di azoto (NO, NO₂), i composti organici volatili (VOC), gli idrocarburi, il metano (CH₄), le polveri totali sospese e il particolato con diametro <10 µm (PM₁₀), i metalli pesanti e i composti organoclorurati. Gli inquinanti secondari risultano dall'interazione tra inquinanti primari o con componenti naturali dell'atmosfera, includendo sostanze come l'ozono (O₃) e in parte gli ossidi di azoto, le polveri totali sospese e il PM₁₀.

Fin dal XIV secolo, diverse nazioni hanno iniziato a riconoscere e dibattere l'importanza dell'inquinamento atmosferico nella Sanità Pubblica e nella preservazione dell'ambiente. Tuttavia, è solo nella seconda metà del XX secolo che sono state adottate le prime misure concrete, in particolare attraverso l'introduzione di normative, per affrontare e mitigare l'impatto degli inquinanti potenzialmente nocivi per la salute della popolazione. Queste iniziative sono state stimolate da gravi episodi avvenuti in alcune delle città più industrializzate d'Europa, come la valle della Mosa nel 1930, Pittsburgh nel 1948 e Londra nel 1952, dove i livelli di inquinamento raggiunti hanno provocato eventi epidemici con un elevato numero di decessi e di ricoveri ospedalieri, specialmente tra i segmenti più vulnerabili della popolazione.

L'emanazione del *Clean Air Act* in Inghilterra nel 1956 ha segnato una svolta, spingendo tutti i Paesi industrializzati a varare misure idonee a limitare le emissioni inquinanti e a proteggere la salute dei cittadini. In Italia, un momento fondamentale è stato rappresentato dalla Legge n. 615 del 13 luglio 1996, che introduceva provvedimenti specifici contro l'inquinamento atmosferico. Successivamente, il Decreto Legislativo n. 152/2006 ha ulteriormente chiarito il quadro normativo definendo l'inquinamento atmosferico come qualsiasi alterazione della qualità dell'aria dovuta all'introduzione di sostanze in grado di danneggiare la salute umana, l'ambiente o i beni materiali, e l'emissione come il rilascio nell'atmosfera di qualsiasi sostanza potenzialmente inquinante.

Attualmente, il Decreto Legislativo n. 155/2010, approvato in attuazione della Direttiva Europea 2008/50/CE, costituisce il punto di riferimento principale in Italia per la regolamentazione della qualità dell'aria. Questa normativa stabilisce i livelli di qualità dell'aria volti a prevenire danni alla salute umana e all'ambiente, promuovendo l'adozione di strumenti comuni e condivisi per la valutazione della qualità dell'aria su tutto il territorio nazionale, incrementando la trasparenza attraverso la divulgazione dei dati ambientali raccolti ai cittadini e favorendo una maggiore collaborazione tra i diversi stati membri dell'Unione Europea (UE). Specificamente, regola i livelli ambientali di sostanze come il biossido di zolfo (SO₂), il biossido di azoto (NO₂), gli ossidi di azoto (NO_x), il monossido di carbonio (CO), il particolato atmosferico (PM₁₀ e PM_{2,5}), il benzene (C₆H₆), l'ozono (O₃) e i livelli di metalli pesanti come cadmio (Cd), nichel (Ni), arsenico (As), piombo (Pb) e benzo(a)pirene (BaP) nel particolato PM₁₀.

Di significativa importanza è anche il Decreto Legislativo n. 81/2018, che recepisce la Direttiva 2016/2284/UE e stabilisce gli obiettivi nazionali per la riduzione delle emissioni di inquinanti con effetti acidificanti ed eutrofici e dei precursori dell'ozono. Tale legislazione si inserisce in un contesto di iniziative normative che mirano a imporre limiti sempre più rigidi e obiettivi ambiziosi per la riduzione degli inquinanti sia a livello nazionale che nell'ambito dell'UE. La Direttiva Europea, nello specifico, definisce gli obiettivi di riduzione degli inquinanti che ogni stato membro deve raggiungere entro il 2030, segnando un passo importante verso un approccio più stringente e coordinato alla gestione della qualità dell'aria.

Come evidenziato nella Tabella 1, si registra un trend di costante riduzione delle emissioni negli ultimi 30 anni. Questo andamento positivo sottolinea l'importanza di proseguire gli sforzi per mantenere e possibilmente inten-

sificare la diminuzione delle emissioni nel futuro, al fine di soddisfare gli obiettivi ambientali fissati dall'UE.

La produzione di inquinanti atmosferici è primariamente associata a processi di combustione, sia civile che industriale, all'usura naturale che causa la dispersione dei materiali nell'aria e a specifiche attività industriali. In ambito urbano, le principali fonti di inquinamento derivano dall'utilizzo di veicoli a motore, dagli impianti di riscaldamento domestico e industriale, nonché dall'usura degli pneumatici e del manto stradale. Tuttavia, la qualità dell'aria non dipende solo dalla produzione e dalla successiva emissione di questi inquinanti nell'atmosfera, ma anche dal processo di diluizione atmosferica di tali contaminanti. Anche le condizioni meteorologiche, d'altro canto, giocano un ruolo cruciale nell'influenzare la qualità dell'aria. Elementi come la direzione e l'intensità del vento, la temperatura e il grado di umidità dell'aria possono significativamente impattare sui livelli di inquinamento.

Questi fattori evidenziano l'interconnessione complessa tra attività umane, ambiente e salute, sottolineando come l'impatto antropogenico sull'ambiente e i cambiamenti climatici siano parte di una dinamica intricata che riflette l'indissolubile legame tra umanità, ambiente e benessere collettivo.

L'entità del danno causato dalle sostanze inquinanti dipende non soltanto dalla concentrazione nell'aria o dalla loro tipologia, ma anche dalla durata dell'esposizione ad esse. L'impatto sulla salute può manifestarsi in modo diretto, attraverso l'interazione immediata della sostanza con l'organismo umano, oppure indiretto, risultando dagli effetti degli inquinanti sull'ambiente che, a loro volta, influenzano la salute della popolazione. È cruciale riconoscere come gran parte della vita quotidiana, specialmente nei contesti urbani, si svolga in ambienti chiusi, dove la qualità dell'aria interna (*indoor*) è influenzata non solo da quella esterna ma anche dalla presenza di inquinanti specifici degli spazi confinati, che possono accumularsi. Inoltre, l'esposizione agli inquinanti non si limita a quelli chimici, ma include anche elementi fisici e biologici, come dimostrato dalla *Sick Building Syndrome*. La valutazione dell'esposizione e del suo impatto è complicata dalla necessità di considerare fattori come l'emissione, la diffusione, la distribuzione e il destino finale dell'inquinante, nonché l'interazione tra agenti primari e secondari.

Per valutare l'impatto dell'inquinamento atmosferico sulla salute pubblica, si utilizzano specifici indicatori sanitari che quantificano il carico di malattia causato dagli inquinanti. L'indicatore primario adottato è il *Disability-Adjusted Life Year (DALY)*, che misura il numero di anni di vita in buona salute perduti a seguito di malattie o esposizione a fattori di rischio. Altri indicatori significativi includono la mortalità, che si può quantificare sia come numero di decessi direttamente attribuibili a specifici contaminanti sia in termini di anni di vita perduti, e la morbilità, ovvero la frequenza delle condizioni di salute che limitano la vita quotidiana, che viene espressa in termini di anni vissuti con disabilità. Questi strumenti forniscono una visione complessiva dell'effetto degli inquinanti sull'incidenza delle malattie, sulla loro durata e sulla qualità della vita delle persone.

L'esposizione agli inquinanti atmosferici può avere conseguenze sia a breve termine (effetti acuti) che a medio-lungo termine (effetti cronici) sulla salute. Gli effetti acuti emergono tipicamente quando le concentrazioni di uno o più inquinanti atmosferici aumentano bruscamente, causando irritazioni agli occhi, alle mucose e alle vie respiratorie superiori, spesso percepite anche come odori sgradevoli. In particolare, tali esposizioni possono aggravare o scatenare condizioni respiratorie come bronchiti e attacchi asmatici, soprattutto in individui vulnerabili, aumentando il rischio di ospedalizzazione o, nei casi più gravi, di decesso.

Gli effetti cronici si manifestano dopo esposizioni ripetute e prolungate, diventando evidenti solo dopo anni o decenni. Questi possono essere oncologici, con il tumore al polmone come esempio primario, o non oncologici, come le malattie croniche delle vie respiratorie, incremento delle patologie cardiovascolari, aritmie, ictus e altri disturbi ischemici. Inoltre, l'esposizione a lungo termine agli inquinanti può compromettere la crescita fetale. Studi indicano come la diminuzione della concentrazione di inquinanti atmosferici possa portare ad un calo delle crisi asmatiche nei bambini e suggeriscono un possibile legame tra l'esposizione precoce e lo sviluppo dell'asma in età infantile. Affrontare gli effetti a lungo termine dell'esposizione agli agenti inquinanti è complesso a causa della latenza con cui si manifestano i sintomi, della natura protratta dell'esposizione e dell'interazione tra molteplici fattori ambientali e biologici. Questa complessità rende difficile stabilire relazioni epidemiologiche chiare tra l'esposizione agli inquinanti e lo sviluppo di malattie, oltre a quantificare l'impatto specifico di tali esposizioni sulla salute pubblica.

Principali inquinanti atmosferici

Il particolato, composto da particelle sospese negli strati bassi dell'atmosfera, è una delle maggiori fonti di inquinamento, specialmente in ambito urbano. Deriva principalmente dalle emissioni degli autoveicoli, in particolar modo quelli dotati di motori diesel, dai processi di combustione e dall'usura degli pneumatici sull'asfalto. Queste particelle, note anche come Polveri Totali Sospese (PTS), vengono misurate attraverso tecniche gravimetriche, che prevedono la raccolta su filtri seguita dalla pesatura. Il particolato è classificato in base al suo diametro, utilizzando la dicitura PM (*Particulate Matter*) seguita dal valore del diametro massimo delle particelle in micrometri. Le particelle con diametro inferiore a $2,5 \mu\text{m}$ ($\text{PM}_{2,5}$) sono ritenute particolarmente nocive per la salute, poiché possono rimanere in sospensione per tempi prolungati e, una volta inalate, bypassano i meccanismi di difesa dell'organismo, raggiungendo i bronchioli e gli alveoli polmonari. L'OMS ha stabilito delle Linee Guida stringenti per la concentrazione di $\text{PM}_{2,5}$, raccomandando di non superare una media annua di $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e di evitare esposizioni giornaliere oltre i $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per più di 3-4 giorni consecutivi. Per il PM_{10} , le Linee Guida indicano che la concentrazione media annua non dovrebbe eccedere i $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con un limite massimo di $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nelle 24 ore, al fine di tutelare la salute pubblica nelle aree urbane.

Gli ossidi di azoto (NO_x), in particolare il biossido di azoto (NO_2), costituiscono una classe di inquinanti atmosferici di notevole importanza, avendo effetti particolarmente dannosi sulla salute umana. Sebbene in condizioni naturali le loro concentrazioni nell'atmosfera siano basse, le attività umane, come le emissioni dei veicoli a motore, soprattutto quelli diesel, e i processi di combustione in ambito civile e industriale, ne aumentano significativamente i livelli. Oltre agli effetti diretti sulla salute, il NO_2 contribuisce a problemi ambientali più ampi, peggiorando la visibilità interferendo con lo spettro visibile della radiazione solare, influenzando i processi di cambiamento climatico e alterando i livelli di ozono nella troposfera. L'OMS ha stabilito dei valori guida per la concentrazione di NO_2 , raccomandando una media annua non superiore a $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e un limite massimo di esposizione di $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nelle 24 ore, al fine di proteggere la salute pubblica. Nel 2021, in Italia, il superamento di questi limiti ha contribuito a più di 11.300 decessi, sottolineando l'urgente necessità di adottare misure efficaci per ridurre le emissioni di NO_2 e i relativi rischi per la salute.

L'ozono (O_3) è un componente naturale dell'atmosfera, con livelli che, in condizioni non inquinate, presentano un 50° percentile che varia tra i $40\text{-}60 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Tuttavia, l'ozono a livello del suolo, o ozono troposferico, si forma attraverso reazioni chimiche tra ossidi di azoto (NO_x) e composti organici volatili non metanici (VOCs), catalizzate dalla luce solare. Questo processo è accentuato in aree con elevata concentrazione di questi precursori, tipicamente in ambienti urbani e industrializzati. Anche brevi periodi di esposizione all'ozono possono causare effetti acuti sulla salute, inducendo problemi respiratori e compromettendo la funzione polmonare, evidenziati da alterazioni nella spirometria anche in soggetti sani. Pertanto, la concentrazione di ozono è monitorata utilizzando medie orarie, e persino esposizioni di 1-3 ore possono essere dannose. Per affrontare i rischi associati all'esposizione all'ozono, l'OMS raccomanda di non superare una concentrazione media mobile di $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ calcolata su 8 ore durante il periodo di picco dell'ozono, che corrisponde ai 6 mesi dell'anno in cui i livelli di questa sostanza sono più alti. Questa direttiva mira a proteggere la salute pubblica limitando l'esposizione a questo inquinante, particolarmente reattivo e nocivo.

È importante sottolineare come le recenti Linee Guida dell'OMS stabiliscano standard significativamente più stringenti per la qualità dell'aria rispetto alle Direttive Europee. Ad esempio, per il $\text{PM}_{2,5}$, l'OMS raccomanda un limite massimo di $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, il che rappresenta solo un quinto del valore limite stabilito dalla Direttiva Europea. Analogamente, per il biossido di azoto (NO_2), l'OMS propone un limite di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, che corrisponde a un quarto del limite imposto dalla normativa europea. Di fronte a questa discrepanza, più di cento società scientifiche hanno espresso la necessità urgente di aggiornare le Linee Guida europee per la qualità dell'aria, al fine di allinearle ai più recenti e rigorosi standard proposti dall'OMS. Questo aggiornamento è essenziale per proteggere al meglio la salute della popolazione dai rischi associati all'inquinamento atmosferico (Tabella 2, Tabella 3).

Tabella 1 - Trend nelle emissioni dei principali agenti inquinanti - Anni 2005, 2010, 2015, 2017-2021

Agente inquinante		Unità di misura	2005	2010	2015	2017	2018	2019	2020	2021
Anidride solforosa	(SO _x)	Gg	411	224.3	127.5	119.3	113.5	111.6	84.9	78.6
Ossidi d'azoto	(NO _x)	Gg	1290.2	942.3	728.3	674.2	677.8	661.7	596.3	610.7
Ammoniaca	(NH ₃)	Gg	421.2	379.2	357.4	363.4	350.9	348.9	361.7	351.5
Composti organici volatili non metanici	(NMVOC)	Gg	1334.8	1112.9	899.4	930.8	908	903.8	843.1	868
Monossido di carbonio	(CO)	Gg	3437	3054.3	2259.4	2262.1	2061.7	2079.8	1898.2	2043.9
Particolato										
PM ₁₀		Gg	290.5	341.3	247.8	236.6	261.8	214.5	219.5	199.7
PM _{2,5}		Gg	186.2	213.1	169.1	170	156.2	150.7	143.8	149.1
Black Carbon	(BC)	Gg	39.8	33.5	23.8	22.1	20.1	20	18	18.7
Metalli pesanti										
Piombo	(Pb)	mg	329.1	249	230.9	209.6	211.1	206	179.4	210.1
Cadmio	(Cd)	mg	8.6	5.3	4.4	4.4	4.4	4.3	3.9	4.4
Mercurio	(Hg)	mg	12.53	8.5	7.25	7.06	6.9	6.38	5.77	6.33
Inquinanti organici persistenti										
Idrocarburi policiclici aromatici	(PAH)	mg	64	86.5	70.5	74	66.8	65.5	60.4	66.5
Diossine		g I Teq	361.5	341.6	309.6	330.4	311.4	306.8	280.4	314.5
Esaclorobenzene	(HCB)	mg	0.027	0.016	0.016	0.016	0.015	0.015	0.011	0.013
Policlorobifenili	(PCB)	mg	0.179	0.133	0.114	0.122	0.121	0.117	0.104	0.121

Fonte dei dati: Italian Emission Inventory 1990-2021. Informative Inventory Report 2023 - ISPRA. Anno 2023.

Tabella 2 - Confronto tra nuove Linee Guida dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), precedenti Linee Guida OMS e limiti normativi europei

Agente inquinante		OMS- Linee Guida per la qualità dell'aria 2005	OMS- Linee Guida per la qualità dell'aria 2021	Direttive Europee per la qualità dell'aria Valori limite
PM _{2,5}	annuali	10 µg/m ³	5 µg/m ³	25µg/m ³
PM _{2,5}	giornaliere (24 ore)	25 µg/m ³	15 µg/m ³	-
PM ₁₀	annuali	20 µg/m ³	15 µg/m ³	40 µg/m ³
PM ₁₀	giornaliere (24 ore)	50 µg/m ³	45 µg/m ³	50 µg/m ³
NO ₂	annuali	40 µg/m ³	10 µg/m ³	40 µg/m ³
NO ₂	giornaliere (24 ore)	-	25 µg/m ³	50 µg/m ³

Tabella 3 - Tabella 3. Percentuale di popolazione urbana esposta a concentrazioni superiori agli standard dell'Unione Europea per agenti quali BaP, NO₂, PM_{2,5} e PM₁₀ - Anni 2017-2021

Agente inquinante		2017	2018	2019	2020	2021
BaP	media annuale	6,4	1,1	2,6	16,3	0,5
NO ₂	media annuale	23,5	7,2	12,4	3,5	1,7
O ₃	percentile 93.15	67,6	59,1	59,3	50,9	51,5
PM _{2,5}	media annuale	27,0	1,5	1,0	0,4	0,4
	media annuale	5,2	0,0	2,9	3,6	2,8
PM ₁₀	percentile 90.41	47,8	33,3	39,2	49,1	39,1

Riferimenti bibliografici

(1) World Health Organization. Air pollution. Disponibile sul sito: www.who.int/westernpacific/health-topics/air-pollution#tab=tab_1.

(2) European Environment Agency. Harm to human health from air pollution in Europe: burden of disease 2023. Disponibile sul sito:

www.eea.europa.eu/publications/harm-to-human-health-from-air-pollution/#:~:text=293%2C000%20deaths%20were%20attributable%20to,above%2070%20µg%2Fm3.

(3) United States Environmental Protection Agency. Summary of the Clean Air Act. Disponibile sul sito: www.epa.gov/laws-regulations/summary-clean-air-act.

- (4) Legge 13 luglio 1966, n. 615. Provvedimenti contro l'inquinamento atmosferico. GU Serie Generale n.201 del 13-08-1966.
- (5) Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152. Norme in materia ambientale. GU Serie Generale n.88 del 14-04-2006 - Suppl. Ordinario n. 96.
- (6) Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n. 155. Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa. GU Serie Generale n.216 del 15-09-2010 - Suppl. Ordinario n. 217.
- (7) Direttiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 21 maggio 2008 del 21 maggio 2008 relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa (GU L 152 dell'11 giugno 2008, pag. 1).
- (8) Decreto Legislativo 30 maggio 2018, n. 81. Attuazione della direttiva (UE) 2016/2284 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 14 dicembre 2016, concernente la riduzione delle emissioni nazionali di determinati inquinanti atmosferici, che modifica la direttiva 2003/35/CE e abroga la direttiva 2001/81/CE. GU Serie Generale n.151 del 02 luglio 2018.
- (9) Direttiva (UE) 2016/2284 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 14 dicembre 2016 concernente la riduzione delle emissioni nazionali di determinati inquinanti atmosferici, che modifica la direttiva 2003/35/CE e abroga la direttiva 2001/81/CE.
- (10) Italian Emission Inventory 1990 - 2021. Informative Inventory Report 2023. Rapporti 385/2023.
- (11) World Health Organization. WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM_{2,5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Disponibile sul sito: www.who.int/publications/i/item/9789240034228
- (12) Legambiente. Mal'Aria di città. Luci ed ombre dell'inquinamento atmosferico nelle città italiane. 2024.

Ambiente e salute

Prof. Antonio Azara, Prof. Umberto Moscato, Dott.ssa Giovanna Deiana, Dott. Andrea Pischedda

Nell'era contemporanea, il rapporto interdipendente tra l'ambiente naturale e la salute umana è diventato una questione di primaria importanza. Le sfide ambientali globali, quali i cambiamenti climatici, l'inquinamento atmosferico e idrico, la perdita di biodiversità e la degradazione degli ecosistemi, hanno impatti diretti e indiretti sulla salute umana, evidenziando l'urgente necessità di adottare un approccio olistico e integrato per la tutela della salute. Queste problematiche ambientali non solo influenzano la qualità dell'aria, dell'acqua e del cibo, ma possono anche determinare l'insorgenza di nuove malattie, l'aumento di patologie esistenti e uno stress significativo sui sistemi sanitari globali. Inoltre, i cambiamenti climatici, con le loro conseguenze quali ondate di calore, inondazioni e siccità, pongono sfide aggiuntive alla salute pubblica, richiedendo azioni immediate e coordinate a livello globale. La comprensione di queste dinamiche sottolinea l'importanza di politiche ambientali sostenibili e di pratiche di vita salutari, puntando verso una gestione integrata dell'ambiente e della salute che consideri non solo la prevenzione delle malattie, ma anche la promozione del benessere complessivo dell'individuo e delle comunità. In questo contesto, diventa fondamentale la cooperazione tra governi, organizzazioni internazionali, comunità scientifiche e cittadini, per sviluppare strategie efficaci che possano garantire la salute delle generazioni presenti e future, proteggendo e preservando l'ambiente in cui si vive.

La qualità dell'ambiente gioca un ruolo cruciale nel determinare lo stato di salute e di benessere generale. Un'atmosfera contaminata da particelle sottili e varie forme di agenti inquinanti rappresenta una minaccia significativa per la salute pubblica. Le particelle fini, insieme a composti nocivi come il monossido di carbonio, gli ossidi di azoto e i composti organici volatili, sono responsabili di un ampio spettro di patologie, che vanno dalle malattie respiratorie croniche, come asma e bronchite, a gravi condizioni cardiovascolari, inclusi infarto e ictus. Secondo l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), l'inquinamento atmosferico è alla base di circa 7 milioni di morti premature ogni anno su scala globale, sottolineando l'urgenza di adottare misure più stringenti per migliorare la qualità dell'aria che respiriamo. Parallelamente, la contaminazione delle risorse idriche con sostanze chimiche nocive provenienti da attività industriali, residui di pesticidi agricoli e scarichi umani non trattati, mette a rischio la sicurezza dell'acqua. L'esposizione a queste sostanze può causare una gamma di malattie acute e croniche, tra cui disturbi gastrointestinali, colera, tifo e varie forme di epatite. Il rischio è particolarmente elevato in quelle regioni del mondo dove l'accesso all'acqua potabile sicura e ai sistemi di trattamento delle acque reflue è limitato, mettendo in pericolo la vita e la salute di milioni di persone. Questo scenario enfatizza la necessità di investire in tecnologie pulite e sostenibili e di promuovere pratiche di gestione ambientale responsabile, al fine di preservare le risorse naturali per le generazioni future e garantire un ambiente più salubre per tutti.

I cambiamenti climatici emergono come una delle sfide più evidenti degli ultimi anni, con impatti profondi e pervasivi sulla salute umana a livello globale. L'incremento di eventi climatici e meteorologici estremi, quali ondate di calore senza precedenti, inondazioni e uragani di intensità crescente, rappresenta una minaccia concreta. Questi fenomeni non si limitano a causare perdite di vite umane in modo diretto, ma innescano una catena di conseguenze a lungo termine per la salute pubblica che minacciano il benessere delle comunità su scala globale (Figura 1).

L'*European Environment Agency* (EEA) evidenzia come in Europa le politiche di supporto e gli interventi di adattamento non tengano il ritmo con la rapida evoluzione dei rischi climatici che coinvolgono numerosi contesti: ecosistemi, alimenti, infrastrutture, economia e finanza nonché appunto la salute. In particolare, il calore è ritenuto il fattore di rischio climatico più grave per la salute umana e quello che richiede gli interventi più urgenti. Le fasce di popolazione più a rischio sono quella dei lavoratori all'aria aperta che si trovano esposti al calore estremo, gli anziani e le persone che vivono in abitazioni strutturalmente carenti, in zone con un forte effetto di "isola di calore urbano" o con scarse possibilità di accedere a locali climatizzati. Molti settori sui quali fare leva per ridurre i rischi climatici a carico della salute esulano dalle politiche sanitarie tradizionali, come la pianificazione urbana, le normative edilizie e quelle sul lavoro. Inoltre, la diffusione accelerata di malattie infettive vettoriali, come la malaria e la dengue, trova terreno fertile nelle mutate condizioni ambientali, che favoriscono l'espansione geografica dei vettori patogeni. Analogamente, la qualità dell'aria si deteriora a seguito di incendi boschivi e ondate di calore, esacerbando le condizioni per chi soffre di malattie respiratorie cro-

niche e aumentando il rischio di problemi cardiovascolari. Inoltre, la sicurezza alimentare è messa a rischio dalle alterazioni dei cicli di crescita delle colture, con un conseguente aumento dei casi di malnutrizione e delle patologie correlate.

Nel mondo oltre 3,6 miliardi di persone vivono in aree altamente suscettibili ai cambiamenti climatici e l'OMS stima che tra il 2030 e il 2050 il cambiamento climatico sarà responsabile di 250 mila morti ogni anno a causa della malnutrizione, della malaria, della diarrea e degli stress termici. In Italia gli effetti del cambiamento climatico si stanno largamente manifestando nella popolazione. Tra il 2010 e il 2020 si è assistito ad un incremento della media annuale di persone esposte ad ondate di calore di quasi 100 milioni di giorni-persona rispetto al periodo 1985-2005, con un conseguente incremento dei decessi, soprattutto nei periodi estivi. La risposta a questa crisi senza precedenti richiede un approccio integrato e proattivo. È fondamentale che le politiche di adattamento e mitigazione dei cambiamenti climatici siano concepite con una chiara comprensione dell'interdipendenza tra la salute umana e l'ambiente. Questo significa incorporare la salute pubblica come asse portante nella pianificazione e nello sviluppo urbano, così come nelle strategie di gestione delle risorse naturali. La creazione di infrastrutture resilienti, la promozione di stili di vita sostenibili e l'investimento in sistemi sanitari capaci di rispondere efficacemente a queste emergenze emergono come imperativi per salvaguardare la salute e minimizzare gli effetti dei cambiamenti climatici sulla salute globale.

L'inquinamento ambientale, manifestandosi in diverse forme, rappresenta una minaccia considerevole per la salute pubblica. Le implicazioni dell'inquinamento atmosferico, quali malattie respiratorie e cardiovascolari, sono ampiamente riconosciute. Tuttavia, anche l'inquinamento dell'acqua e del suolo comporta rischi altrettanto gravi. Sostanze nocive come metalli pesanti, pesticidi e contaminanti organici persistenti possono infiltrarsi negli ecosistemi acquatici e accumularsi nella catena alimentare. Questo processo, noto come bioaccumulo, rappresenta un pericolo significativo per la salute umana, in quanto le sostanze tossiche possono raggiungere concentrazioni pericolose nei tessuti dei pesci e di altri organismi ingeriti dagli esseri umani, portando a malattie croniche e a disturbi dello sviluppo. Oltre il 90% dei cittadini europei che vivono in centri urbani sono esposti a livelli sopra soglia di inquinanti ambientali e l'OMS stima che in Italia, nel 2019, ci siano stati 32.738 decessi attribuibili all'inquinamento ambientale. Per quanto riguarda la disponibilità di acqua destinata al consumo umano, è necessario porre particolare attenzione nel garantire non solo un opportuno monitoraggio della qualità delle acque, ma anche l'esistenza di infrastrutture che permettano un'adeguata fornitura idrica. Il principale rischio legato all'utilizzo di acque non sicure è rappresentato dalla presenza di contaminazioni microbiologiche, che spesso risultano in infezioni gastrointestinali. In Italia, nel 2022, solo il 93% della popolazione ha avuto accesso a servizi di acqua potabile adeguatamente trattata.

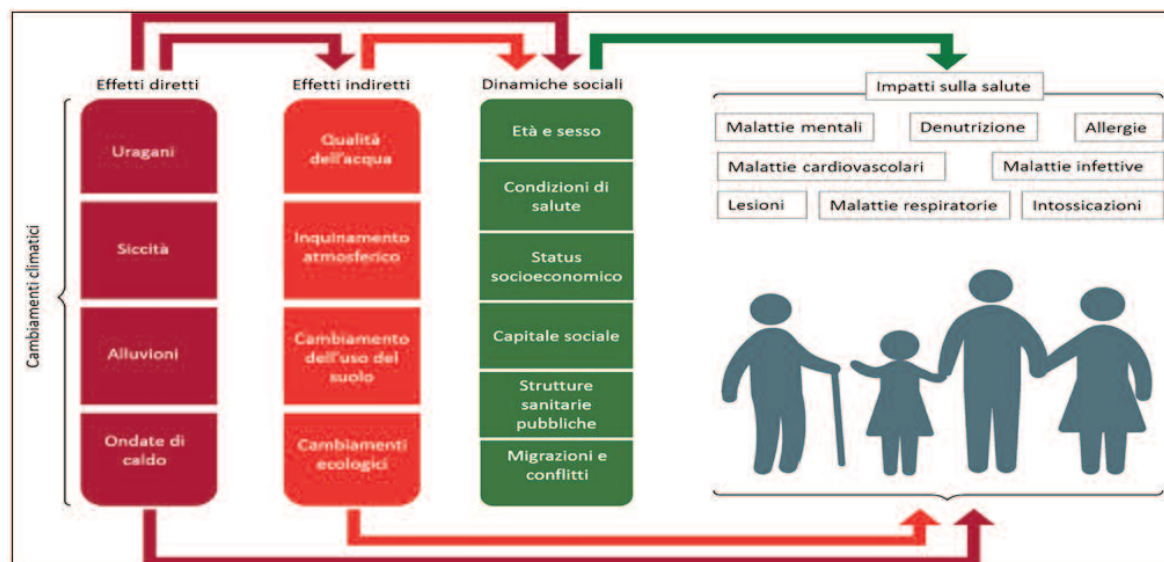
Tra i maggiori agenti inquinanti a cui siamo esposti negli ambienti *indoor* hanno particolare rilevanza il radon, il fumo di sigaretta (anche di seconda e terza mano), il monossido di carbonio e la formaldeide. Il radon, gas nobile radioattivo inserito dalla Fondazione Italiana per la Ricerca sul Cancro tra le sostanze cancerogene di gruppo 1, è considerato la seconda principale causa di tumore al polmone. Il radon può accumularsi nell'aria all'interno degli edifici, solitamente originando dal suolo sottostante, ma può anche essere rilasciato dai materiali utilizzati nella costruzione degli edifici stessi. In Italia, secondo una stima dell'Istituto Superiore di Sanità, il radon è responsabile di oltre 3.000 casi di tumore al polmone ogni anno. Nei Paesi con una economia in via di sviluppo una grossa minaccia per la salute è rappresentata dall'impiego di combustibili non adeguati (*unclean fuel*), quali legno, rifiuti o letame, in ambienti chiusi per alimentare stufe poco efficienti e che causano un eccessivo rilascio di agenti inquinanti quali polveri sottili, monossido di carbonio e altre sostanze nocive. Nel mondo si stimano 3,2 milioni di morti premature ogni anno a causa dell'inquinamento indoor e le principali cause di morte sono rappresentate dalla cardiopatia ischemica (32% dei decessi, il 12% del totale delle morti per cardiopatia ischemica), dall'ictus (23%) e dalle infezioni delle basse vie respiratorie (21%).

Un'azione decisiva contro l'inquinamento ambientale richiede un approccio estremamente articolato. Il rafforzamento delle normative ambientali è fondamentale per limitare le emissioni di inquinanti nocivi da parte delle industrie e per garantire che le pratiche di smaltimento dei rifiuti siano sostenibili e sicure. Inoltre, è necessario migliorare i sistemi di gestione dei rifiuti per prevenire l'inquinamento da plastica e da sostanze chimiche pericolose, che possono persistere nell'ambiente per decenni. L'adozione e la promozione di tecnologie pulite e di energie rinnovabili giocano un ruolo cruciale nell'attenuare l'impatto ambientale delle attività umane, riducendo al contempo la dipendenza dai combustibili fossili, una fonte primaria di inquinamento atmosferico e di gas

serra. Un impegno globale per la transizione verso pratiche più sostenibili e per l'investimento in ricerca e innovazione nel campo delle tecnologie ambientali è indispensabile. L'educazione pubblica e la sensibilizzazione sui rischi associati all'inquinamento e sulle azioni quotidiane che possono contribuire alla sua riduzione sono altrettanto importanti. Solo attraverso uno sforzo congiunto tra governi, industrie e cittadini è possibile affrontare efficacemente la sfida dell'inquinamento e proteggere la salute del pianeta e delle future generazioni.

In proposito, la biodiversità e il benessere degli ecosistemi rivestono un ruolo fondamentale in quanto questi sistemi naturali complessi e interconnessi svolgono funzioni critiche nella regolazione degli elementi ambientali essenziali per la salute, come la qualità dell'aria, la purezza dell'acqua e la ricchezza delle risorse alimentari. Gli ecosistemi sani agiscono come filtri naturali per l'aria e l'acqua, rimuovendo sostanze inquinanti e fornendo acqua potabile pulita. Allo stesso modo, contribuiscono alla fertilità del suolo, vitale per l'agricoltura e la produzione alimentare, e giocano un ruolo chiave nel controllo dell'erosione del suolo, proteggendo così le terre da danni potenzialmente irreparabili. La biodiversità, con la sua vasta varietà di piante, animali e microrganismi, è essenziale per mantenere l'equilibrio degli ecosistemi e contribuisce alla resilienza e alla capacità di adattamento dell'ecosistema di fronte ai cambiamenti. Tuttavia, la perdita di biodiversità, causata da fattori come la deforestazione, l'inquinamento, il cambiamento climatico e la conversione del suolo per uso agricolo e urbano, minaccia la stabilità di questi ecosistemi vitali. Questo declino può ridurre la disponibilità di alimenti nutritivi e aumentare la vulnerabilità umana a malattie infettive emergenti, molte delle quali sono trasmesse dagli animali alle persone. La distruzione degli *habitat* naturali facilita, inoltre, la trasmissione dei patogeni, poiché gli animali selvatici, i vettori di malattie e gli esseri umani entrano in contatto più stretto. Pertanto, preservare la biodiversità e sostenere gli ecosistemi sani non è solo una questione di protezione ambientale, ma una necessità impellente per la salute pubblica globale.

L'interconnessione intrinseca tra l'ambiente e la salute umana ha portato alla creazione dei concetti di "One Health" e di "Planetary Health", enfatizzando un approccio olistico che riconosce come la salute dell'uomo, degli animali e degli ecosistemi sia interdipendente. Le politiche ambientali, le pratiche aziendali sostenibili e le decisioni personali di ciascuno influenzano direttamente la qualità e la resilienza di questi sistemi interconnessi. Il concetto di "One Health" invoca un impegno collaborativo tra diverse discipline e settori scientifici per affrontare le sfide sanitarie a livello globale, riconoscendo che la salute degli esseri umani è strettamente legata alla salute degli animali e all'integrità degli ecosistemi naturali. Ciò richiede un impegno condiviso verso lo sviluppo sostenibile, incoraggiando l'innovazione in ambito sanitario, ecologico e tecnologico, per promuovere stili di vita che rispettino e preservino l'ambiente. Parallelamente, il paradigma della "Planetary Health" mette in luce come la sostenibilità del pianeta sia fondamentale per il benessere e la sopravvivenza dell'umanità. Questo approccio esorta a considerare l'impatto ambientale delle varie azioni su scala globale e ad adottare pratiche che garantiscano la conservazione delle risorse naturali, la protezione della biodiversità e la mitigazione dei cambiamenti climatici, con l'obiettivo di mantenere l'equilibrio degli ecosistemi del pianeta. Educare le comunità sull'importanza di "One Health" e "Planetary Health" è essenziale per sviluppare una comprensione condivisa e l'adozione di buone pratiche che possano sostenere questi principi. La promozione di politiche pubbliche che favoriscano la ricerca e l'innovazione nei campi della salute pubblica, della sostenibilità ambientale e dell'etica aziendale sostenibile è cruciale. Le Aziende, a loro volta, hanno il potere di influenzare positivamente la salute planetaria attraverso pratiche di sviluppo responsabili e sostenibili. Questo approccio integrato e multidisciplinare è la chiave per costruire un futuro in cui la salute dell'uomo, degli animali e del pianeta siano interconnessi e reciprocamente sostenuti, garantendo una prosperità condivisa e duratura per tutte le forme di vita.

Figura 1 - Effetti del cambiamento climatico sulla salute e sul benessere

Fonte dei dati: Tratta e modificata da Watts et al. 2015. Anno 2023.

Riferimenti bibliografici

- (1) World Health Organization. Environmental health. Disponibile sul sito: www.who.int/health-topics/environmental-health#tab=tab_1.
- (2) World Health Organization. Air pollution. Disponibile sul sito: www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab_2.
- (3) World Health Organization. WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM_{2,5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. 2021.
- (4) World Health Organization. Water, sanitation and hygiene (WASH). Disponibile sul sito: www.who.int/health-topics/water-sanitation-and-hygiene-wash#tab=tab_1.
- (5) World Health Organization. Climate change. Disponibile sul sito: www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-and-health.
- (6) Watts N, Adger WN, Agnolucci P, Blackstock J, Byass P, Cai W, Chaytor S, Colbourn T, Collins M, Cooper A, Cox PM, Depledge J, Drummond P, Ekins P, Galaz V, Grace D, Graham H, Grubb M, Haines A, Hamilton I, Hunter A, Jiang X, Li M, Kelman I, Liang L, Lott M, Lowe R, Luo Y, Mace G, Maslin M, Nilsson M, Oreszczyn T, Pye S, Quinn T, Svendsdotter M, Venevsky S, Warner K, Xu B, Yang J, Yin Y, Yu C, Zhang Q, Gong P, Montgomery H, Costello A. Health and climate change: policy responses to protect public health. *Lancet*. 2015 Nov 7; 386 (10006): 1861-914. doi: 10.1016/S0140-6736(15)60854-6.
- (7) European Environment Agency. European climate risk assessment. Executive summary. EEA Report 01/2024.
- (8) Intergovernmental Panel on Climate Change. Summary for Policymakers Headline Statements. Disponibile sul sito: [www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/resources/spm-headline-statements/#:~:text=Approximately%203.3%20to%203.6%20billion,are%20interdependent%20\(high%20confidence](http://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/resources/spm-headline-statements/#:~:text=Approximately%203.3%20to%203.6%20billion,are%20interdependent%20(high%20confidence).
- (9) World Health Organization. Preventing disease through healthy environments. A global assessment of the burden of disease from environmental risks. 2016.
- (10) Vineis P, Romanello M, Michelozzi P, Martuzzi M. Health co-benefits of climate change action in Italy. *Lancet Planet Health*. 2022 Apr; 6 (4): e293-e294. doi: 10.1016/S2542-5196(22)00061-4.
- (11) European Environment Agency. Environmental health impacts. Disponibile sul sito: www.eea.europa.eu/en/topics/in-depth/environmental-health-impacts.
- (12) World Health Organization. Ambient air pollution attributable deaths. Disponibile sul sito: www.who.int/data/gho/data/indicators/indicator-details/GHO/ambient-air-pollution-attributable-deaths.
- (13) World Health Organization. Population using safely managed drinking-water services (%). Disponibile sul sito: [www.who.int/data/gho/data/indicators/indicator-details/GHO/population-using-safely-managed-drinking-water-services\(-\)](http://www.who.int/data/gho/data/indicators/indicator-details/GHO/population-using-safely-managed-drinking-water-services(-)).
- (14) World Health Organization. Household air pollution. Disponibile sul sito: www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/household-air-pollution-and-health.
- (15) World Health Organization. Radon. Disponibile sul sito: www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/radon-and-health.
- (16) Istituto Superiore di Sanità. Protection from radon. Disponibile sul sito: www.iss.it/en/radon#:~:text=In%20Italia%20l'esposizione%20al,gestisce%20l'Archivio%20Nazionale%20Radon.
- (17) World Health Organization. Biodiversity and Health. Disponibile sul sito: www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/biodiversity-and-health.
- (18) World Health Organization. One health. Disponibile sul sito: www.who.int/health-topics/one-health#tab=tab_1.
- (19) Planetary Health Alliance. Planetary Health. Disponibile sul sito: www.planetaryhealthalliance.org/planetary-health.

Autori

Prof. Antonio Azara, Sezione di Igiene e Medicina Preventiva del Dipartimento di Medicina, Chirurgia e Farmacia, Università degli Studi di Sassari

Dott.ssa Giovanna Deiana, Sezione di Igiene e Medicina Preventiva del Dipartimento di Medicina, Chirurgia e Farmacia, Università degli Studi di Sassari

Prof. Umberto Moscato, Sezione di Medicina del Lavoro, Dipartimento Universitario di Scienze della Vita e Sanità Pubblica, Università Cattolica del Sacro Cuore, Roma

Dott. Andrea Pishedda, Sezione di Igiene e Medicina Preventiva del Dipartimento di Medicina, Chirurgia e Farmacia, Università degli Studi di Sassari