

COSA CI HA INSEGNATO IL COVID-19: QUAL È IL LEGAME TRA COVID-19 E INQUINAMENTO? LO SVILUPPO SOSTENIBILE CI CONDUCE ALLA CHIMICA CIRCOLARE

Adalgisa Tavolaro

Riassunto

La drammatica situazione sanitaria mondiale ed, in particolare, quella italiana del marzo 2020 conseguente alla diffusione del Covid-19, ha spinto le comunità culturali a riflettere sul modello di sviluppo realizzato. In particolare, l'analisi della situazione epidemiologica e soprattutto la sovrapposizione delle zone ad alto indice di contagio con la mappa delle zone ad alto inquinamento da particelle sottili, ha spinto gli scienziati a riflettere sul legame tra i due fenomeni osservati. Inizialmente, si è così cercato un nesso tra le alte concentrazioni di particelle PM_{10} e $PM_{2,5}$ ed il Covid-19, proponendo che la veicolazione del virus potesse avvenire per mezzo di questi materiali che sono, solidi o liquidi, sospesi nell'aria a formare un aerosol[1]. È da tempo, comunque, che sono purtroppo noti gli effetti dell'inquinamento da particelle sottili sulle malattie delle vie respiratorie croniche e sulla loro diretta, alta incidenza sulla generazione di malattie tumorali quali il cancro ai polmoni, al seno, ecc. È ora più che mai evidente al mondo scientifico che bisogna elaborare una riflessione più profonda, riflessione basata sulla necessità di ottenere un modello di sviluppo circolare, basato su un progetto industriale globale che non consideri più l'ambiente come un magazzino o "pozzo nero" per rifiuti e che utilizzi una Chimica nuova, la Chimica Circolare, rispettosa della Terra. In questo progetto culturale, tutti i prodotti di reazione (secondari, scarti, ecc.) sia industriali che generati da attività umane, devono essere riutilizzati e trasformati per sintetizzare nuovi materiali, in accordo alle direttive dettate dalla Chimica Circolare. Solo così sarà possibile realizzare un nuovo equilibrio naturale tra innovazione e ambiente, gettando le fondamenta di un nuovo modello di sviluppo sostenibile per una migliore qualità della vita, per la salvaguardia di tutti gli ecosistemi e di tutte le specie animali e vegetali, nonché dell'ambiente terrestre (inteso nella sua globalità).

Abstract

The dramatic global health situation and, in particular, the Italian state that occurred in March 2020 generated by the spread of Covid-19, has prompted the cultural communities to reflect on the development model created. Mostly the analysis of the epidemiological situation and the overlap of high contagion index areas with fine particles high pollution areas, prompted scientists to reflect on the linkage between this observed phenomena. Initially, a link was thus sought between the high concentrations of PM_{10} and $PM_{2,5}$ particles and Covid-19, proposing that the transmission of the virus could take place by means of these materials, which are solid or liquid, suspended in the air at form an aerosol. Fine particle pollution effects on chronic respiratory tract diseases and their direct, high incidence on the generation of cancer diseases such as lung and breast cancer, etc. have unfortunately been known for some time. It is now more evident than ever to the scientific world that a deeper reflection must be elaborated, a reflection based on the need to obtain a circular development model, based on a global industrial project that no longer considers the environment as a warehouse or "cesspit" for wastes and using a novel chemistry, the Circular Chemistry, respectful of the Earth. In this cultural project, all reaction products (secondary, waste, etc.) both industrial and generated by human activities, must be reused and transformed to synthesize new materials in accordance with the directives dictated by the Circular Chemistry. Only in this way, will it be possible to achieve a new natural balance between the innovation and the environment, laying the foundations for a new model of sustainable development for a better quality of life, for the protection of all ecosystems and all animal and plant species, as well as of terrestrial environment (understood as a whole).

Parole chiave: Covid-19, inquinamento, sviluppo sostenibile, Chimica Circolare.

Keywords: Covid-19, Environmental Pollution, Sustainable progress, Circular Chemistry.

1. Introduzione

In questo 2020, la paura del Covid-19 ha avuto notevoli ripercussioni sociali ed economiche, ma, al tempo stesso, ha costretto le società di tutto il mondo a traslare bruscamente il proprio punto di vista e di osservazione sulle priorità culturali ed in primo luogo sul ruolo centrale della scienza. È stato subito evidente, infatti, l'enorme potere e potenzialità della ricerca, legati cioè all'esplorazione dell'ignoto, all'acquisizione di nuove conoscenze per la comprensione dei fenomeni e per la generazione di nuove idee (secondo la definizione dell'Organizzazione per la cooperazione e lo sviluppo economico, OECD [2]). Così, ognuno di noi ha assistito in breve tempo alla trasformazione di una società consumistica in una sgomenta e smarrita popolazione, preda di un'informazione inadeguata. In momenti di emergenza sanitaria, economica e sociale, soltanto la scienza oggettiva, razionale e fondata su criteri rigorosi, può assumere la connotazione di un sistema di conoscenza organica, interdisciplinare e complesso e fornire risposte adeguate alla richiesta di miglioramento della Società.

2. Poniamo l'attenzione sull'inquinamento

Il coronavirus, responsabile del Covid-19, si è trasmesso inizialmente in tutta Italia mietendo vittime soprattutto nella Pianura padana e nelle zone limitrofe. Immediatamente, è apparsa evidente la differente letalità tra le diverse aree metropolitane italiane. Milano ha immediatamente, infatti, rappresentato un focolaio attivo, importante per numero di malati e morti, mentre Roma è rimasta quasi immune nella prima ondata della malattia, seppure la seconda città costituisca una metropoli con caratteristiche analoghe dal punto di vista abitativo rispetto alla prima e un maggior numero di abitanti. Inoltre, è facile pensare che le vie di trasmissione del virus debbano essere simili in entrambe le aree metropolitane per abitudini di vita dei cittadini: numero di persone dell'area urbana, numero di scambi con aziende cinesi, numero di turisti cinesi, uso dei trasporti pubblici oltremodo affollati e traffico urbano. Tuttavia, la situazione epidemiologica delle due città è immediatamente apparsa molto diversa, poiché mentre la prima ha affrontato la nuova malattia con un estremo disagio, generato dal grande numero di malati e mor-



Fig. 1. Le città metropolitane rappresentano importanti fonti di inquinamento atmosferico generate dal traffico veicolare e dal riscaldamento domestico, ma anche da possibili insediamenti industriali e impianti termoelettrici. L'immagine si riferisce a Milano e mostra il Duomo, in una situazione precedente il lockdown del marzo 2020.

ti, la seconda ha sviluppato una condizione di allarme medio, che ha permesso di affrontare con un approccio rigoroso, l'inaspettato attacco virale [3].

3. L'importanza dell'aria

L'aria è la più importante risorsa naturale vitale per la salute degli esseri umani: un uomo può, infatti, vivere soltanto cinque minuti senza di essa e ne respira quotidianamente oltre 15 m³. Pertanto, è facilmente intuibile l'enorme portata delle ripercussioni negative a carico degli organismi di una cattiva qualità dell'aria in caso di inquinamento. Lo sviluppo storico industriale ha trascurato questo aspetto considerando l'aria come un enorme bacino nel quale disperdere, diluendole all'infinito, tutte le sostanze gassose generate dai vari processi produttivi. È oggi evidente che gli scarichi nell'atmosfera e quindi l'inquinamento interessano solo un limitato spessore della troposfera (che si estende fino a 8-10 Km dal nostro pianeta) rendendo irrimediabile la progettazione di una nuova politica di sviluppo sostenibile.

4. L'inquinamento e le sue fonti

L'art. 2 del D.P.R. del 24 maggio 1988 [4] definisce l'inquinamento come "ogni modificazione della normale composizione o stato fisico dell'aria atmosferica, dovuta alla presenza nella stessa di una o più sostanze in quantità e con caratteristiche tali da alterare le normali condizioni ambientali e di salubrità dell'aria; da costituire pericolo ovvero pregiudizio diretto o indiretto per la salute dell'uomo; da compromettere le attività ricreative e gli altri usi legittimi dell'ambiente; alterare le risorse biologiche e gli ecosistemi ed i beni materiali pubblici e privati".

È noto che l'aria sia prevalentemente costituita da alcune specie chimiche in fase gassosa, quali azoto, ossigeno, idrogeno, argon, neon, elio e xenon, che costituiscono i cosiddetti gas permanenti e la cui concentrazione non cambia apprezzabilmente nel tempo. Numerose altre molecole, anche se presenti in piccolissime concentrazioni rispetto ai gas permanenti possono influenzare e peggiorare la qualità dell'aria, i cosiddetti inquinanti. Esistono diverse classificazioni degli inquinanti atmosferici, la prima è certamente la distinzione tra inquinanti gassosi e particellari (fino al diametro di 100 µm). Questi ultimi sono, poi, separati in liquidi (costituiti da aerosol e nebbie) e solidi (contenenti polveri e fumi).

5. Le particelle nell'aria che respiriamo

I particolati possono essere classificati in primari e secondari: mentre i primi sono introdotti direttamente nell'ambiente e possono avere dimensioni comprese tra 1 e 20 micron, i secondi derivano da reazioni o interazioni che si verificano nell'aria, che possono essere dovute a reazioni di sostanze in fase gassosa o all'interazione tra gas e sostanze solide. La quantità di particolato nell'aria viene generalmente quantificata dalla concentrazione, espressa in µg/m³.

I particolati possono depositarsi sui corpi umani (o all'interno di essi) e nell'ambiente attraverso diversi processi: sedimentazione (sotto l'influenza della gravità), impatto aerodinamico (in conseguenza di moti turbolenti), moti browniani (casuali), adsorbimento chimico o fisico (per reazioni acido-base), attrazione elettrostatica (derivanti da gradienti elettrostatici) o deposito (sotto la spinta delle precipitazioni). Ovviamente, al fine di meglio valutare l'importanza di questi processi, bisogna considerarne lo sviluppo sia con approcci quantitativi sia dinamici, al fine di valutare il peso totale e la percentuale nel tempo di particolato trasferito su un corpo. Purtroppo, i parametri che influenzano i vari processi sono svariati a seconda del tipo di processo e a volte difficilmente identificabili.

La sedimentazione, per esempio, interessa le parti superiori dei corpi esposti all'aria (come la pelle del viso) e la velocità di sedimentazione varia con la concentrazione, densità e la forma del particolato. L'impatto aerodinamico, invece, è dovuto al moto di inerzia delle particelle. Esso si verifica quando un flusso d'aria incontra un ostacolo (una persona, per esempio) e si divide lambendolo, mentre le particelle in esso presenti si muovono per inerzia secondo un percorso rettilineo e colpiscono l'ostacolo in misura direttamente proporzionale alle dimensioni di entrambi. È facile immaginare che le particelle solide possano rimbalzare sull'ostacolo (inerte e asciutto) o essere trattenute (su superfici reattive e umide) per interazioni chimiche o fisiche (adsorbimento) dando origine a fenomeni infiammatori locali. A sua volta, l'incidenza di tali fenomeni infiammatori e la loro cronicizzazione, dovuta a una continua esposizione nel tempo, è percentualmente importante nelle popolazioni.

6. L'inquinamento e le infiammazioni

Seppure sia vero che gli inquinanti solidi possano derivare da sorgenti naturali quali le eruzioni vulcaniche e geotermiche, il metabolismo dei microbi, gli ae-

Le PM_{10} vengono dette polveri inalabili perchè sono in grado di penetrare nel tratto superiore dell'apparato respiratorio.
 Le $PM_{2,5}$ costituiscono circa il 60% delle PM_{10} e sono dette polveri respirabili possono penetrare nel tratto inferiore dell'apparato respiratorio.
 Le particelle $PM_{0,1}$ sono distribuite dal sangue e dal sistema linfatico in tutto l'organismo.

PM_{10} = ●
 $PM_{2,5}$ = ●
 $PM_{0,1}$ = ●

Le particelle respirate migrano all'interno del corpo umano in funzione della loro dimensione

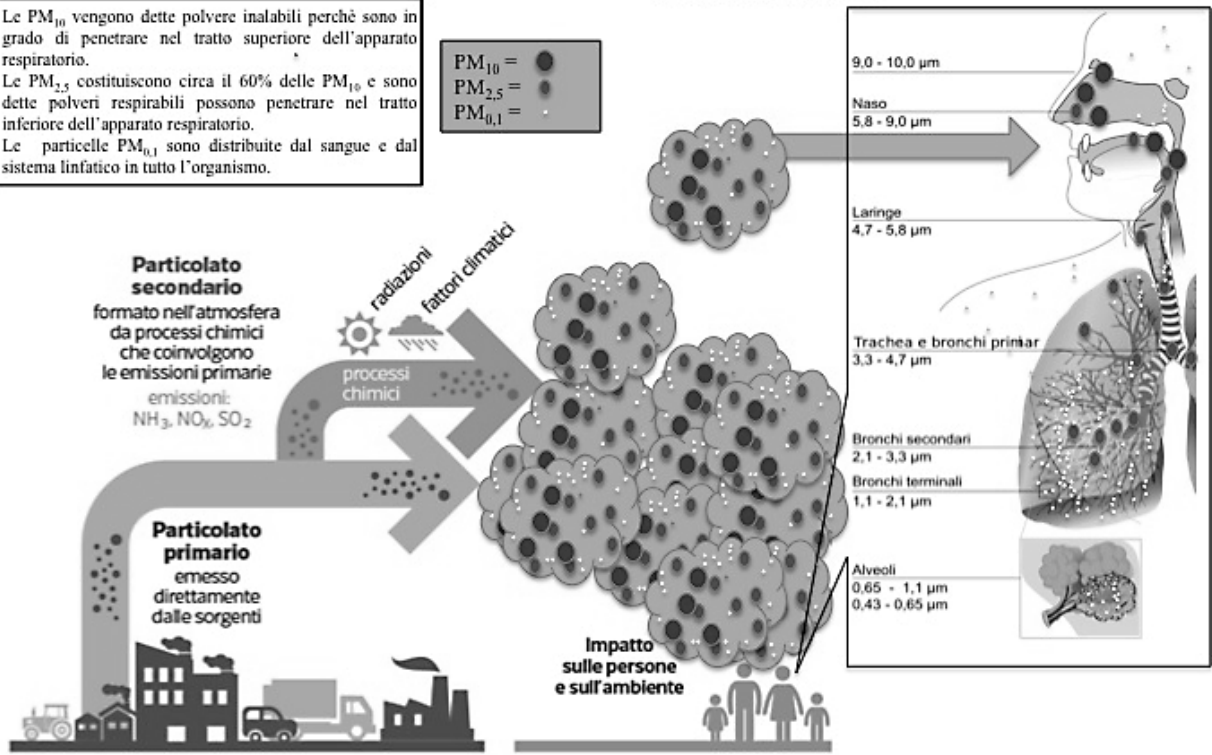


Fig. 2. Illustrazione schematica dell'inquinamento urbano e della distribuzione delle polveri sottili in un organismo ad esse esposto. Le particelle mostrate nei diversi distretti sono classificate in base alla vigente normativa in PM_{10} , $PM_{2,5}$ e $PM_{0,1}$. Secondo tale normativa, le PM_{10} contengono tutte le particelle che hanno un diametro fino a 10 micron, le $PM_{2,5}$ includono tutte le particelle con grandezza fino a 2,5 micron e le $PM_{0,1}$ quelle piccolissime fino a 0,1 micron.

rosol marini, gli incendi delle foreste, la formazione di ozono a seguito di scariche elettriche o sue intrusioni dalla stratosfera, le emanazioni gassose originate dai vegetali, tutti questi fenomeni sono ben distribuiti nel tempo o dispersi su vaste aree da non costituire generalmente problemi per l'ambiente. Al contrario, la produzione di inquinanti derivanti da attività antropiche sono continue nel tempo e concentrate in piccole aree industriali e/o urbane. I principali processi che generano inquinanti sono attività produttive industriali e urbane che comportano combustioni (quali impianti di riscaldamento, traffico urbano, inceneritori di rifiuti solidi urbani). È noto che oggi il 50% della popolazione mondiale vive in ambienti con caratteristiche urbane, su una superficie pari al 5% della superficie terrestre, secondo un meccanismo di aggregazione costante che raggiungerà il 66% entro il 2025, come stimato dalla Banca Mondiale.

Dal 2013 l'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) ha incluso le polveri sottili e l'inquinamento atmosferico nei carcinogeni umani di tipo 1 (cioè nelle sostanze sicuramente cancerogene)[5] e l'Organizzazione Mondiale della Sanità

(OMS) ha evidenziato che nel mondo ci sono annualmente oltre 7 milioni di decessi prematuri a causa delle polveri sottili $PM_{2,5}$ e delle sostanze inquinanti presenti nell'aria[6]. Inoltre, numerose ricerche epidemiologiche hanno messo in luce come le popolazioni urbane di aree ad alto inquinamento atmosferico presentino infiammazioni polmonari diffuse e come, in tali popolazioni, la guarigione da malattie infettive stagionali, come le bronchiti, sia rallentata dall'esposizione allo smog. È noto, purtroppo, che i fenomeni infiammatori cronici rappresentino un importante fattore di promozione della malattia oncologica, non soltanto nei polmoni, ma in tutti gli organi e tessuti.

Un importante articolo scientifico del 2013, pubblicato su The Lancet Oncology, ha riportato gli interessanti risultati epidemiologici raccolti in 36 diversi centri europei (Progetto European Study of Cohortes for Air Pollution Effects - Escape) ed evidenziato che ogni aumento dei valori del $PM_{2,5}$ di $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e ogni incremento dei valori del PM_{10} di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ genera un rischio di malattia del tumore al polmone del 18%, e del 22%, rispettivamente [7].

7. Effetti economici dell'inquinamento dell'aria

L'Organizzazione per la Cooperazione e per lo Sviluppo economico (OECD) ha stimato, relativamente al periodo 2000-2015, che "l'aumento di $1\mu\text{g}/\text{m}^3$ della concentrazione di $\text{PM}_{2,5}$ provoca una riduzione dello 0,8% del Pil reale nello stesso anno" nell'Unione Europea. È evidente, quindi, che l'incidenza dei fenomeni infiammatori temporanei o cronici sullo stato di salute della popolazione e quindi sulla sua produttività impongano una direttiva politica volta a una drastica riduzione dell'inquinamento atmosferico.

8. L'insegnamento per il futuro e la chimica circolare

La Chimica Circolare è un modello di produzione e sviluppo che sottende lo sfruttamento di fenomeni

naturali, reazioni chimiche, processi industriali, tecnologie innovative e materiali avanzati allo scopo di ridurre al minimo e tendenzialmente di eliminare la produzione di rifiuti in qualsiasi stato fisico, riciclando tutti i prodotti originati da produzioni industriali ed urbane e/o trasformandoli cosicché costituiscano reattivi per nuovi e differenti processi produttivi e applicativi.

La conoscenza dei processi produttivi e di combustione e delle sue scorie e, al tempo stesso, la ricerca continua e crescente di nuove reazioni chimiche e tecnologie per la preparazione di materiali avanzati (come il grafene), può offrire oggi nuove opportunità per riprogettare e/o integrare le attività industriali ed urbane. Attraverso l'applicazione di moderne tecnologie come, ad esempio, l'applicazione di membrane zeolitiche catalitiche ad alta efficienza per la riduzione di gas di scarico dei veicoli, l'uso di fonti di riscaldamento naturali, con la crescente ricerca di celle per il fotovoltaico ad alta efficienza, l'utilizzo di rifiuti

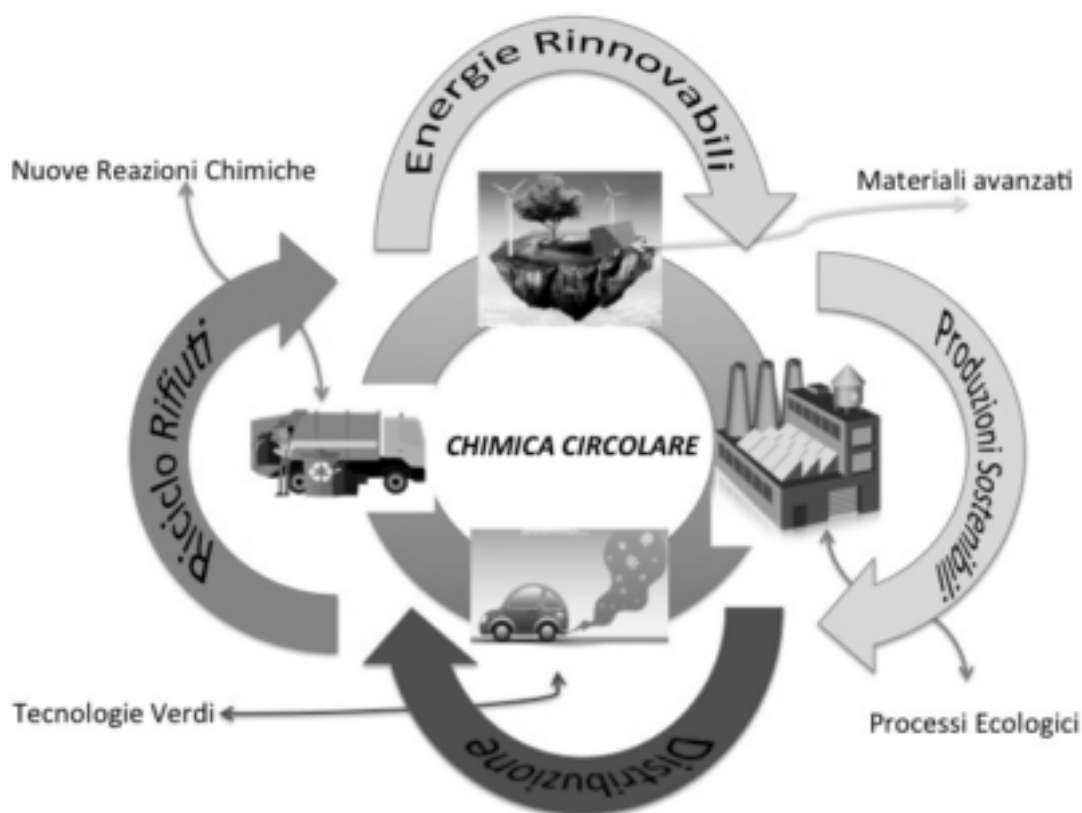


Fig. 3. Schema illustrativo della Chimica Circolare come un unico ciclo che sottende le differenti attività umane, ognuna delle quali sia progettata e realizzata allo scopo di annullare la produzione di rifiuti (scarti, scorie, inquinanti) in qualsivoglia stato fisico di aggregazione. Tale sistema Circolare comporta l'applicazione di Materiali Avanzati (per lo sviluppo di celle fotovoltaiche ad alta efficienza, per esempio), di Tecnologie Verdi (che utilizzino per esempio marmitte catalitiche di ultima generazione per l'abbattimento dei gas di scarico veicolare e industriali, per esempio), di Processi e Reazioni Chimiche Ecosostenibili (per la trasformazione di rifiuti in materiali ad alto valore aggiunto come il grafene, per esempio).

solidi urbani per la preparazione di nuovi materiali è possibile oggi immaginare linee politiche di sviluppo che permettano uno sviluppo davvero sostenibile.

Oggi più che mai, a causa dell'esasperazione sanitaria generata dalla pandemia, è imperativo riflettere e progettare sistemi di sviluppo industriali ed urbani che siano sostenibili, cioè a salvaguardia dell'ambiente, seguendo le direttive della Chimica Circolare.

Riferimenti Bibliografici

- [1] L. Setti, F. Passarini, G. De Gennaro, P. Barbieri, S. Licen, M.G. Perrone, A. Piazzalunga, M. Borelli, J. Palmisani, A. Di Gilio, E. Rizzo, A. Colao, P. Piscitelli, A. Miani, Potential role of particulate matter in the spreading of COVID-19 in Northern Italy: first observational study based on initial epidemic diffusion, *BMJ Open*, 10 (9) e039338, 2020; DOI: 10.1136/bmjopen-2020-039338.
- [2] Organizzazione per la cooperazione e lo sviluppo economico, <http://www.oecd.org>.
- [3] Report Istituto Superiore di Sanità, Epidemia COVID-19, 12 marzo 2020, https://www.epicentro.iss.it/coronavirus/bollettino/Bollettino-sorveglianza-integrata-COVID-19_12-marzo-2020.pdf.
- [4] Decreto del Presidente della Repubblica 24 maggio 1988, n. 236, Attuazione della direttiva CEE n. 80/778 concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano, ai sensi dell'art. 15 della legge 16 aprile 1987, n. 183, *Gazz. Uff.*, 30 giugno 1988, n. 152, s.o.
- [5] Agenzia internazionale per la ricerca sul cancro, <https://www.iarc.it/cancro/informazioni-tumori/corretta-informazione/inquinamento-atmosferico>.

- [6] <https://www.who.int>; <https://apps.who.int/gho/data/node.sdg.3-9-viz-1?lang=en>.
- [7] Ole Raaschou-Nielsen et al., Air pollution and lung cancer incidence in 17 European cohorts: prospective analyses from the European Study of Cohorts for Air Pollution Effects (ESCAPE), *The Lancet Oncology*, 14 (9) 813, 2013; DOI:[https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(13\)70279-1](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(13)70279-1).

ADALGISA TAVOLARO

Ricercatore presso l'Istituto di Tecnologia delle Membrane del Consiglio Nazionale delle Ricerche (ITM-CNR), laureata in Chimica e Dottorato di Ricerca in Tecnologie Chimiche e Nuovi Materiali. È stata invitata al CNRS di Lione e Montpellier (Francia) nell'ambito della cooperazione scientifica tra Italia e Francia, è stata professore a contratto di Chimica presso Unical e docente in corsi specialistici sulle membrane nell'ambito di progetti di ricerca e dottorato. Esperta in zeoliti, sintesi idrotermali e preparazioni di membrane inorganiche pure, composite e Mixed Matrix ed in particolare di materiali inorganici a base di silicio e carbonio per applicazioni ambientali, è pioniera nelle applicazioni delle membrane di zeolite come biomateriali applicati a colture cellulari e al Drug Delivery. Chairperson di numerose conferenze nazionali e internazionali su materiali avanzati e membrane e in progetti di scambio internazionale, è coautore di numerosi contributi pubblicati su riviste internazionali, un brevetto europeo e oltre cento presentazioni a Congressi internazionali e nazionali.

Contatti

E-mail: a.tavolaro@itm.cnr.it

web: <https://www.itm.cnr.it/index.php>

Istituto per la Tecnologia delle Membrane del Consiglio Nazionale delle Ricerche (ITM-CNR) c/o Università della Calabria, Arcavacata di Rende (Cosenza).